

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007

Sborník příspěvků z konference
ZKOUŠENÍ A JAKOST
VE STAVEBNICTVÍ 2007

Masarykova kolej ČVUT v Praze
26. – 27. 9. 2007

OBSAH

ÚVODNÍ SLOVO	9
VÝZKUM SPOLUPŮSOBENÍ ZEMINY A GEOVÝZTUŽE Prof. Ing. Jaroslav Vacek, DrSc., Ing. Simona Hrachová	11
DIAGNOSTIKA KONSTRUKCÍ POD VODOU Miloslav Haták	17
HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ VLÁKNOCEMENTOVÝCH KOMPOZITŮ RNDr. Wail Khazal, Ing. Josef Kněžek, CSc., Ing. Ludvík Lederer, Ing. Vladan Prachař	21
VZTAH MEZI OBSAHEM VZDUCHU V ČERSTVÉM BETONU A HODNOTOU SPACING FACTOR Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc., Ing. Adam Hubáček	29
KVANTIFIKACE RIZIK POMOCÍ FUZZY INFERENCE SYSTÉMŮ Ing. Petr Misák, Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D., Ing. Nikol Žižková, Ph.D.	37
POŠKOZENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ TÍHOU SNĚHU Ing. Ivo Šimůnek, CSc.	41
RYCHLOST KARBONATACE BETONU Ing. Michal Stehlík, Ph.D., Doc. Ing. Oldřich Hoffmann, CSc., Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc., Ing. Jan Koukal, CSc.	45
NAMÁHÁNÍ HYDROIZOLAČNÍHO SOUVRSTVÍ SMYKOVÝMI SILAMI Ing. Milan Hrabánek, Ph.D., Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.	53
ZKOUŠKY PRO NÁVRH MALT A OMÍTEK KOMPATIBILNÍCH SE STÁVAJÍCÍM HISTORICKÝM MATERIÁLEM Ing. Jan Válek, Ph.D., Ing. Zuzana Slížková, Ph.D.	63
MIKROSTRUKTURA KERAMICKÉHO STŘEPU Z POHLEDU VYSOKOTLAKÉ RTUŤOVÉ POROZIMETRIE Ing. Radomír Sokolář, Ph.D.	73
SPEKTROMETRIE GAMA - MĚŘENÍ PŘÍRODNÍ RADIOAKTIVITY STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ Ing. Martin Luňáček	81
ZKUŠENOSTI S PROVÁDĚNÍM EXPERIMENTÁLNÍHO STANOVOVÁNÍ PEVNOSTI V PŘIPOJENÍ MEZI GEOMŘÍŽEMI A BETONOVÝMI PRVKY OPĚRNÉHO SYSTÉMU KB BLOK Ing. Jan Kolář, Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.	87

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007

Sborník příspěvků z Konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007

Masarykova kolej ČVUT V Praze 26. – 27. 9. 2007

Vydavatel:

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT

Editoři:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.

Ing. Petr Tůma, Ph. D.

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-01-03794-2

SKÚŠANIE A KVALITA STYKOV PANELOVÝCH BUDOV Ing. Alexander Lőrincz, Prof. Ing. Juraj Bilčík, Ph.D.	93	ZAJÍMAVÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY KONSTRUKCÍ Prof. Ing. Tomáš Vaněk, DrSc.	199
JAKOST A ZKUŠEBNICTVÍ – O ČEM SE NEMLUVÍ Ing. Václav Kučera, CSc.	99	STATISTICKÉ HODNOCENÍ ZKOUŠEK MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ Prof. Ing. Milan Holický, Ph.D., DrSc., Ing. Karel Jung, Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.	203
ZKOUŠENÍ SPORTOVNÍCH PODLAH PRO HALY A ZKOUŠENÍ UMĚLÝCH POVRCHŮ PRO VENKOVNÍ SPORTOVIŠTĚ Ing. Miroslav Vokáč, Ing. Jiří Kolisko, Ph.D.	107	ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI STOK Ing. Petr Herel, Ing. Pavel Šimunek	213
REZONANČNÍ METODA V NOVÝCH NORMÁCH PRO ZKOUŠENÍ KAMENE A BETONU Ing. Petr Cikrle, Ph.D., Ing. Zbyněk Hlaváč, Ing. Lucie Králová	115	KRITICKY K HODNOCENÍ PEVNOSTI V TAHU ZA OHYBU PODLE ČSN EN 1170 Ing. Josef Kněžek, CSc., Ing. René Čechmánek, RNDr. Weil Khazal, Ing. Vladan Prachař, Romana Svobodová	217
EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ TESTU ELEKTRO-OSMOTICKÉ VODIVOSTI VE STAVEBNÍCH MATERIÁLECH Ing. Lukáš Balík Ph.D., Ing. Tadeáš Mejdr	121	MONITOROVÁNÍ VLHKOSTNÍHO OBSAHU VE ZDIVU POMOCÍ INFRAČERVENÉ TERMOGRAFIE Ing. Ondřej Horký, Ing. Jiří Zach, Ph.D.	225
FYZIKÁLNĚ – MECHANICKÉ VLASTNOSTI VIBROLISOVANÝCH PRVKŮ Ing. Tomáš Melichar	129	PRAVDA A LEŽ O JAKOSTI POVRCHŮ OCELOVÝCH PLECHŮ A METODIKA JEJICH ZKOUŠENÍ Ing. Miloslava Pošvářová	231
METODY MĚŘENÍ NEVRATNÉ VLHKOSTNÍ ROZTAŽNOSTI KERAMIKY Doc. Ing. Petr Bouška, CSc., Ing. Miroslav Vokáč, Doc. Ing. Vladimír Hanykýř, DrSc.	135	ODOLNOST PROTI NÁRAZU CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY CETRIS® Ing. Miroslav Vacula	235
METODIKA MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN V BETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH Ing. Petr Klimeš, Doc. Ing. Petr Bouška, CSc., Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.	139	STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU NA JÁDROVÝCH VÝVRTECH – PRŮKAZNOST A REPRODUKOVATELNOST Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.	241
RADIOGRAFICKÁ KONTROLA VÝZTUŽE POMOCÍ Co60 – MOŽNOST PŘESNÉHO URČENÍ TYPU VÝZTUŽE V ZÁVISLOSTI NA PROZAŘOVANÉ TLOUŠTĚ Ing. Ondřej Anton	145	METODY MĚŘENÍ OBJEMOVÝCH ZMĚN CEMENTOVÝCH MALT A BETONŮ Ing. Petr Tůma, Ph.D.	247
ZKUŠEBNÍ METODY ZDIVA A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ Ing. Dimitrij Pume, DrSc.	151	METODY MĚŘENÍ VÝŠKOVÝCH PROFILŮ POVRCHŮ Ing. Jan Hromádko	253
MOŽNOSTI VYUŽITÍ RADIOGRAFIE PŘI POSUZOVÁNÍ STAVU ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.	171	STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PŘÍSTROJŮ PRO NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ OD FIRMY PROCEQ SA Ing. Jaroslav Mikula	263
METODY ZKOUŠENÍ TRVANLIVOSTNÍCH VLASTNOSTÍ BETONU Ing. Barbara Kucharczyková, Mgr. Iveta Plšková, Ph.D., Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc.	179	ÚSKALÍ ZKOUŠEK ODOLNOSTI BETONU VŮČI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH PROSTŘEDKŮ Ing. Vladimír Veselý, Ing. Stanislav Smiřinský	269
ZVUKOVÁ POHLTIVOST VYBRANÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ Ing. Dušan Fojtů, Petr Hřebačka, Prof. Ing. Lubomír Lapčík, Ph.D.	185	PŘÍSPĚVEK K OTÁZKÁM VYUŽITÍ POPÍLKŮ VE STAVEBNICTVÍ Doc. Ing. Karel Kulisek, CSc., Ing. Robert Štěpánek	275
ZKOUŠENÍ A POSUZOVÁNÍ SHODY V OBLASTI KERAMICKÝCH OBKLADOVÝCH PRVKŮ. Ing. Hana Kotorová	193		

METODY MĚŘENÍ DIFUZE CO2 POVRCHOVÝMI ÚPRAVAMI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ Ing. Václav Pumpr, CSc., Ing. Zdeněk Vávra	281	SKLO VE STAVEBNICTVÍ – ZKOUŠENÍ Ing. Jiří Stránský	373
POVRCHOVÉ ÚPRAVY MINERÁLNÍCH SUBSTRÁTŮ A JEJICH HODNOCENÍ Ing. Kateřina Zetková, Ing. Igor Ferenčík, Ing. František Herrmann, CSc.	291	NEDEŠTRUKTÍVNE SKÚŠANIE MUROVANEJ KONŠTRUKCIE A JEJ PRVKOV Prof. Ing. Jozef Gašparík, PhD., Ing. Róbert Gašparík, Ing. Milan Pokorný	377
VADY STAVEBNÍCH DĚL Z HLEDISKA PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ Ing. Ladislav Bukovský	297	MOŽNOSTI POUŽITÍ HYDRAULICKÉHO BUDIČE KMITŮ SPOL. INSET PŘI DIAGNOSTICE, ZKOUŠENÍ A DLOUHODOBÉM SLEDOVÁNÍ STAVEB Ing. Martin Krejcar, CSc.	385
SONDA PRO KOROZNÍ MONITORING V BETONU Ing. Milan Kouřil, Ph.D., Prof. Ing. Pavel Novák, CSc.	301		
VLIV POUŽITÉHO TYPU FORMY NA NAMĚŘENÉ HODNOTY PEVNOSTI BETONU Ing. Jan Horský	305		
ZKUŠEBNÍ POSTUPY PŘI KONTROLE KVALITY ASFALTOVÝCH IZOLAČNÍCH PÁSŮ Ing. Milan Myška, Ph.D.	309		
VODOSTAVEBNÍ BETON – VODOTĚSNOST, MRAZUVZDORNOST Ing. Miroslav Moravec, Ing. Tomáš Moravec	317		
DEFORMAČNÉ VLASTNOSTI A ÚNAVA ASFALTOM STMELENÝCH MATERIÁLŮ Prof. Ing. František Schlosser, CSc., Ing. Branislav Němec	327		
DOHLÉDACÍ ČINNOST A DIAGNOSTIKA NA STAVBÁCH ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY Ing. Bohuslav Stečinský	335		
NEDESTRUKTIVNÍ METODY A JEJICH UPLATNĚNÍ V SYSTÉMU ZKUŠEBNICTVÍ Ing. Anna Nohelová, Ing. Jiří Habarta, CSc.	339		
ZKUŠEBNICTVÍ V RÁMCI SYSTÉMU JAKOSTI V OBORU POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ Ing. Jaroslav Vodička	345		
ZKOUŠENÍ KOROZNÍ ODOLNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ METODOU ROTAČNÍHO DISKU Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D., Ing. Aleš Pleskot, Ing. Sylva Modrý, DrSc.	357		
HODNOCENÍ ÚČINNOSTI DÁVKOVÁNÍ POLYPROPYLENOVÝCH PÁSKŮ NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ LOMOVÉ ENERGIE Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.	363		
POSOUZENÍ ÚČINNOSTI SANAČNÍCH OMÍTEK NA HISTORICKÝCH OBJEKTECH Ing. Martina Peřínková, Ph.D.	369		

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení účastníci konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007,

Sborník příspěvků, který leží před Vámi je dokladem toho, že zkoušení a sledování jakosti ve stavebnictví je mnohotvárným oborem, který je sice regulován množstvím evropských nebo českých norem, současně se však používá řada interních metodik, specifických zkušebních postupů a technických podmínek, které činí oblast, zejména pro projektanty a investory, velmi nepřehlednou.

Konference a její sborník by měly poskytnout čtenáři informace, které nejsou k dispozici v normách a časopisecky ani knižně se nepublikují. Řada příspěvků upozorňuje na nejasnosti a zjevné rozpory v některých normách a má výrazně polemický charakter.

Kromě odborných poznatků a informací lze sborník použít také jako soubor kontaktů na specialisty v jednotlivých oborech, jejichž vědomostí a zkušeností Vám mohou být velmi užitečné v budoucnu.

Doufáme, že konference i tento sborník pro Vás budou přínosem a vznikne tak příležitost pro pravidelnou výměnu poznatků, zkušeností i inovací z oboru zkoušení stavebních materiálů a konstrukcí.

Zároveň bychom chtěli poděkovat všem autorům příspěvků za jejich úsilí a v převážné míře vysokou úroveň jejich odborných sdělení.

Těšíme se s Vámi opět na setkání na konferenci ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008, která se bude opět konat v Masarykově koleji v Praze 20. a 21. října 2008.

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
odborný garant

Ing. Petr Tůma, Ph.D.
vědecký tajemník

VÝZKUM SPOLUPŮSOBENÍ ZEMINY A GEOVÝZTUŽE

Jaroslav VACEK
Simona HRACHOVÁ
ČVUT v Praze, Klokneruv ústav

1. Úvod

Cílem prezentovaného výzkumu bylo studovat podmínky spolupůsobení zemin a geovýztuže. Zejména odpor, který klade zemina geovýztuži při jejím vytahování při různém tlaku, působícím na zeminu kolmo na plochu geotextilie.

Výzkum spolupůsobení zeminy a geovýztuže je zaměřen na přesné porozumění tomuto problému. Výsledky studie budou použitelné např. jako podklad pro statický návrh silničních a železničních násypů, které jsou geotextiliemi vyztuženy. Provedli jsme konkrétní sérii měření pro geomříž NICOGRID 60/55 – 30 a tkané geotextilie GEOLON PP 40 a GEOLON PP 60.

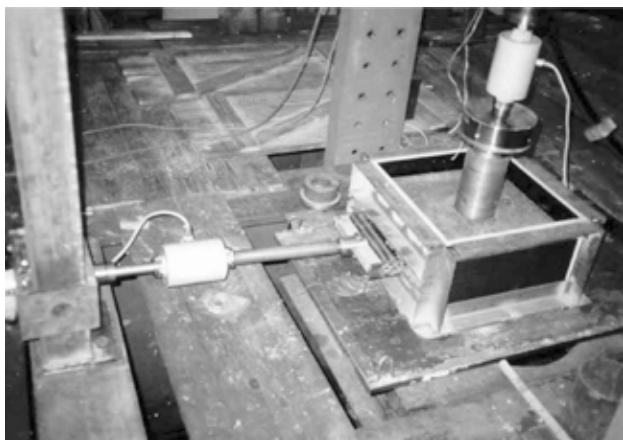
2. Zkušební zařízení

V rámci interního grantu ČVUT bylo vyvinuto a vyrobeno v Kloknerově ústavu speciální zařízení, umožňující zkoušet odpor, který klade detail „geovýztuž – zemina“ při vytahování geotextilie ze zeminy při proměnných hodnotách přitížení zeminy (viz obr.1). Zařízení se skládá z jednoúčelové klece, která je opatřena z přední strany štěrbinou na protažení geovýztuže, jež je upnuta před klecí a připojená na lis, který geovýztuž vytahuje. K roznášení svislé síly po celé ploše vzorku 500 x 500 mm nám slouží tuhá zatěžovací deska. Plocha zkušební geovýztuže v zemině byla 200 x 500 mm, pro uchycení do vytahovacího lisu bylo před klecí ještě 100 mm geovýztuže.

3. Průběh zkoušek.

Do zkušební klece se na dno uložila zemina do výšky cca. 150mm a tato vrstva se po dobu 30 minut zatížila pomocí tuhé desky stejnou svislou silou, jaká působila na počátku vlastní vytahovací zkoušky. Svislá síla byla buď během celé zkoušky konstantní, nebo se postupně zvyšovala podle předem stanoveného postupu. Po odtížení a odstranění zatěžovacího zařízení se na první zkonsolidovanou vrstvu do klece položila geovýztuž, upnutá do vytahovacího zařízení, které se připojilo na vytahovací lis. Jako poslední vrstvu ve zkušební kleci se uložila druhá vrstva zeminy v mocnosti 100 mm. Pak se celá sestava zatížila pomocí tuhé desky zvolenou svislou silou a nechala se 60 minut konsolidovat. Potom započala vlastní zkouška, kdy byla za působení předem zvolené svislé síly vytahovaná geovýztuž konstantní rychlostí 1mm za 10 s ze zkušební klece. Zkouška byla ukončena, když došlo k porušení zkoušeného vzorku (geotextilie).

V první fázi bylo při zkouškách hlavním cílem otestování správné funkce navrženého a zkonstruovaného zkušebního zařízení. V druhé fázi již probíhali zkoušky kde hlavním cílem bylo vyhodnocení skutečných hodnot zemin z konkrétních lokalit.



Obr.1 Zkušební přístroj na měření napětí v geovýtztuži v závislosti na zatížení zeminou, vyvinutý v Kloknerově ústavu. Ve svislém směru je vidět zařízení, které realizovalo svislé zatížení, vlevo je zařízení, které vytahovalo geotextilii ve vodorovném směru.

ZKOUŠENÉ VELIČINY:

- SVISLÝ POSUN
- VODOROVNÝ POSUN
- SVISLÁ SÍLA
- VODOVNÁ SÍLA
- ČAS TRVÁNÍ ZKOUŠKY

4. Zjištěné závislosti.

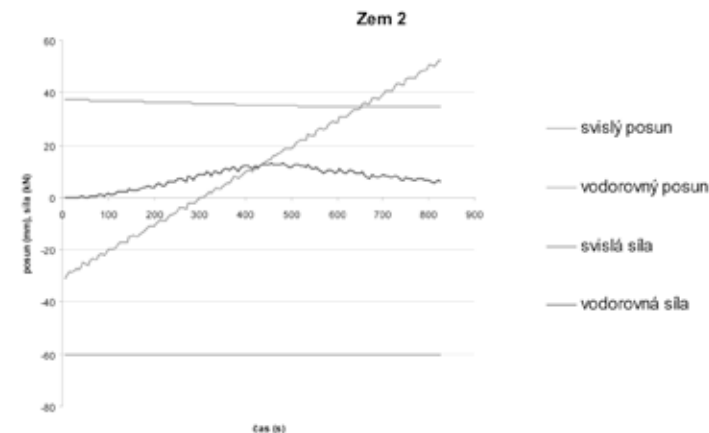
4.1. Zkoušky první fáze.

V první ověřovací sérii zkoušek proběhli celkem čtyři. Na zkoušku číslo 1/1 byla použita tkaná geotextilie GEOLON PP 60. Sestava byla zatížena silou 20 kN (což odpovídá výšce násypu cca 4 m a působící napětí 80 kPa). Po proběhlé konsolidaci započalo vytahování geotextilie, které vždy probíhalo konstantní rychlostí. S postupným vytahováním vodorovná síla nejprve stoupala až do okamžiku dosažení pevnosti detailu geotextilie – zemina, kdy začala klesat. Pokles síly znamenal, že smyková pevnost mezi zeminou a geotextilií byla překonána a vrcholová smyková pevnost přechází na pevnost reziduální. V tomto okamžiku bylo vytahování zeminy přerušeno, svislá síla byla zvýšena na 40 kN a vytahování bylo obnoveno. Stejným způsobem byla zvýšena svislá síla postupně ještě na 60, 80 a 100 kN, kdy již byla geotextilie potrhána vně i uvnitř klece, čímž zkouška skončila.

Průběh naměřených hodnot je graficky zpracován na obr. 2. Během této zkoušky došlo k pootočení vytahovacího zařízení ve vodorovném směru, u všech následujících zkoušek bylo zařízení již prota otáčení zajištěno.

Zkoušky 2/1 a 3/1 byly prováděny na geotextilii GEOLON PP 60 a na rozdíl od první zkoušky se zatížením svislou silou začínalo na 40 kN a 60 kN a přitěžování pokračovalo do 100 kN.

Na zkoušku 4/1 byla použita syntetická geomříž NICOGRID 60/55 – 30. Svislá síla byla konstantní 40 kN po dobu celé zkoušky.



Obr. 2. Záznam ze zkoušky geotextilie GEOLON PP 60, jedna úroveň svislého zatížení

4.2. Zkoušky druhé fáze.

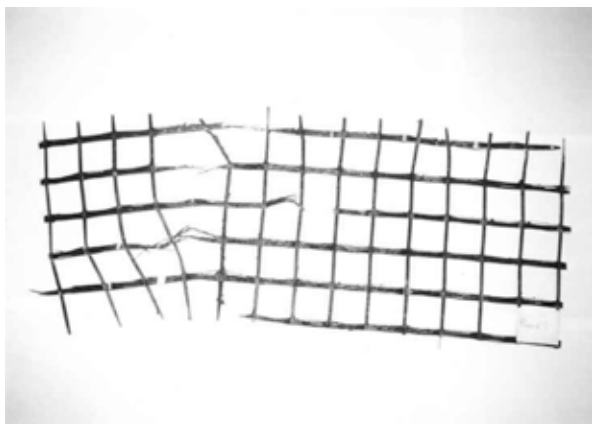
V druhé fázi zkoušek bylo nutné odebrat vzorky zemin z konkrétních lokalit, kde byli navrženy a prováděny násypy vyztužované geotextilií. Zemina číslo jedna byla odebrána 6.11. 2000 na stavbě železničního koridoru Pardubice – Uhersko. Druhá zemina byla odebrána 8.11.2000 z letištní plochy letiště Ruzyně. S každou zeminou byli provedeny celkem 4 zkoušky, po dvou s geotextilií a po dvou s geovýtztuží.

Na zkoušku 1/2 byla použita zemina z lokality Pardubice a geotextilie GEOLON PP 40. Svislá zatěžovací síla začínala na 20 kN a přitížení pokračovalo na 40 kN.

Pro zkoušku 2/2 byla použita zemina geotextilie stejná jako u 1/2. Svislá zatěžovací síla byla po celou dobu zkoušky konstantní 40 kN.

U zkoušky 3/2 byla použita zemina z lokality Pardubice a geomříž NICOGRID 60/55 – 30, kde svislá zatěžovací síla začínala na 20 kN a přitížení během zkoušky při vyčerpání únosnosti geovýtztuže bylo skokem na 40 kN. Konečná deformace geomříže jsou názorně vidět na obr. 3.

Zkouška 4/2 odpovídá použitou zeminou i geomříží zkoušce 3/2. Svislé zatížení bylo konstantní během celé zkoušky 40 kN.



Obr. 3 Porušená geomříž NICOGRID 60/55 - 30

U zkoušky 5/2 byla prováděna se zeminou Ruzyně na geotextilii GEOLON PP 40 se svislou silou zatěžování 20 kN a 40 kN.

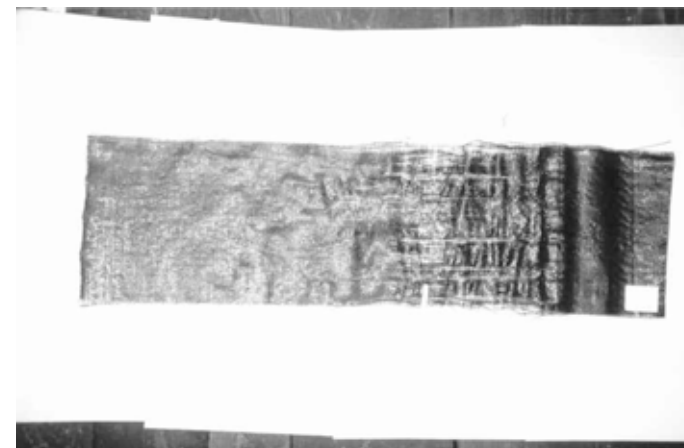
Na zkoušku 6/2 byly použity stejné materiály, jako u 5/2. Zatížení svislou silou bylo uvažováno 40 kN. Fotografická dokumentace porušení geotextilie po zkoušce je na obr.3.

Zkouška 7/2 byla prováděna se zeminou Ruzyně na geomříží NICOGRID 60/55 – 30 se svislou silou zatěžování 20 kN a 40 kN.

Pro zkoušku 8/2 jsme použili materiály viz. 7/2 a svislou zatěžovací sílu jsme stanovili na 40 kN.

5. Závěr experimentální části

- U tkaných geotextilií docházelo k porušení ve dvou místech:
1/ před klecí – v místě mezi šterbinou v kleci a připojením na lis
2/ v oblasti 200mm v zemině počítáno od šterbiny v kleci
Zbylé části nebyly porušeny ani minimálně, z čehož vyplývá že v těchto místech nebyly namáhané natolik, aby došlo k trvalým deformacím. (viz obr.4)
- U geomříže docházelo k porušení v celé délce klece. (viz obr.3)
- Dosažené poměrné protažení v zóně porušení se pohybovalo do 50%.



Obr.4 Porušená geotextilie GEOLON PP 40

6. Matematický model detailu spolupůsobení zeminy a geovýztuže

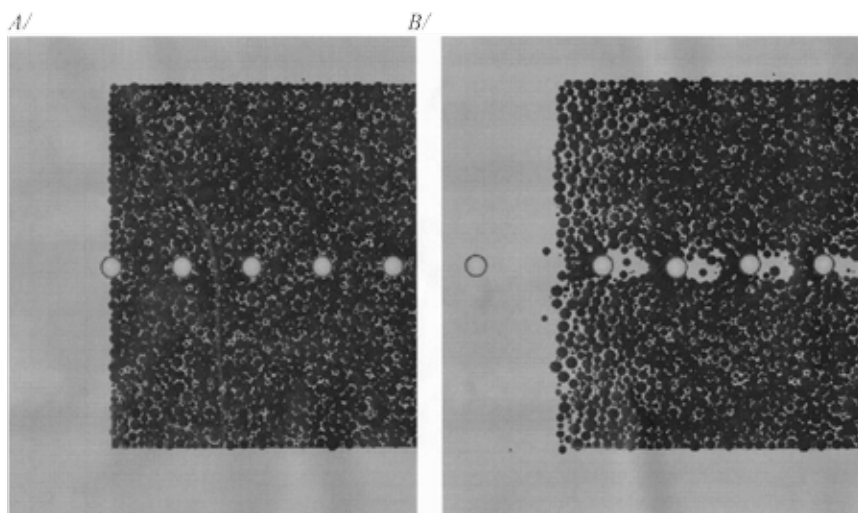
Výsledky laboratorních zkoušek byly porovnány s počítačovým modelem detailu zemina – geovýztuž. Pro tento model byl použit číselný kód Particle Flow Code ve dvou dimenzích značený PFC2D, který umožňuje řešit úlohy jako časově závislý problém a zeminu modelovat jako látku sestávající se z ballů (při rovinném modelu kotoučků, viz obr 5A). Bally mohou mít libovolnou velikost, kterou lze volit např. podle Gaussova statistického rozptylu. Každý ball má svou osovou a smykovou tuhost. Navzájem jsou spojeny osovými a smykovými pevnostmi. I tyto hodnoty lze zadat se statistickým rozptylem. Bally lze fixovat proti posunu či pootočení. Po překročení pevností se bally rozpojí a vznikne trhlinka (viz obr. 5B).

7. Celkový závěr

Kombinace experimentálního a matematického řešení problémů nejen z geotechniky se ukazují jako velmi vhodné. Důležité je ale volit takové matematické postupy, které řeší problémy jako časově závislé děje a navíc umožňují modelovat v zemině trhliny, pokud je zemina obsahuje před zkouškou, a možnost vytváření trhlín během zkoušky po překročení její pevnosti. To metoda PFC2D splňuje.

Kombinace matematického a experimentálního modelování odstraňuje případné chyby každé metody a popisuje proto zkoumaný jev co nejlépe skutečnosti.

Přednáška je sponzorována grantem GAČR 103/05/0334



Obr. 4 Model PFC^{2D} detailu zemina - geovýtzuž
A/začátek zkoušky
B/stav po 1000 cyklech (interacích)

DIAGNOSTIKA KONSTRUKCÍ POD VODOU

Miloslav HATÁK

Potápěčská stanice v.o.s. Bezručova 4219, 430 03 Chomutov

Tel.: +420 474 625 207, Fax.: + 420 686 959, Mobil : +420 602 357 180

E- mail : hatak@psvos.cz , Web : www.psvos.cz

Anotace :

Obecné informace o možnostech prováděných prací profesionálních potápěčů. Seznámení se základními rozdíly, podmínkami a možnostmi pro diagnostiku konstrukcí pod vodou. Základní informace o možnostech sanací betonových konstrukcí pod vodou.

Mezi veřejností je poměrně značně rozšířen názor, že potápěči jsou adrenalinoví dobrodruzi s kyslíkovou bombou na zádech a při profesionálním potápění je pod vodou možné maximálně něco prohlédnout, případně přivázat a nebo hledat mrtvolu uloženou v sudech.

Skutečná situace v profesionálním potápění je však jiná, nejvíce adrenalinu a dobrodružství se profesionálním potápěčským firmám dostává při výběrových řízeních, kam se často hlásí sportovní potápěči,

bez profesionální kvalifikace a technického zajištění s vědomím, že konkurovat mohou pouze cenou a to jen proto, že nedodrží platnou legislativu. Přihlásit se do těchto výběrových řízení mohou, protože potápěčské práce jsou u nás zařazeny jako živnost volná a tak v potápění může podnikat prakticky „každý“. Ovšem málokdo ví, že pracovat pod vodou smí jen fyzická osoba která je odborně a zdravotně způsobilá a jen při dodržení další platné legislativy.

Je to především Nařízení vlády č.591/2006 Sb., které se týká BOZP při potápěčských pracích a Vyhláška č. 432/2003 Sb., o zdravotním zabezpečení potápěčů a kategorizaci prací v riziku.

Pracovní možnosti profesionálních potápěčů jsou mnohem širší a pracovních činností pod vodou je mnoho.

Tyto činnosti je možné rozdělit na několik základních skupin:

- práce průzkumné a kontrolní
- stavební práce
- práce strojního charakteru
- záchranné práce.

Mezi nejčastější činnosti profesionálních potápěčů patří opravy vodohospodářských děl. Provádějí se opravy poškozených mechanismů a konstrukcí, svařování a pálení ocelových konstrukcí, montážní práce, nebo kontroly, průzkumy a diagnostika.

Mezi prioritní činnosti naší firmy patří práce stavebního charakteru, od jednoduchého odsávání naplavenin, až po zhotovení, nebo sanace i velmi složitých staveb a konstrukcí .

Vlastním sanacím musí předcházet podrobný průzkum a diagnostika konstrukcí. Naše firma se mnoho let specializuje na diagnostiku a sanace betonových konstrukcí. Při této specializaci se nám významně osvědčila dlouholetá spolupráce s panem docentem Dohnálkem, z Kloknerova ústavu při ČVUT.

Diagnostika pod vodou má své specifické požadavky, které je možno rozdělit do několika rovin.

Vizuální prohlídka: Na rozdíl od většiny betonových konstrukcí na suchu, kde často bývá už z daleka vidět obnaženou armaturu, praskliny, degradaci betonu a mnoho jiných závad, tak pod hladinou je možné vzhledem k omezené průhlednosti našich vod, kde je vidět jen několik centimetrů a v lepším případě několik decimetrů, prohlížet konstrukce jen z velmi malé vzdálenosti. Pod vodou je povrch konstrukcí pokrytý sedimenty, vodními rostlinami a živočichy. Například při průzkumech betonové konstrukce na VD Želivka, byla celá stavba sdrúženého objektu pokrytá souvislou 10ti cm vrstvou škeblí až do hloubky 25m pod hladinu.

Tak že, kromě technických překážek při prohlídkách pod vodou, mohou být i významné překážky ekologické. Z těchto důvodů je nutné vždy před podrobnou prohlídkou, provést předběžný průzkum a důkladné omytí konstrukce, nejlépe vysokotlakým vodním paprskem. Bez důkladného omytí lze většinou zjistit jen vady větších rozměrů. Při prohlídkách pořizujeme videodokumentaci přílbovou kamerou, kde je možné sledovat kontrolovaná místa v reálném čase na povrchovém monitoru a pomocí potápěčského telefonu operativně řídit průběh prohlídky. Pro speciální videozáznamy používáme digitální kameru s vysokým rozlišením a digitální fotodokumentace vybraných míst je samozřejmostí.

Diagnostika poklepem: Vzhledem ke skutečnosti, že se zvuk pod vodou šíří lépe než na suchu, je výhodné použít k diagnostice betonové konstrukce také poklep kladívkem. Při slabém, nebo poškozeném krytí ocelové výztuže ponořené betonové konstrukce, dochází k její korozi spojené se zvětšováním objemu výztuže a tím vznikajícím trhlinám a dutinám, zde se diagnostika poklepem osvědčila výborně.

Odebrání jádrových vývrtů: Pro průkazné stanovení jakosti betonu je často nezbytné odebrání jádrových vývrtů pod vodou, nám se nejvíce osvědčily vývrty o \varnothing 50, nebo 100mm. Při následných sanacích betonových konstrukcí používáme kromě běžných betonových směsí, upravených pro používání pod vodou, také speciální podvodní samozhutňující, samonivelizující nebo tixotropní betonové směsi. Podle potřeby provádíme také tlakové injektáže cementovými, případně polyuretanovými směsmi.

Miloslav Haták





HODNOCENÍ VLASTNOSTÍ VLÁKNOCEMENTOVÝCH KOMPOZITŮ

Wail Khazal, Josef Knězek, Ludvík Lederer, Vladan Prachař

Stručné shrnutí vývoje cementových kompozitů s nekovovou vláknovou výztuží. Další očekávaný rozvoj cementových kompozitů vyztužených disperzní vláknovou výztuží. Působení technického výboru TC 208-HFC (High Performance Fibre Reinforced Cementitious Composite) v rámci organizace RILEM. Současný stav výzkumu vláknových kompozitů na bázi cementových matic pro tenkostěnné stavební prvky v ČR. Úroveň normalizace hodnocení vlastností cementových kompozitů s vláknovou výztuží. **Působnost akreditované zkušební laboratoře č. 1130.3 ZL KKM při VUSTAH Brno.**

1. Vlákno cementové kompozity dříve a nyní

Předkládané pojednání je věnováno problematice kompozitů na bázi portlandského cementu a nekovové vláknové výztuže.

Bude tomu již 100 let, kdy byla zahájena průmyslová výroba různých typů azbesto cementových výrobků. Jejich užití na zastřešení budov výrazně poznamenalo určité období stavebnictví. V pozdějším období byly v omezené míře a přechodně používány na opláštění dočasných staveb i pro dělicí příčky velkoformátové tenkostěnné desky vyráběné kombinací přírodních organických a anorganických vláken s maticí na bázi cementu pod názvem lignát. Sedmdesátá a začátek osmdesátých let minulého století byl u nás charakteristický výrobou a používáním speciálních typů velkoformátových desek se zvýšenou požární odolností, kdy bylo ze zdravotních důvodů postupně potlačováno používání azbestu a hledány cesty k vytvoření uspokojivých technických vlastností užitím jiných vláknových výztuží. Konec osmdesátých let je v našem stavebnictví charakteristický jednak zaváděním nového sortimentu cementových kompozitních deskovin na stávajících výrobních linkách typu Hatchek při kombinovaném využití přírodních organických a polymerních vláken, jednak úsilím o zavedení výroby kompozitních vláknocementových výrobků na bázi alkalivzdorných skleněných vláken, jako důsledek rozvoje těchto technologií v Evropě i jako odezva vysokého potenciálu výroby skleněných vláken u nás.

Existující alkalivzdorná skleněná vlákna – i přes toto označování – nejsou absolutně alkalivzdorná v prostředí portlandského cementu a dlouhý vývoj cementových kompozitů na jejich bázi již od 70-tých let je poznamenán úsilím o potlačení alkality v prostředí matrice, ať již užitím aktivních silikátových složek, nebo užitím vhodných polymerních disperzí při utváření jejich skladby. Vlastnosti kompozitů z portlandského cementu a alkalivzdorných skleněných vláken vykazují při dlouhodobé expozici na povětrnosti významné kvalitativní změny, kdy jejich výchozí kvazikřehké chování se mění na křehké při významném poklesu výchozích úrovní pevností. V současnosti jsou v technické praxi využívány dvě kvalitativní úrovně alkalivzdorných skleněných vláken, kdy při hodnocení pevnosti v tahu pramenů skleněných vláken aplikovaných v cementové matici je metodou hodnocení SIC (Strand in Cement) garantována buď úroveň 400 nebo 500 MPa. Uvedeného rozlišení je však dosažení vhodnějším typem povrchové úpravy skleněných vláken, kdy vyšší úroveň je spojena i s příznivějším dlouhodobým chováním výsledného kompozitu při mechanickém namáhání.

Rozvoj technologií výroby cementových kompozitů s alkalivzdornými skleněnými vlákny, kdy podíl vláknové výztuže se pohybuje zpravidla v rozpětí cca 1,5 až 4 % objemových je spojen s řešením úlohy technicky efektivního rovnoměrného rozptýlení vláknových složek ve výsledném objemu kompozitu, jak je tvarován do konečné podoby ve výsledném produktu. Obtížnost řešení této úlohy obrací pozornost části odborné sféry na řešení vlákno-cementových kompozitů užitím orientované vláknové výztuže – ve formě sítí z pramenů elementárních vláken a v posledních letech i specifických prostorových struktur z kompletních rovingů (svazků pramenů) a pramenů elementárních alkalivzdorných skleněných vláken.

Předpokladem úspěšné technické aplikace je garantovatelnost zabezpečení polohy takového typu výztuže ve výsledném produktu. Pro tento směr se začíná prosazovat především v SRN termín „textilbeton“. Takto vytvářené struktury z alkalivzdorných skleněných vláken jsou přímou analogií prostorových ocelových výztuží ze sféry železobetonu. Struktury tohoto typu však nejsou v současnosti vybavovány povrchovou úpravou v úrovni SIC 500 MPa a proto z dlouhodobého hlediska mohou výsledné produkty vykazovat po dlouhodobé expozici na povětrnosti křehké chování. Pokud tento vývojový směr bude úspěšný a realizován na cementové matici s výrazně potlačenou alkalitou, pak lze v budoucnu očekávat i možnost vytvoření podmínek i pro užití čedičových vláken, surovinově neporovnatelné snáze dostupných.

Specifické místo zaujímají cementové kompozity vyztužované vysoce jakostními uhlíkovými vlákny, které se v provedení disperzního vyztužování prakticky uplatnily především v Japonsku.

Souběžně s rozvojem užití alkalivzdorných skleněných vláken se však ve světě – především v USA a Japonsku – intenzivně rozvíjí výzkum a úspěšné aplikace polymerních vláken, v prvé řadě na bázi polyvinylalkoholu (PVA-vláken) ale i vláken aramidových a intenzivní další rozvoj nových typů stále a úspěšně pokračuje. PVA-vlákna vykazují dobrou odolnost v alkalickém prostředí cementových matic a svou hydrofilní charakteristikou vytváří dobré předpoklady pro realizaci kompozitů s disperzní vláknovou výztuží. Intenzivní výzkum potenciálu PVA vláken vyústil v posledních letech k jejich úspěšné aplikaci při úpravě charakteru jejich rozhraní s cementovou maticí vhodnou povrchovou úpravou. Devadesátá léta přináší nové varianty vysoce jakostní polymerních vláken na bázi polyetylénu (PE), polypropylenu (PP) a dalších. Jejich aplikace v cementových maticích jsou již zpravidla charakteristické vyřešením garantované úrovně vysokého deformačního zpevnění v tahu, kdy pro nově koncipované kompozity – ať již jemnozrné či v provedení velmi blízkém klasických betonovým směsím. Pro jednotlivá technická řešení se postupně užívají zkratky jako ECC (Engineered Cementitious Composites), v posledním desetiletí pak bylo dosaženo dalšího zlepšení vlastností dosažením kvalitativní úrovně označované zkráceně HSFRC (High Strength Fibre Reinforced Concrete), HPRFRC (High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites) či UHSFRC (Ultra High Strength Fibre Reinforced Concrete). S rozvojem dispersního vyztužování cementových kompozitů vysoce jakostními vlákny na bázi PVA či PE a dalších se - především v USA - úspěšně aplikují i vysoce jakostní polymerní vlákna (např. aramidová) ve formě orientované výztuže (sítě), používané pro řešení specifických stavebních prvků. Příklady vláken používaných v současnosti pro disperzní vyztužování cementových matic uvádí tabulka 1.

Tab.1 : Příklady vláken pro vyztužování cementových matic

Název		ρ kg m ⁻³	E_t GPa	σ_t MPa	$\epsilon_{\sigma t}$ -	T_d °C
Skleněné vlákno	typu AR	2680	70	2500	0,036	
C-vlákno MITSUBISHI	K13710	2120	640	2600	0,042	
	K13A10	2150	790	2600	0,036	
PE-vlákno	Spektra 1000	970	172	3000	0,027	100
	Dyneema SK76			3700		
PP-vlákno	Fibra-SHIELD	910	3,4	600	0,05	160
Aramidové vlákno	Kevlar 49	1450	135	2900	0,028	450

ρ - měrná hmotnost, E_t - modul pružnosti v tahu, σ_t - pevnost v tahu, $\epsilon_{\sigma t}$ - poměrná deformace na mezi pevnosti v tahu, T_d - teplotní degradace

2. Další rozvoj cementových kompozitů vyztužených disperzní vláknovou výztuží

Zásadní význam oboru vláknových kompozitů na cementové bázi pro další rozvoj stavebnictví je dokladován spojeným úsilím špičkové světové komunity.

V rámci organizace RILEM, technického výboru TC 208-HFC (High Performance Fibre Reinforced Cementitious Composite) je soustředěn špičkový světový vědecký potenciál, který bude v období červen 2004 až květen 2009 řešit stěžejní soudobé problémy tohoto tématu. TC organizuje každoroční mezinárodní setkání (meetings) – doposud ve Varena, Italy (2004), Honolulu, Hawaii (2005) a Alexandroupolis, Grece (2006).

Na jednání v Honolulu byly ustaveny následující pracovní skupiny:

- TG A: Standards for materials and testing
- TG B: Durability
- TG C: Processing and application methods
- TG D: Design assumptions
- TG E: Seismic design, sudar and torsion
- TG F: Special considerations

Výsledky a závěry pracovních skupin v rámci tohoto jednání byly projednány ve 3 podvýborech:

- SC 1: Charakterization of mechanical properties
- SC 2: Durability
- SC 3: Structural design and performance

Z hlediska současných přístupů k hodnocení vlastností vláknových kompozitů se zúčastnění specialisté shodli na 5-ti kvalifikačních okruzích:

1. Vlastnosti nezbytné pro navrhování
 - 1.1. Všeobecné: Compressive Strength, Tensile Yield Strength, Tensile Strength, Compressive Stress-Strain Curve, Ultimate tensile strain (strain just before localization of cracking), Tensile Stress-strain curve, Young's modulus, Poisson's Ratio, (Shear Modulus).
 - 1.2. Specifické: Thermal Characteristics, Shrinkage, Crčel, S-N Curve for fatigue design, Vyliv behavior for seismic design, maximum crack width, Sudar
2. Výsledky zkoušek přímo aplikovatelné při navrhování konstrukcí
Jednosměrný tah a tlak, ohybová zkouška a inverzní analýza, smyková zkouška.
3. Faktory ovlivňující výsledek zkoušek.
Geometrie zkušebního tělesa, velikost zkušebního tělesa (ve vztahu k délce vláken), stáří a podmínky zrání, okrajové podmínky (uložení, ukotvení), rychlost deformace, směr odlévání, počet navrstvení, statické či cyklické zatěžování, přítomnost zářezu (s nebo bez zářezu), kontrola deformace nebo zatížení.
4. Faktory ovlivňující materiál
Proporce směsi (včetně objemového podílu vláken), typ vláken (průměr, délka, tvar profilu apod.), přísady a příměsi, typ a maximální velikost výplně, podmínky míchání a rozptýlení vláken, obsah vzduchu.
5. Ohybová zkouška a inverzní analýza.
6. Inverzní analýza při FEM (finit-element Metod), zatěžování moment versus model křivky zakřivení (Curvature Curce Model), model nelineárního kloubového uložení (Nonlinear Hinde Model).

Závěrem k výše uvedeným charakteristikám je účelné připomenout – z hlediska hodnocení úrovně a podmínek spolupůsobení vláken s cementovou maticí – nezbytnost dalších specifických zkoušek, jako jsou v případě vláken s omezenou odolností vůči alkalickému prostředí dříve citovaná metoda SIC, či obecně v případě jakýchkoliv vláken metoda pull-out (dosud stále nenormovaná).

3. Stav výzkumu vláknových kompozitů pro tenkostěnné prvky v ČR

V rámci komplexního projektu MŠMT „Centrum integrovaného výzkumu anorganických kompozitů“ řeší v letech 2006 až 2009 DAKO Brno, s.r.o. ve spolupráci s VUSTAH dílčí program orientovaný na vytvoření nové varianty vysoce jakostního anorganického vláknového kompozitu pro tenkostěnné prvky.

Očekávané výsledky řešení jsou orientovány na vytvoření nové skladby cementového kompozitu s výrazně potlačenou permeabilitou, opírající se o užití specifických přísad a komponent. Vlastnosti matrice vytvoří příznivé podmínky pro dlouhodobou pozitivní synergií s užitou vláknovou výztuží.

Hlavní aplikační směry nekovové výztuže budou položeny na užití orientované vláknové výztuže různých proveniencí ve formě sítí, jmenovitě na bázi alkalivzdorných skleněných vláken, aramidových a polypropylenových vláken.

O dosažených výsledcích bude technická veřejnost průběžně informována.



Obr.1 : Sklovláknobetonová deska

Stav normalizace hodnocení vlastností cementových kompozitů s vláknovou výztuží, akreditovaná zkušební laboratoř č. 1130.3 Zkušební laboratoř kameniva a kompozitních materiálů – ZL KKM při VUSTAH Brno.

Tab.2 : Zkoušky v ZL KKM (Sklovláknobeton)

Název zkušební postupu	Identifikace zkušební postupu	Název normy
Předmět zkoušky: Sklovláknobeton		
Stanovení nasákavosti vodou a objemové hmotnosti v suchém stavu	ČSN EN 1170-6	Prefabrikované betonové výrobky - Zkušební metoda pro sklovláknobeton - Část 6: Stanovení nasákavosti vodou a objemové hmotnosti v suchém stavu
Stanovení délkových změn vlivem vlhkosti	ČSN EN 1170-7	Prefabrikované betonové výrobky - Zkušební metoda pro sklovláknobeton - Část 7: Stanovení délkových změn vlivem vlhkosti
Stanovení nepropustnosti vody	PZN - VUSTAH 0200 05 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Nepropustnost vody
Stanovení působení střídavého nasákání vodou a vysoušení	PZN - VUSTAH 0200 06 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Působení střídavého nasákání vodou a vysoušení
Stanovení vlivu uložení ve vodě 60°C	PZN - VUSTAH 0200 07 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Vliv uložení ve vodě 60°C
Stanovení mrazuvzdornosti	PZN - VUSTAH 0200 08 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Mrazuvzdornost
Stanovení objemové hmotnosti hydrostatickým vážením	PZN - VUSTAH 0200 09 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Objemová hmotnost hydrostatickým vážením
Stanovení pevnosti v tahu za ohybu	PZN - VUSTAH 0200 10 2005	Fyzikální vlastnosti sklovláknobetonových výrobků Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

Tab.3 : Zkoušky v ZL KKM (Přírodní a umělé kamenivo)

Předmět zkoušky: Přírodní a umělé kamenivo		
Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor	ČSN EN 933-1	Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Síťový rozbor
Stanovení tvaru zm – Tvarový index	ČSN EN 933-4	Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 4: Stanovení tvaru zm - Tvarový index
Stanovení sypané hmotnosti a mezerov- itosti volně sypaného kameniva	ČSN EN 1097-3	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 3: Stanovení sypané hmotnosti a mezerovitosti volně sypaného kameniva
Stanovení vlhkosti sušením v sušárně	ČSN EN 1097-5	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně
Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování	ČSN EN 1367-1	Zkoušení odolnosti kameniva vůči tep- lotě a zvětrávání - Část 1: Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmra- zování
Stanovení obsahu humusovitých částic	ČSN EN 1744-1	Zkoušení chemických vlastností kame- niva - Část 1: Chemický rozbor - Stanovení obsahu humusovitých částic
Zkouška trvanlivosti kameniva síra- nem sodným	ČSN 72 1176	Zkouška trvanlivosti a odolnosti kame- niva proti mrazu
Stanovení rozlišných částic kameniva	ČSN 72 1180	Stanovení rozlišných částic kameniva
Zkouška ztrátou sušením – Stanovení míry nevhodných jemných částic (Míra zahlinění)	ČSN 72 1187	Zkoušení jemných částic pro asfaltové směsi - Zkouška ztrátou sušením
Stanovení nasákavosti kameniva	PZN - VUSTAH 0200 11 2006	Fyzikální vlastnosti kameniva Stanovení nasákavosti kameniva
Odběr vzorků kameniva	ČSN EN 932-1	Zkoušení všeobecných vlastností kameniva Část 1: Metody odběru vzorků

Tab.4 : Neakreditované zkoušky v ZL KKM

Název zkušebního postupu	Identifikace zku- šebního postupu	Název normy
Předmět zkoušky: Sklovláknobeton – kabelové žlaby		
Stanovení rozměrů a únosnosti kabe- lového žlabu	PN VUSTAH 0211:2006	UNICRET MIX KABELOVÉ ŽLABY UNI 121
Předmět zkoušky: Přírodní a umělé kamenivo		
Stanovení měrné hmotnosti fileru – Pyknometrická zkouška	ČSN EN 1097-7	Zkoušení mechanických a fyzikálních vlast- ností kameniva - Část 7: Stanovení měrné hmotnosti fileru - Pyknometrická zkouška

Obr.2 : Zkušební přístroje v ZL KKM



Závěr

Používání nekovových alkalivzdorných vláken pro disperzní vyztužování kompozitních materiálů na bázi portlandského cementu má nepochybnou budoucnost. Je pouze otázkou času, kdy i v podmínkách ČR bude dosaženo plného technického využití dosažený poznatků tohoto oboru.

Tento příspěvek byl zpracován za podpory projektu MŠMT ČR re.č. 1M06005 a grantového projektu GAČR reg. č. 103/06/1474.

Literatura

Kyung K.H., Meyer C.: Arami Fiber Mesh as Reinforcement of Concrete Panels Subjected to High Strain Rates, Proceedings of 1st International Conference Textile Reinforced Concrete (ICTRC), Aachen, September 6/7, 2006, pp 351 -358

RNDr. Wail KHAZAL, tel. +420 543 529 299, e-mail: khazal@vustah.cz
 Ing. Josef KNĚZEK, CSc., tel. +420 543 529 275, e-mail: knezek@vustah.cz
 Ing. Ludvík LEDERER, tel. +420 543 212 142, e-mail: info@dakobrno.com
 Ing. Vladan PRACHAŘ, tel. +420 543 529 299, e-mail: prachar@vustah.cz

VZTAH MEZI OBSAHEM VZDUCHU V ČERSTVÉM BETONU A HODNOTOU SPACING FACTOR

Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc. (1)

Ing. Adam Hubáček (2)

- (1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, Tel. 541 147 508, e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz
- (2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno, Tel. 541 147 518, e-mail: hubacek.a@fce.vutbr.cz

Anotace

V příspěvku je popsán rozsáhlý experiment zaměřený na sledování závislosti mezi obsahem vzduchu v čerstvém betonu stanoveným tlakovou metodou a hodnotami stanovenými na ztvrdlých betonech metodou Spacing factor.

Provzdušněný beton

Většina konstrukcí staveb určených pro dopravní stavitelství je vystavena vlivům agresivního prostředí. Exponovaný beton je většinou ve stavu různé míry nasycení vodou, případně navíc přichází do styku s chemickými rozmrazovacími prostředky. Od betonů použitých v takovýchto podmínkách se požaduje dostatečná odolnost vůči nepříznivým vlivům.

V posledních letech dochází také k rozšířenému používání provzdušňujících přísad se do betonu zavádí systém různě velkých pórů. Tyto póry, nazývané také „účinný vzduch“ slouží v betonu jako expanzní prostor, který eliminuje tlaky vznikající při krystalizaci ledu či rozmrazovacích solí. Obecně se za vhodnou velikost vnesených pórů považuje rozmezí 25 – 300 μm , větší póry mají za následek neúměrné zhoršení mechanických vlastností betonu. Kromě dávky provzdušňovací přísady má na obsah vzduchu vliv mnoho dalších faktorů. Nejdůležitější z nich jsou popsány v tabulce.

Tabulka č. 1: Faktory ovlivňující obsah vzduchu v betonu

kategorie	podkategorie	vliv
cement	obsah alkálií	Obsah vzduchu roste s obsahem alkálií. U vysoce alkalických cementů lze dávku provzdušňovací přísady snížit až o 40%. Nízko alkalické cementy (pod 0,3%) snižují obsah vzduchu. V některých případech je nutné zvýšit dávku provzdušňovací přísady až o 100%.
	jemnost	Obsah vzduchu klesá s větší jemností cementu.
	dávka	Obsah vzduchu klesá s rostoucí dávkou cementu.
kamenivo	maximální zrna	Čím větší je maximální zrna kameniva, tím nižší je obsah vzduchu.
	písek	Obsah vzduchu se zvyšuje s větším obsahem písku. Různé organické nečistoty mohou zvyšovat či snižovat obsah vzduchu.

kategorie	podkategorie	vliv
příměsi	popílek	Obsah vzduchu se snižuje s rostoucí ztrátou žiháním (tedy s rostoucím obsahem uhlíku). Uhlík adsorbují provzdušňovací přísady a tím snižuje její účinnost. Ztráta žiháním se může v jednotlivých dávkách popílku výrazně lišit. Při některých kombinacích popílku, cementu a provzdušňovací přísady může být obsah vzduchu proměnlivý. Obsah vzduchu je nutné pečlivě odzkoušet na zkušebních záměsech. Jemnější popílek snižuje obsah vzduchu.
	struska	S jemnější struskou se snižuje obsah vzduchu. Při použití jemně mleté strusky může vzrůst potřebná dávka provzdušňovací přísady až o 100%.
přísady	plastifikační	S rostoucí dávkou plastifikační přísady se zvyšuje i obsah vzduchu.
	zpomalovače	Zvyšují obsah vzduchu.
voda	tvrdost	Tvrdá voda snižuje obsah vzduchu.
	znečištění	Může zvýšit či snížit obsah vzduchu.
	vodní součinitel	S rostoucím vodním součinitelem roste i obsah vzduchu.
výroba	doba míchání	Při době míchání do 5 minut se obsah vzduchu zvyšuje. Při míchání nad 20 minut (při dopravě) se naopak obsah vzduchu snižuje. Při době míchání pod 60 sekund se nemusí vyvinout vhodný systém vzduchových pórů.
	rychlost míchání	Do 20 ot./min. se obsah vzduchu zvyšuje, při větších rychlostech se pak snižuje.
způsob dopravy a ukládání	doba dopravy	V závislosti na teplotě se může obsah vzduchu během dopravy snížit o 1 až 4 procenta.
	čerpání	Může snížit obsah vzduchu až o 4%.
	vibrace	Nadměrně dlouhé zhuňování vibrací při vysokých frekvencích (nad 10 000 Hz) výrazně snižuje obsah vzduchu.
	úprava povrchu	Nevhodné úpravy povrchu mohou snížit obsah vzduchu.
	teplota	S rostoucí teplotou se obsah vzduchu snižuje.

Pro zjišťování obsahu vzduchu vneseného do betonu se nejčastěji užívá tzv. tlakové metody, prováděné na čerstvé betonové směsi. Tato metoda nicméně nepodává žádné informace o prostorovém rozložení pórů v betonu ani o jejich velikosti. Další metodou pro zjištění obsahu vzduchu v betonu je tzv. spacing factor. Metoda prováděná na ztvrdlém betonu mikroskopickým měřením je schopna pomocí speciálního softwarového vybavení informace o velikosti a rozmístění pórů poskytovat.

Stanovení obsahu vzduchu ve ztvrdlém betonu

Zkouška se provádí a vyhodnocuje dle ČSN EN 480 – 11, Stanovení charakteristiky vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu, na vzorcích upravených pro potřebu této normy. Měření je prováděno a vyhodnoceno pomocí mikroskopu Nikon SMZ 2T s manipulačním stolem

a s výstupem dat na PC a PC se softwarovým vybavením Lucia G. Software Lucia G umožňuje digitální zpracování měřených hodnot a zároveň zaznamenává všechny údaje nezbytné pro přesné vyhodnocení zkoušky dle zmiňované ČSN EN 480 – 11.

Zkušební tělesa pro stanovení charakteristiky prostorového rozložení vzduchových pórů jsou vyráběna a připravována následujícím způsobem: Z krychle o hraně 150 mm jsou z její prostřední části vyřezány kolmo k hornímu povrchu betonu 2 zkušební vzorky o výšce 150 mm. Tloušťka každého vzorku je cca 20 mm. Dále jsou zkušební vzorky upraveny tak, aby po odstranění okrajů byla šířka vzorku 100 mm. Po nařezání zkušebních vzorků je vždy jedna ze dvou největších ploch upravena broušením na jemnost nezbytnou pro provedení zkoušky. Na povrch takto připravených vzorků se nejdříve rovnoměrně nanese razítková barva tak, aby barvivo nevsáklo do vzduchových pórů a vzorky se umístí do sušárny. Po zaschnutí barviva se vzduchové póry překryjí zinkovou pastou. Přebytná pasta z povrchu vzorku se odstraní jejím setřením.

Při mikroskopické zkoušce musí být dodržován následující postup: Jednotlivé vzorky jsou při zkoušce pomocí mikroskopu s manipulačním stolem postupně snímány a přenášeny na PC se softwarovým vybavením, kde jsou jednotlivé zaznamenané části vzorků protínány soustavou měřicích přímek. Pro každý měřený vzorek je vyžadována minimální délka měřicích přímek 1200 mm, tzn. že celková minimální délka měřicích přímek pro jedno zkušební těleso je 2400 mm. Rozložení měřicích přímek při zkoušce probíhá následovně. Čtyři měřicí přímky vedené přes šířku vzorku se umístí v jeho horní části. První přímka se umístí 6 mm od horního okraje a vzdálenost dalších přímek by měla být také 6 mm. Další 2 skupiny čtyř měřicích přímek se umístí stejným způsobem ve střední a spodní části zkušebního vzorku. Pro zhotovení soustavy měřicích přímek se používá manipulační stůl s vodicími šrouby pro rovnoběžný posun s původním horním povrchem měřeného vzorku. Pomocí měřicích přímek jsou protínány jednak pevné části povrchu zkušebního vzorku T_s a taktéž všechny zachycené póry T_a . Součet těchto dvou hodnot dává celkovou měřenou délku T_{tot} .

Po provedení mikroskopické zkoušky jsou jednotlivé měřicí přímky vyhodnoceny softwarem LUCIA G, který rozdělí jednotlivě nalezené póry T_s do tříd s přesností na nejbližších 5 μm . Takto se vyhodnotí všechny naměřené tětiny v pórech na 28 tříd různých délek.

Konečné výstupu zkoušky vyhodnocené softwarem LUCIA G jsou následující:

- Celkový obsah vzduchu vyjádřený v objemových % - A
- Obsah mikroskopického vzduchu pod 300 μm v objem. % - A300
- Celkový počet měřených tětin - N
- Měrný povrch systému vzduchových pórů - α
- Poměr tmel:vzduch - R
- Součinitel prostorového rozložení vzduchových pórů - L

Experimentální část

Cílem práce prezentované v tomto příspěvku bylo na základě sledování vlastností běžně používaných provzdušňovaných betonů stanovit závislost mezi mírou provzdušnění čerstvých a ztvrdlých betonů (stanovení bylo provedeno dle běžně používaných normových postupů).

V současné době však stále ještě není dořešena problematika opakovaného testování provzdušňovaných betonů. Zejména při ověřování obsahu vzduchu v čerstvém betonu tlakovou metodou není určena závislost mezi obsahem vzduchu v čerstvém betonu před uložením do konstrukce a po jeho uložení a zhuňování. Dále neexistuje žádná korelace mezi obsahem vzduchu v čerstvém betonu (tlaková metoda) a charakteristikou vzduchových pórů v ztvrd-

lém betonu (Spacing factor) Záměrem tohoto experimentu bylo zjistit závislost mezi mírou provzdušnění v čerstvém betonu (stanovení provedeno tlakovou metodou) a charakteristikou vzduchových pórů v ztvrdlém betonu (Spacing factor).

Během této práce byla po sjednocení a odzkoušení jednotlivých receptur provzdušněného betonu sledována závislost mezi obsahem vzduchu v čerstvém betonu a charakteristikou prostorového rozložení pórů v betonu ztvrdlém stanovenou po 28-mi dnech zrání. Dávkování provzdušňovacích přísad bylo prováděno tak, aby se množství vzduchu v čerstvém betonu stanovené tlakovou zkouškou pohybovalo v rozmezí mezi 4,0 a 7,0 %. Na jednotlivých recepturách bylo stanoveno porovnání obsahu vzduchu v čerstvém betonu s obsahem vzduchu stanoveným mikroskopicky.

Bylo vyrobeno 55 záměsí betonu, navržených na stupeň vlivu agresivity XF2-XF4. Jako pojivo byl použit portlandský cement třídy 42,5 R, Mokrá, drobné těžené kamenivo frakce 0-4 mm, hrubé těžené kamenivo frakce 4-8 mm a hrubé drcené kamenivo frakce 8-16 mm a 11-22 mm. Dále byla použita plastifikační přísada na bázi sulfonovaných kondenzátů naftalenu a provzdušňovací přísada.

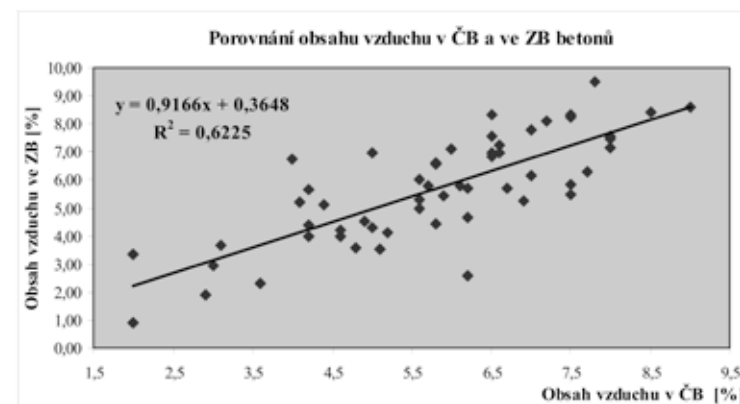
Každá ze záměsí byla podrobena sérii zkoušek pro stanovení vlastností čerstvého betonu a vyhodnocení obsahu vzduchu ve ztvrdlém betonu. Na základě těchto vlastností byly sestaveny jednotlivé křivky případných závislostí.

Tabulka č. 2: Výsledné vlastnosti receptur provzdušněných betonů - AC

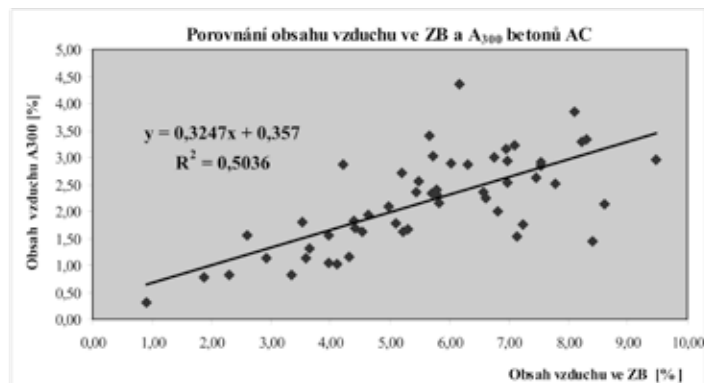
Ozn.	n	Obsah Vzduchu v ČB	Obsah vzduchu ve ZB A	Mikroskopický Obsah vzduchu A ₃₀₀	Spacing Factor L
		[-]	[%]	[%]	[%]
AC	1	6,7	5,72	3,02	0,13
	2	7,5	8,31	3,34	0,16
	3	4,6	4,21	2,86	0,11
	4	5,7	5,78	2,40	0,13
	5	7,8	9,48	2,96	0,11
	6	8,5	8,41	1,44	0,19
	7	6,5	6,98	2,53	0,13
	8	7,0	6,16	4,35	0,09
	9	7,7	6,31	2,86	0,14
	10	6,0	7,10	3,22	0,11
	11	6,5	6,81	2,01	0,15
	12	4,2	4,39	1,82	0,12
	13	7,5	5,83	2,16	0,13
	14	5,6	5,31	1,66	0,20
	15	6,1	5,79	2,31	0,14
	16	5,0	6,96	3,15	0,12
	17	5,0	4,32	1,16	0,22
	18	6,5	7,55	2,85	0,12
	19	5,6	6,02	2,90	0,15
	20	6,6	7,23	1,75	0,19
	21	9,0	8,60	2,14	0,18
	22	6,9	5,23	1,63	0,18
	23	7,2	8,10	3,85	0,11
	24	6,5	8,31	3,34	0,16
	25	5,8	6,58	2,35	0,15
	26	5,8	6,61	2,24	0,20
	27	5,8	4,42	1,70	0,18
	28	4,4	5,10	1,77	0,20

Ozn.	n	Obsah Vzduchu v ČB	Obsah vzduchu ve ZB A	Mikroskopický Obsah vzduchu A ₃₀₀	Spacing Factor L
		[-]	[%]	[%]	[%]
29		6,2	5,71	2,34	0,17
30		6,6	6,98	2,93	0,12
31		7,5	5,48	2,56	0,14
32		8,0	7,54	2,91	0,11
33		7,0	7,79	2,52	0,15
34		8,0	7,13	1,54	0,17
35		7,5	8,23	3,29	0,11
36		8,0	7,45	2,62	0,12
37		4,9	4,53	1,62	0,17
38		2,0	3,34	0,83	0,27
39		3,0	2,92	1,13	0,15
40		4,6	3,97	1,05	0,14
41		4,0	6,75	3,01	0,13
42		5,9	5,45	2,36	0,12
43		4,2	5,67	3,39	0,08
44		2,0	0,90	0,32	0,20
45		4,8	3,58	1,13	0,29
46		4,1	5,20	2,70	0,10
47		5,1	3,53	1,81	0,19
48		6,2	4,64	1,93	0,20
49		6,2	2,60	1,56	0,19
50		5,6	4,98	2,09	0,15
51		4,2	3,98	1,55	0,20
52		3,1	3,65	1,32	0,21
53		5,2	4,11	1,03	0,23
54		3,6	2,29	0,83	0,27
55		2,9	1,88	0,78	0,24
Průměr		5,8	5,67	2,20	0,16

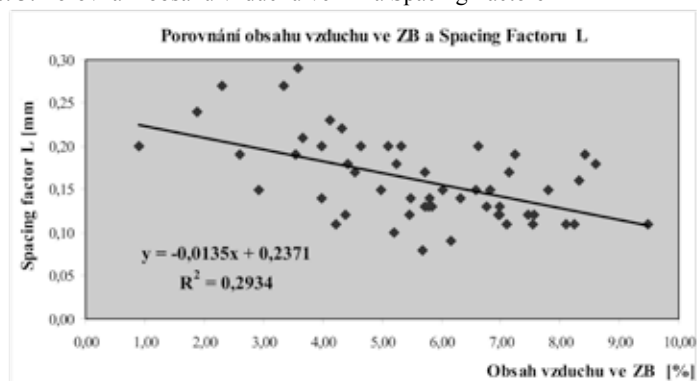
Graf č. 1: Porovnání obsahu vzduchu v ČB a ZB



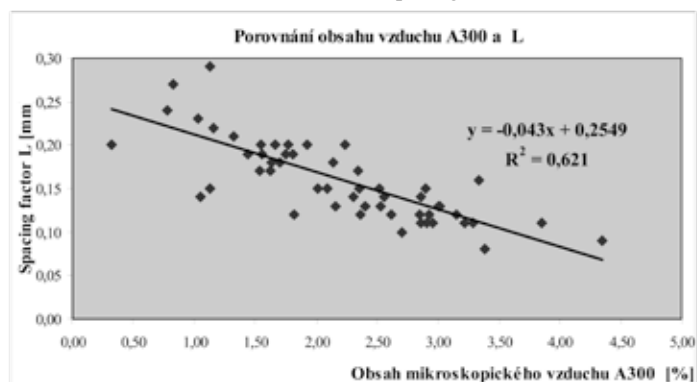
Graf č. 2: Porovnání obsahu vzduchu ve ZB a obsahem vzduchu A300



Graf č. 3: Porovnání obsahu vzduchu ve ZB a Spacing Factoru



Graf č. 4: Porovnání obsahu vzduchu A300 a Spacing Factoru



Závěr

Cílem práce popsané v tomto příspěvku bylo zjistit případné korelace mezi sledovanými parametry provzdušnění u jednotlivých záměsí provzdušněných betonů. Na základě zkoušek provedených na souboru 55 záměsí betonů lze z výše uvedených grafů usoudit na následující závěry:

Při hodnotě závislosti 62,3% mezi obsahem vzduchu v čerstvém a obsahem vzduchu ve ztvrdlém betonu lze usoudit na vznikající závislost mezi sledovanými veličinami. Stejnou hodnotu korelace vykazuje také porovnání obsahu vzduchu pod 300 μm a Spacing Factoru. Obecně lze usoudit na dostatečnou těsnost korelace při hodnotách pohybující se kolem 70% a vyšších. Mezi obsahem vzduchu ve ztvrdlém betonu a množstvím mikroskopického vzduchu byla zaznamenána souvztažnost pouhých 50% což těsnější závislost vylučuje. Stejně tak nelze předpokládat při hodnotě korelace pouhých 29% závislost mezi obsahem vzduchu ve ZB a Spacing Factorem.

Na základě výše uvedených skutečností lze poukázat na rysující se souvztažnosti mezi obsahem vzduchu v čerstvém betonu stanoveným tlakovou metodou a Spacing Factorem. Je třeba však podrobit zkoumání mnohem větší soubor receptur, čímž se více eliminují případné vzniklé rozptyly hodnot jednotlivých sledovaných parametrů a korelace mezi jednotlivými vlastnosti dosáhnou vyšších hodnot, což je v současné době prováděno.

Tento výsledek byl získán za finančního přispění VV CEZ MŠMT ČR, projekt VV CEZ MSMT 261100008,DT5 a projektu TANDEM MPO ČR MPO FT-TA3/132.

Literatura

- [1] HELA, R. Intenzifikace zhutňování betonových směsí – habilitační práce, VUT FAST Brno 2002.
- [2] HUBÁČEK, A. Studium problematiky provzdušněných samozhutnitelných betonů – diplomová práce, VUT FAST 2003.
- [3] SVAZ VÝROBCŮ BETONU ČR. Speciální betony, CZ SVB s.r.o. Praha 1999.
- [4] BARTOŠ, O. Fresh Concrete, London 1996.
- [5] HELA, R; HUBÁČEK, A. Technické listy CIDEAS
- [6] ČSN EN 480-11 - Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Zkušební metody - Část 11: Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu

KVANTIFIKACE RIZIK POMOCÍ FUZZY INFERENCE SYSTÉMŮ

Ing. Petr Misák (1)
Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D. (2)
Ing. Nikol Žižková, Ph.D. (3)

- (1) Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, Brno, email: misak.p@fce.vutbr.cz
- (2) Ústav stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně, Veveří 95, Brno, email: vymazal.t@fce.vutbr.cz
- (3) Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT v Brně, Veveří 95, Brno, email: zizkova.n@fce.vutbr.cz

Anotace

Cílem tohoto příspěvku je naznačit možnosti rozšíření metodiky FMEA pomocí fuzzy logiky a fuzzy inference systémů, které dokážou lépe postihnout neurčitost vstupující do procesu. Toto rozšíření je ukázáno na kvantifikaci rizik spojených s použitím elektrárenského popílku jako náhrady plniva ve výrobě polymercementových lepicích hmot pro keramické obkladové prvky.

1. Úvod

Výroba stavebních hmot a dílců je v současné době jedním ze zpracovatelů, který dokáže ve velké míře zpracovat značný objem druhotných surovin, a to nejen stavebních. Druhotné suroviny však mohou způsobovat celou řadu rizik, nad kterými je nutné uvažovat již v procesu návrhu a vývoje. Tento příspěvek se zabývá kvantifikací rizik spojených s použitím elektrárenského popílku ve výrobě polymercementových lepicích hmot pro keramické obkladové prvky jako náhrady plniva pomocí rozšíření metodiky FMEA prostřednictvím fuzzy inference systémů.

2. Fuzzy inference systémy

Fuzzy inference systémy (FIS) jsou jednou z častých aplikací teorie fuzzy množin v technické praxi. Jejich využití je vhodné zejména při matematickém modelování systémů nebo procesů, v nichž vystupují veličiny, které nelze nebo lze velice obtížně popsat pomocí konvenčních matematických prostředků.

Výpočet je ve FIS prováděn s využitím tzv. báze znalostí, ve které jsou sdruženy informace o modelovaném problému ve formě podmíněných pravidel typu if - then (jestliže – pak). Proměnnými v těchto pravidlech jsou tzv. jazykové (lingvistické) proměnné, jejichž jednotlivé hodnoty jsou reprezentovány pomocí fuzzy množin daných univerzem, tedy referenční množinou a funkcí příslušnosti. Samotný výpočet probíhá v tzv. inferenčním mechanismu, který vstupní hodnoty porovná s bází pravidel a vyhodnotí výsledek na základě principů fuzzy logiky (viz. [2], [3]).

Fuzzy systémů existuje celá řada typů. Nejvhodnější typ pro řešení daného problému, tedy kvantifikace rizik spojených s využitím popílku v lepicích hmotách, byl zvolen typ Mamdani, a to především z důvodu využití expertních znalostí o této problematice. Veškeré výpočty byly prováděny v prostředí MATLAB s využitím nástroje FuzzyToolbox.

3. Kvantifikace rizik pomocí FIS

Tato část příspěvku je věnována možnostem rozšíření metodiky FMEA, tedy především její části týkající se kvantifikace jednotlivých rizik, prostřednictvím teorie fuzzy množin.

Vzhledem k tomu, že environmentální a bezpečnostní jsou při použití popílku jako náhrady plniva minimální, budeme se dále zabývat popisem a odhadem kvalitativních rizik.

Nejdůležitějšími rizikovými faktory, které mohou ovlivnit výslednou tahovou přídržnost lepicí směsi, tedy nejsledovanější fyzikálně-mechanická vlastnost, jsou proměnlivé chemické složení popílku, proměnlivá granulometrie popílku, proměnlivá hydraulická aktivita popílku, omezení účinnosti polymerní přísady v důsledku použití popílku a zvýšená nasákavost popílku. Pro vyhodnocení závažnosti rizik bylo sestaveno několik kritérií, které jsou uvedeny v tabulce 1 [1] spolu s navrženými univerzy a jazykovými hodnotami.

Kritérium	Univerzum	Jazykové hodnoty
Pravděpodobnost výskytu daného rizika	1 - 5	A, B, C, D, E
Zájem zainteresovaných skupin o riziko	1 - 3	malý, střední, velký
Možnost předcházení realizace rizika	1 - 5	A, B, C, D, E
Odhad výše případné škody	0 – 2 000 000	A, B, C, D
Závažnost rizika	0 - 100	A, B, C, D, E, F

Tabulka 1: Kritéria pro hodnocení rizik

V metodice FMEA provádí samotné vyhodnocení zodpovědný pracovník. Po ohodnocení každého kritéria zvlášť se provede odhad celkové závažnosti daného rizika. Problém této metodiky spočívá v diskretních stavech jednotlivých posuzovaných kritérií, které způsobují, že zodpovědný pracovník se vždy musí přiklonit k některé z daných variant. To může v konečném důsledku znamenat buď výrazné podhodnocení, nebo naopak přehodnocení daného rizika. Po-kud však zavedeme jednotlivá kritéria jako jazykové proměnné (viz. [2], [3]), jejichž hodnoty budou vzájemně se překrývající fuzzy množiny, nebezpečí spojené s chybným hodnocením rizika se tím minimalizuje. Navíc toto zobecnění dává zodpovědnému pracovníkovi možnost zhodnocení kritéria ve formě jakékoli fuzzy množiny, což umožňuje zohlednit variabilitu vstupující do tohoto procesu. Samotná vyhodnocovací procedura závažnosti nebezpečí je poté realizována prostřednictvím FIS typu Mamdani. Vzhledem k charakteru řešeného problému byla zvolena defuzifikace Centroid (výslednou hodnotou je těžiště plochy pod funkcí příslušnosti vyhodnocené fuzzy množiny, viz. [2], [3]). Logické spojky and a or (konjunkce a disjunkce) byly konstruovány pomocí operací maxima a minima. Jednotlivé slovní hodnoty všech kritérií byly navrženy tak, aby výpočtový model co nejpřesněji vystihoval danou problematiku. Při sestavování všech funkcí příslušnosti se vycházelo z předpokladů metodiky FMEA. Vzhledem k výpočtové náročnosti a celkové jednoduchosti modelu byly vybrány tvary trojúhelníka a lichoběžníka. Sestavená podmíněná pravidla jsou uvedena v tabulce 2. V prvním pravidle, které popisuje vysoké hodnoty kritérií, je využita logická spojka or, ostatní pravidla jsou konstruována pomocí spojky and. Pro návrh této báze pravidel byly velmi důležité expertní znalosti, a to nejen v oblasti dané problematiky, tedy stavebních hmot, ale i v oboru risk managementu.

Proměnná Pravidlo	Odhad škody	Pst. výskytu	Možnost předcházení	Zájem zainteresovaných stran	Závažnost rizika
1	D	E	E	velký	F
2	A	A	A	malý	A
3	not C,D	B	B	střední	B
4	A	C	C	střední	C
5	B	D	D	velký	D
6	B	-	-	-	D
7	C	-	-	-	E
8	not D	B	B	střední	B

Tabulka 2: Podmíněná pravidla FIS

Na základě expertního ohodnocení příslušných kritérií u všech zmiňovaných rizik byla sestavena tabulka 4. V posledním sloupci této tabulky je uvedena vypočtená závažnost nebezpečí prostřednictvím sestaveného FIS.

Riziko	Pst. výskytu	Zájem zainteresovaných stran	Možnost předcházení	Odhad škody	Závažnost rizika [%]
Proměnlivé chemické složení popílku	2,2	2,8	2,0	80 000	63,1
Proměnlivá granulometrie popílku	1,8	2,7	1	200 00	78,5
Proměnlivá hydraulická aktivita popílku	2,0	2,9	1,9	10 000	74,4
Omezení účinnosti polymerní přísady v důsledku použití popílku	1,6	3,0	1	200 000	79,7
Zvýšená nasákavost popílku	1,9	2,8	1,8	80 000	63,1

Tabulka 1: Ohodnocení závažnosti jednotlivých rizik

4. Závěr

Příspěvek je věnován kvantifikaci rizik spojených s použitím elektrárenského popílku jako náhrady plniva v lepicích směsích pomocí fuzzy inference systémů. Výsledná závažnost každého rizika byla posuzována na základě několika obecných kritérií, které vyjadřují zájem zainteresovaných stran, možnost předcházení rizika, pravděpodobnost výskytu nebezpečí a odhad vzniklé škody při realizaci rizika. Pro kvantifikaci rizik byl navržen FIS typu Mamdani, který je vhodnější vzhledem k využití expertních zkušeností o dané problematice. Celkem bylo sestaveno 8 podmíněných pravidel. Výhodou použití FIS pro vyhod-

nocení závažnosti nebezpečí spočívá v možnosti ohodnocení jednotlivých porovnávaných kritérií pomocí fuzzy množin, které lépe vyjadřují vágnost reálných situací.

Z expertních ohodnocení jednotlivých posuzovaných kritérií a z vypočtených závažností jednotlivých rizik vyplývá, že jako nejzávažnější rizika se jeví omezení účinnosti polymer-ní přísady vlivem použití popílku a proměnlivá granulometrie popílku. Naopak nejnižších hodnot závažnosti dosáhla proměnlivost v chemickém složení popílku a zvýšená nasáka-vost.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru č.: MSM 0021630511 s názvem: "Pro-gresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost kon-strukcí".

Použitá literatura

- [1] ŽIŽKOVÁ N., Ověření možnosti modifikace polymercementových směsí odpadními su-rovinami, Disertační práce, VUT v Brně, FAST, 2004.
- [2] JURA P., Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování, Nakladatelství VUTIUM, Brno 2003, ISBN 80-214-2261-0.
- [3] MISÁK P.: Vlastnosti fuzzy inference systémů a jejich aplikace, Diplomová práce FSI VUT v Brně 2006.

POŠKOZENÍ STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ TÍHOU SNĚHU

Ing. Ivo Šimůnek, CSc.

ČVUT v Praze, Kloknerův ústav

1. Úvod

V zimě 2005-2006 došlo k mnoha případům poškození stavebních, zejména střešních, kon-strukcí tíhou sněhu. Ne ve všech případech byla na vině samotná nadměrná tíha sněhu, ale nezanedbatelný podíl na rozsahu poškození měl i celkový stav konstrukcí.

V příspěvku je uvedeno několik příkladů příčin poškození konstrukcí. Uvedené příklady mají ukázat, že v diagnostice stavebních konstrukcí hraje nezastupitelnou úlohu ten nejjed-nodušší postup, a to vizuelní prohlídka, doplněná eventuelně o další diagnostické a zkušeb-ní metody, od posouzení materiálových vlastností po statický přepoččet konstrukcí.

2. Zhodnocení nadměrné tíhy sněhu jako příčiny poškození

Zimní období 2005-2006 bylo zjevně jedním z extrémních z hlediska množství a tíhy sněhu. Pro informaci lze použít dokument, zpracovaný Českým hydrometeorologickým ústavem, kde je uvedena vodní hodnota sněhu ke dni 20.3.2006 v 7.00 hod. Z obrázku je patrné, že v horských oblastech na hranicích dosahoval vodní hodnota sněhu až 600-800 mm, což obnáší zatížení sněhem o hodnotě 6 – 8 kN/m². Je tedy zřejmé, že v mnoha případech tedy hodnota zatížení sněhem překročila návrhové hodnoty dle příslušných předpisů (ČSN 73 0035, ČSN ENV 1991-2-3). Nepochybně i tato skutečnost byla jedním z impulsů pro změnu těchto návrhových předpisů v říjnu 2006, kdy byla zavedena zcela nová tzv. mapa sněhových oblastí s vyššími hodnotami zatížení sněhem.

Obr. 1 – vodní hodnota sněhu na území ČR 20.3.2006 dle ČHMÚ



Je však třeba zdůraznit, že i samotné předpisy pro navrhování stavebních konstrukcí a jejich zatížení prošly vývojem. První předpis, který definoval zatížení sněhem, byl vydán v roce 1929 a zatížení sněhem bylo určeno hodnotou 75 kg/m^2 (0.75 kN/m^2) mimo horské oblasti, kde se uvedená hodnota násobila průměrnou výškou sněhu. Z toho lze rovněž odvodit, že průměrná objemová hmotnost sněhu byla stanovena na 75 kg/m^3 . Přitom dle dostupných údajů lze objemovou hmotnost ulehleho mokrého sněhu odhadovat hodnotu i vyšší než 400 kg/m^3 . Je tedy zřejmé, že z pohledu dnešních předpisů byla uvedená hodnota převážně nízká. V dalších obdobích pak proběhlo několik změn předpisů, obvykle se návrhová hodnota sněhem zvyšovala. Stejně tak se měnil i postup výpočtu.

Na základě rozboru předepsaných hodnot zatížení stavebních konstrukcí dle příslušných předpisů, v porovnání se skutečně dosaženými hodnotami zatížení sněhem, jak je lze získat od jednotlivých stanic Českého hydrometeorologického ústavu je zřejmé, že tyto návrhové hodnoty byly v mnoha případech překročeny. Tím ovšem není nijak řečeno, že příčiny poškození střešních konstrukcí v zimě 2005-2006 byly výhradně na straně výchozích normových podkladů.

3. Projektové a konstrukční řešení

Jednou z dalších příčin poškození střešních konstrukcí je nevhodné či nedostatečné projektové řešení, případně nevhodný zásah stavebníka, kdy konstrukce byla provedena odchylně od projektu. Takových případů je možno nalézt značné množství.

V případě projektového řešení se jedná o navržení nedostatečně únosných střešních konstrukcí (a to i ve vztahu k platným předpisům), eventuálně navržení nevhodného konstrukčního řešení (častým případem je nedostatečné zohlednění vzpěrných délek jednotlivých tlačných prvků konstrukce).

Nevhodné zásahy dodavatele stavby často plynou ze snahy o maximální úspory nákladů. Je použit méně kvalitní materiál (zejména dřevěné konstrukce), zjištěno bylo i zmenšení průřezu nosných prvků, a to až o 50% oproti projektové dokumentaci. Dalším častým případem je přetížení střešní konstrukce např. mnoha vrstvami střešní krytiny, případně výměnou původní střešní krytiny za novou, těžší.

4. Údržba objektu

Významnou úlohu ve snižování únosnosti střešních stavebních konstrukcí hraje i údržba objektu.

Prvním krokem údržby je odstraňování nadměrných vrstev sněhu ze střechy, zejména v případě plochých střech. Tento postup je však používán v podstatě náhodně, v minulém roce bylo obvykle k takové činnosti přistoupeno až po výskytu poškozených střech. Je ovšem třeba přiznat, že na některých konstrukcích je taková údržba nemožná s ohledem na bezpečnost osob. Zde se jedná zejména o strmé střechy, které ovšem nejsou náchylné k přetížení sněhem, a dále na lehkých střešních konstrukcích, které naopak jsou velmi citlivé na případné přetížení sněhem.

Dalším závažným problémem je absence údržby samotné nosné konstrukce, zejména kovové či dřevěné. Vlivem absence údržby dochází ke korozi ocelových konstrukcí, dřevěné prvky jsou napadány dřevokazným hmyzem, případně hnilobami. Poškození konstrukcí pak vede ke snížení únosnosti a k následné destrukci, a to i při hodnotách zatížení, kterým by řádně udržovaná konstrukce bez problémů odolala.

5. Celkové shrnutí

Na základě zkušeností, získaných při řešení havárií střešních konstrukcí lze konstatovat, že tato poškození jsou vyvolána souborem příčin, vzájemně provázaných.

První příčina plyne z překročení návrhových hodnot dle příslušných předpisů. Náprava tohoto stavu je možná revizí předpisů, ke které ostatně již bylo přistoupeno.

Druhá příčina plyne z nevhodného projektového nebo konstrukčního řešení, kdy často v zájmu minimalizace nákladů jsou použita nevhodná konstrukční řešení, nevhodné materiály, eventuálně správně navržená konstrukce je vystavěna odlišně od projektu.

Třetí příčina plyne z nedostatečné údržby objektů. Tento problém je samostatnou kapitolou, kdy, opět v zájmu úspory nebo častěji z nedostatku finančních prostředků, dochází k degradaci stavebních konstrukcí.

Literatura

- [1.] ČSN 1050-1929 Zatížení konstrukcí a namáhání stavebních látek, Česká normalizační společnost, 1929
- [2.] ČSN 73 1310-1958 Zatížení sněhem a větrem, Úřad pro normalizaci a měření, 1958
- [3.] ČSN 73 0035-1967 Zatížení konstrukcí pozemních staveb, Úřad pro normalizaci a měření, 1968
- [4.] ČSN 73 0035-1976 Zatížení stavebních konstrukcí, Úřad pro normalizaci a měření, 1976
- [5.] ČSN 73 0035-1986 Zatížení stavebních konstrukcí, Úřad pro normalizaci a měření, 1986
- [6.] ČSN ENV 1991-2-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí, část 2-3: zatížení konstrukcí – zatížení sněhem, ČSN, 1996
- [7.] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení sněhem – část 1-3: obecná zatížení – zatížení sněhem
- [8.] ČSN EN 1991-1-3 – změna Z1, říjen 2006

RYCHLOST KARBONATACE BETONU

Ing. Michal Stehlík, Ph.D. (1)
 Doc. Ing. Oldřich Hoffmann, CSc. (2)
 Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc. (3)
 Ing. Jan Koukal, CSc. (4)

(1,2,3,4) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví,
 Veveří 95, 602 00 Brno

(1) tel.: 541147820, fax: 541147826, e-mail: stehlik.m@fce.vutbr.cz
 (2) tel.: 541147830, fax: 541147826, e-mail: hoffmann.o@fce.vutbr.cz
 (3) tel.: 541147800, fax: 541147826, e-mail: adamek.j@fce.vutbr.cz
 (4) tel.: 541147819, fax: 541147826, e-mail: koukal.j@fce.vutbr.cz

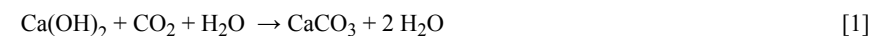
Anotace:

Karbonatace patří ke korozním pochodům, ovlivňujícím vlastnosti zralého betonu. Je způsobována chemickou reakcí oxidu uhličitého, difundujícího do povrchu betonové konstrukce, s minerály cementového tmele. Výsledky měření ročního působení koncentrovaného CO₂ na betonové krychle odhalují nejedno překvapení. Zdá se však být předčasně vytvářet konečné závěry na základě výsledků ročního působení 95% CO₂ na vzorky betonu. Ve druhém roce působení 95% CO₂ na beton by se měly více projevit negativní procesy překrystalování uhličitánových novotvarů na pevnostní vlastnosti betonů.

1. Úvod

Karbonatace zralého betonu je způsobována chemickou reakcí oxidu uhličitého, difundujícího do povrchu betonové konstrukce, s minerály cementového tmele (hydroxid vápenatý Ca(OH)₂). Vzduch obsahuje běžně cca 0,03% CO₂, v okolí průmyslových zdrojů může být tato koncentrace mnohonásobně převyšena. Oxid uhličitý je 1,53x těžší než vzduch, proto se v nehybném prostředí drží při zemi. V přírodě, kde bývá větrný pohyb vzduchu, však jeho hladina vysoce stoupá. To lze sledovat například i na poměrně vysokých mostních i jiných konstrukcích, vyšetřovaných na odebraných vzorcích, jež vykazují jistý průkazný stupeň karbonatace.

Literatura [2] uvádí celkem čtyři etapy karbonatace. V **první etapě** oxid uhličitý prostupuje póry do povrchu betonu a tam reaguje s hydroxidem vápenatým za vzniku uhličitánu vápenatého (CaCO₃) dle rovnice



Vznikající uhličitán vápenatý krystalizuje v pórech a zvětšuje svůj objem. Tento uhličitán vápenatý výrazně snižuje propustnost betonu a zároveň je daleko méně rozpustný, než původní hydroxid vápenatý. Na povrchu betonové konstrukce se vytváří tvrdá vrstva, ta se časem prohlubuje a souběžně se v ní snižuje stupeň pH betonu, který nám před tímto vstupem úspěšně zajišťoval pasivaci ocelové výztuže. Toto snížení pasivace oceli je v podstatě nejhorším dopadem projevu karbonatace v ocelí vyztuženém betonu.

Ve druhé etapě probíhají především přeměny dalších hydratačních produktů cementového tmele, navíc se přítomnou vlhkostí a CO_2 dále přeměňuje vzniklý CaCO_3 na rozpustný $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dle rovnice



Třetí období karbonatace se vyznačuje překrystalováním dříve vzniklých uhličitánových novotvarů, přičemž vznikají velmi rozměrné krystaly kalcitu a aragonitu. Pro čtvrtou etapu je charakteristický téměř stoprocentní stupeň karbonatace. Třetí a čtvrtá etapa karbonatace již výrazně zhoršují pevnostní charakteristiky betonu, pH výrazně klesá, čtvrtá etapa již může být podnětem k samovolné destrukci betonové konstrukce.

Cílem této výzkumné práce je ověření možnosti nalezení korelační závislosti mezi hloubkou karbonatace betonů, podrobených urychlené zkoušce na karbonataci v prostředí 95% CO_2 a mezi hloubkou karbonatace obdobných vzorků betonů, vystavených účinkům vnitřního prostředí i vnější povětrnosti. Práce se navíc pokusí srovnat experimentálně získané údaje o hloubce procesu karbonatace, získané z urychlené zkoušky, s teoretickými výsledky hloubek, získaných řešením empirických vzorců různých autorů. Závěr práce bude patřit zamýšlení nad perspektivou urychlených zkoušek karbonatace v prostředí 95% CO_2 v porovnání s klasickou zkouškou v prostředí 10% CO_2 .

2. Testované vzorky, receptury, postupy a zařízení

Urychlený test karbonatace byl prováděn na betonových zkušebních krychlich sedmi sad, z nichž receptury sady A-E včetně 28 denních pevností v tlaku obsahuje tab.1, receptury sad F-H jsou totožné s A. Obr. 1 dokumentuje kompletní sadu betonových krychlich, určených k testu na karbonataci, na obr. 2 je zachycena kompletní sestava zařízení, nutná k provádění testu – bomba s 95% CO_2 , tlakové vedení, plně utěsněná přetlaková komora o obsahu 500 litrů + vodní uzávěr, udržující konstantní přetlak 30 mm vodního sloupce.

V termínu do 2. 2007 byla provedena zkouška na karbonataci včetně následného stanovení změn fyzikálních charakteristik u těchto vzorků: sada B, vzorek 4, 5, 6, sada C, vzorek 4, 5, 6, sada F, vzorek 2, 4, 5, 6, sada H, vzorek 1 a 6.

Ostatní vzorky vybraných sad pokračují ve zkoušce na účinky karbonatace do 8. 2007 (4x) a 2. 2008 (4x).

3. Popis experimentální práce

Hodnocení dlouhodobých účinků karbonatace na vybrané sady betonových krychlich bylo podmíněno vstupním stanovením celé řady fyzikálně-mechanických charakteristik. Jednalo se o vlhkost (KAKASO, vázkově), součinitel propustnosti k_T metodou dle Torrenta, hmotnost, počáteční hloubku karbonatace. Po absolvování testu dlouhodobého uložení vzorků v 95% CO_2 byly tyto charakteristiky opět stanoveny a vzájemně porovnány, výsledky jsou obsaženy v tab. 2.



Obr. 1 Kompletní sady krychlich ke karbonataci Obr. 2 Přetlaková komora na CO_2

Tab. 1: Složení betonové směsi + pevnost v tlaku

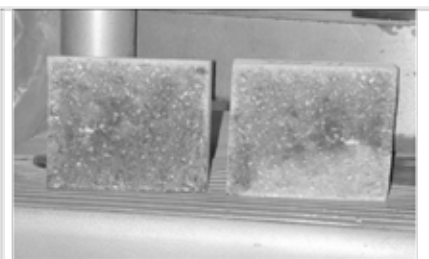
Receptura na 1 m ³	Jednotka	A, F, H	B	C
CEM 142,5 R	[kg]	350	350	350
Písek 0-4 Tovačov	[kg]	1122	1122	1122
Štěrka 4-8 Luštěč	[kg]	748	748	748
Vlákna Crackstop	[kg]	-	0,6	0,9
Plast. SIKAV 3	[l]	3,5	3,5	3,5
Voda	[l]	168	168	168
28 denní pevnost v tlaku	[MPa]	22,8	15,6	16,1

Tab. 2: Změna fyzikálních vlastností beton. krychlich po dlouhodobém uložení v 95% CO_2

krychle	B4	B5	B6	C4	C5	C6	F4	F5	F6
doba uložení v 95% CO_2 [dny]	90	180	365	90	180	365	90	180	365
změna hmotnosti [g]	+90,0	+123,0	+179,0	+91,0	+133,8	+184,0	+73,6	+109,1	+151,0
objemová hmotnost [kg/m ³]	2264	2275	2331	2328	2261	2325	2402	2349	2324
součinitel propustnosti $k_T \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ před testem	1,125	1,244	0,764	1,179	1,525	1,231	0,370	0,557	0,253
součinitel propustnosti $k_T \cdot 10^{-16} \text{ m}^2$ po testu	0,114	0,058	0,053	0,154	0,126	0,032	0,029	0,051	0,042
hloubka karbonatace [mm]	20	25	75	16	27	75	14	30	65
pevnost v příčném tahu [MPa]	3,34	3,08	5,43	2,30	2,60	5,12	1,87	2,32	5,04



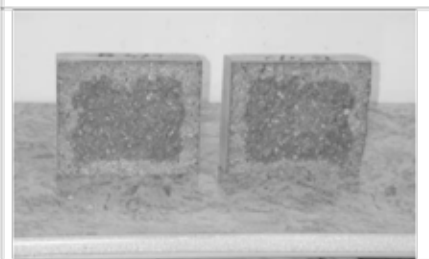
Obr. 3 Postup karbonatace na zlomech referenční krychle H1 před uložením do 95% CO₂



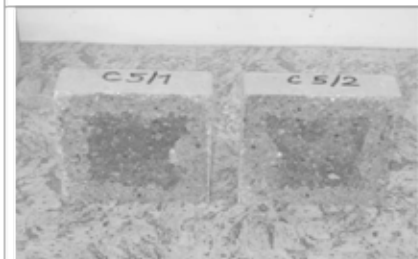
Obr. 7 Postup karbonatace na zlomech referenční krychle F2 před uložením do 95% CO₂



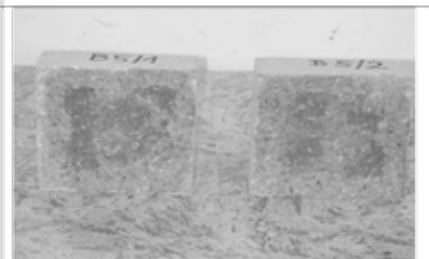
Obr. 4 Postup karbonatace na zlomech krychle C4 po třech měsících uložení v 95% CO₂



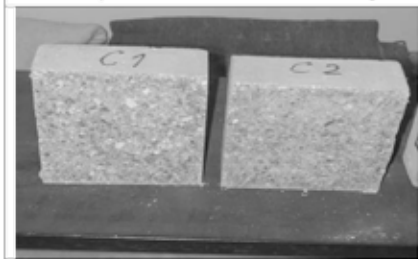
Obr. 8 Postup karbonatace na zlomech krychle B4 po třech měsících uložení v 95% CO₂



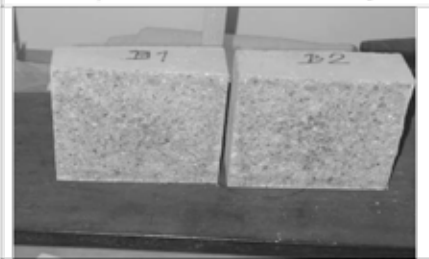
Obr. 5 Postup karbonatace na zlomech krychle C5 po šesti měsících uložení v 95% CO₂



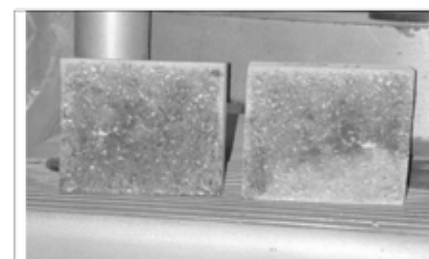
Obr. 9 Postup karbonatace na zlomech krychle B5 po šesti měsících uložení v 95% CO₂



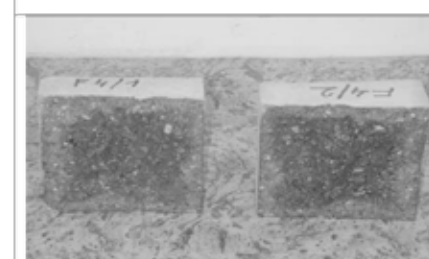
Obr. 6 Postup karbonatace na zlomech krychle C6 po dvanácti měsících uložení v 95% CO₂



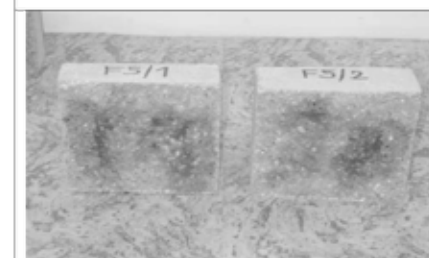
Obr. 10 Postup karbonatace na zlomech krychle B6 po dvanácti měsících uložení v 95% CO₂



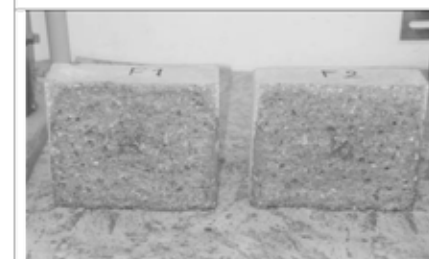
Obr. 11 Postup karbonatace na zlomech referenční krychle F2 před uložením do 95% CO₂



Obr. 12 Postup karbonatace na zlomech krychle F4 po třech měsících uložení v 95% CO₂



Obr. 13 Postup karbonatace na zlomech krychle F5 po šesti měsících uložení v 95% CO₂



Obr. 14 Postup karbonatace na zlomech krychle F6 po dvanácti měsících uložení v 95% CO₂

Z obr. 3 a 7 je patrná počáteční hloubka karbonatace (nezabarvený vnější obvod krychle – k nástřiku použit 1% roztok fenolftaleinu v lihu) u zlomků referenčních krychlí H1 a F2 před vložením do CO₂ komory. Nutno poznamenat, že pro karbonatační test byly použity 2 roky staré betonové krychle, tedy vlastní proces karbonatace již započal před plánovaným testem.

První svislá sada obrázků (obr. 4, 5 a 6) dokumentuje postup karbonatace na zlomech krychlí receptury C (0,9 kg vláken Crackstop na 1 m³ betonu) v časových úsecích 3 měsíce, 6 měsíců a 1 rok. Druhá sada obrázků (obr. 8, 9 a 10) dokresluje postup karbonatace u zlomků krychlí receptury B (0,6 kg vláken Crackstop na 1 m³ betonu) ve stejných časových úsecích jako předcházející sada. Třetí závěrečná sada obrázků (obr. 11, 12, 13 a 14) znázorňuje postup karbonatace na zlomech krychlí receptury F (beton bez vláken) ve stejných časových úsecích jako obě sady předchozí, tentokrát však receptura referenčních krychlí (rec. F) odpovídá receptuře krychlí dále podrobených zkoušce v 95% CO₂.

Graf na obr. 15 vyjadřuje závislost průměrné hloubky karbonatace na době uložení vzorků v prostředí 95% CO₂. Průměrná hloubka je odvozena vždy ze čtyř změřených hloubek karbonatace na každé z dvojic zlomků krychlí tří receptur B, C a F v rámci doposud testovaného intervalu jednoho roku.

Sestava tří grafů na obr. 16 popisuje společný trend všech tří testovaných receptur, a sice postupný nárůst hmotnosti betonových krychlí, uložených v prostředí 95% CO₂.

Tři barevné grafy obr. 17 registrují změnu pevnosti v příčném tahu (σ tlačných válečků je 6 mm) u tří sledovaných receptur B, C a F opět během ročního uložení krychlí

v prostředí 95% CO₂.

Grafy na obr. 18 popisují zajímavý úkaz počátečního poklesu propustnosti povrchové vrstvy betonu během prvního půlroku (metoda Torrent) a následného pozvolného zvyšování propustnosti v druhém půlroce uložení zkušebních krychlí v prostředí 95% CO₂.

4. Zhodnocení a porovnání výsledků

Porovnáním sad obrázků (obr. 3, 4, 5 a 6, obr. 7, 8, 9 a 10 a obr. 11, 12, 13 a 14), zachycujících změnu hloubky karbonatace pomocí fenolftaleinového testu na zlomcích betonových krychlí testovaných receptur, vychází následující závěry:

- všechny tři testované sady (receptury B, C a F) vykazují obdobnou průměrnou hloubku karbonatace, která je stanovována v pravidelných časových intervalech (3, 6, 12 měsíců)
- po cca 1 roce uložení krychlí v 95% CO₂ proces karbonatace postihne celý objem vzorku

Krupičkovitý rozsev fialového zabarvení (obr. 6, 10 a 14) indikuje sekundární hydrataci primárně nezhydratovaných složek cementového tmele. Sekundární hydratace je podmíněna přebytkem volné vody, která se však tvoří průběžně jako vedlejší produkt karbonatačního procesu (viz rov. [1]).

Vzájemné porovnání grafů z obr. 15, 16, 17 a 18 přináší další závěry:

- prvotní intenzita nárůstu hmotnosti zkušebních vzorků s časem mírně klesá. Nárůst hmotnosti je dán vazbou plynné složky CO₂ do pevné fáze CaCO₃ zmenšený o množství vzniklé vody, která se vypaří (viz rov. [1])
- třetinový až poloviční pokles pevnosti v příčném tahu v prvním sledovaném půlroce je vystřídán opětovným nárůstem v následném půlroce. Popsané změny pevnosti v příčném tahu jsou částečně v rozporu s prezentovaným zvýšením pevnosti v tlaku v I. a II. fázi karbonatace (viz. lit. [2])
- pokles propustnosti povrchové vrstvy betonu testovaných krychlí, pozorovaný první půlrok uložení v CO₂, je v následujícím půlroce vystřídán pozvolným nárůstem

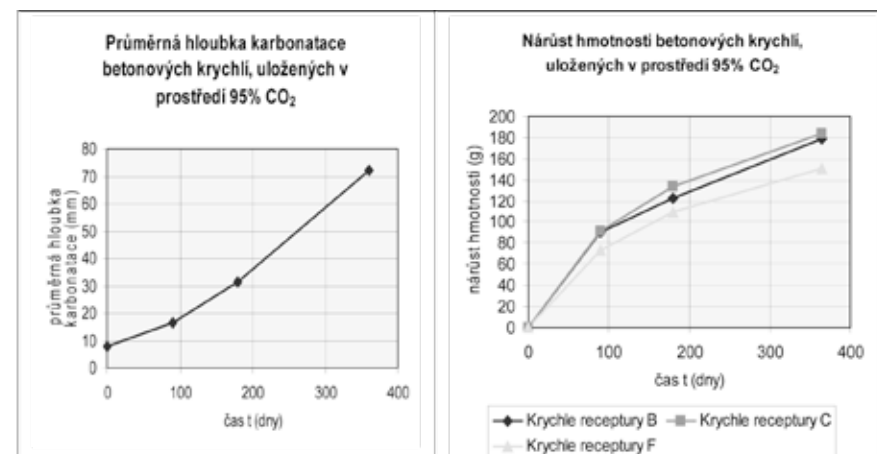
Zkombinujeme-li grafy z obr. 17 a 18, dostaneme tento zajímavý výsledek:

- první půlrok uložení betonových krychlí v 95% CO₂ vede k **poklesu pevnosti v příčném tahu** a současně **poklesu povrchové propustnosti**

Pokles pevnosti v příčném tahu během prvního půlroku uložení krychlí v 95% CO₂ lze vysvětlit na principu chemickém i mechanickém. Ca(OH)₂ a CSH gel se mění během karbonatace v jemně krystalickou fázi. Prostorové uspořádání jemných krystalů pak vykazuje menší tahovou pevnost – krystaly ztrácí výrazný délkový prvek. Mechanický princip vychází z podstaty zkoušky pevnosti v příčném tahu. Pro překonání odporu povrchově ztvrdlého betonu (během I. fáze karbonatace) potřebují protilehlé tlačné válečky značnou sílu, vzniká výrazná bodová napjatost. Je-li tvrdost betonu uvnitř zkušební krychle menší než na povrchu, je výsledná síla nutná k rozštípnutí krychle příčným tahem nižší než při srovnatelných tvrdostech v celém objemu betonové krychle.

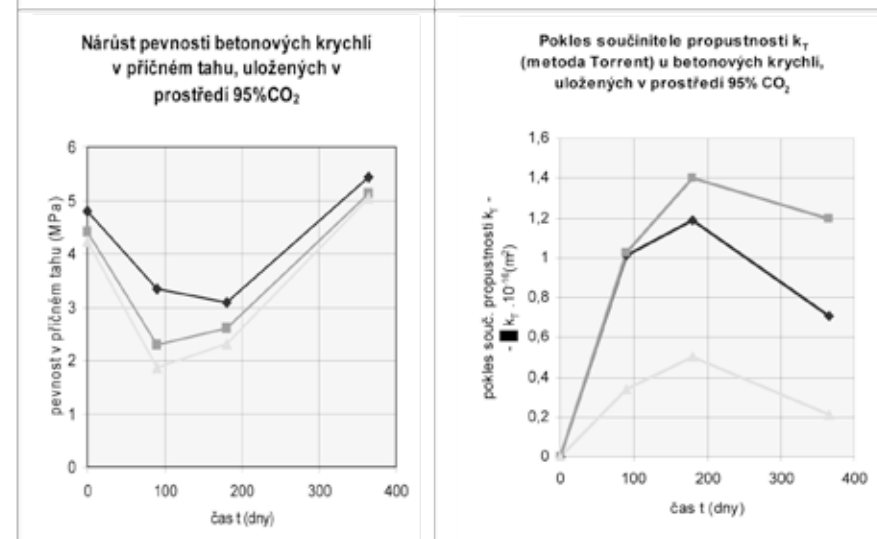
Pokles povrchové propustnosti během prvního půlroku je pravděpodobně způsoben ucpáním porů v povrchové vrstvě betonu vznikajícím CaCO₃.

- druhý půlrok uložení betonových krychlí v 95% CO₂ vede k **nárůstu pevnosti**



Obr. 15 Průměrná hloubka karbonatace betonových krychlí rec. B, C a F v časovém intervalu 0-1 rok

Obr. 16 Nárůst hmotnosti betonových krychlí rec. B, C a F v časovém intervalu 0-1 rok



Obr. 17 Nárůst pevnosti v příčném tahu betonových krychlí rec. B, C a F v časovém intervalu 0-1 rok

Obr. 18 Pokles součinitele propustnosti betonových krychlí rec. B, C a F v časovém intervalu 0-1 rok

v příčném tahu a nárůstu povrchové propustnosti

Nárůst pevnosti v příčném tahu během druhého půlroku uložení krychlí v 95% CO₂ lze opět vysvětlit dvěma principy. Chemický – rozpuštěný Ca(HCO₃)₂ migruje, po jeho krystalizaci dochází ke ztuhnutí struktury betonu. Mechanický – karbonatace proniká hlouběji do testovaných krychlí a tím se vyrovnává tvrdost betonu v celém objemu.

Nárůst povrchové propustnosti během druhého půlroku způsobí částečná přeměna CaCO₃ na rozpustný Ca(HCO₃)₂.

Lze předpokládat, že první půlrok uložení krychlí v 95% CO₂ reprezentuje přibližně teoretickou I. etapu karbonatace a následný půlrok pak přibližně teoretickou II. etapu karbonatace se všemi typickými chemickými a fyzikálními přeměnami cementového tmele spolutvořícího zkušební betonové krychle. Zdá se být předčasné vytvářet konečné závěry na základě výsledků ročního působení 95% CO₂ na vzorky betonu. Dosavadní měření bude proto doplněno koncem roku o výsledky z osmnáctiměsíčního a začátkem roku 2008 o výsledky z dvouletého působení koncentrovaného CO₂ na betonové krychle receptury D, E, G a H. Ve druhém roce působení koncentrovaného CO₂ na vzorky by se měly již razantněji projevit negativní procesy překrystalování uhlíkatých novotvarů (III. a IV. etapa) na pevnostní charakteristiky testovaných betonů. Předpokládá se pokračování zkoušek s koncentrovaným CO₂ a současně porovnání hloubek karbonatace s celou řadou teoretických a převážně empirických metod výpočtu růstu karbonatace s časem.

Pro další výzkumné i praktické užití urychlených zkoušek na účinky karbonatace v 95% CO₂ hovoří i následující velmi letmé srovnání. Užijeme-li pro výpočet rychlosti postupu karbonatace betonu v přirozeném prostředí (0,03% CO₂) vztah dle [1] $x = k \cdot \sqrt{t}$, kde x je hloubka zkarbonatované vrstvy v mm, t je čas ve dnech a k je konstanta v rozsahu 0,2-0,4, a srovnáme-li výsledek s reálně naměřenými hodnotami při urychlené zkoušce, pak dojdeme k následujícímu závěru: 180 dnů urychlené zkoušky = 12 roků přirozeného působení CO₂ v atmosféře, tedy jedná se o 25x zrychlený test na účinky karbonatace vlivem CO₂. Tato úvaha je značně diskutabilní, nicméně následné zkoušky s přesně definovanými vstupními podmínkami (složení a stáří betonu při zahájení zkoušek) by pomohly upřesnit hodnotu hledaného poměru hloubka karbonatace v přirozeném prostředí / hloubka karbonatace při urychlené zkoušce. Pro eventuální provádění urychlených zkoušek karbonatace betonu v prostředí 95% CO₂ hovoří i tento fakt: zajištění 10% CO₂ pro zkoušky je značně nákladné (z Belgie) a spotřeba CO₂ při zaplnění prostoru je značná. Vhodnějším se jeví působení 95 – 98% CO₂ na zkoušený beton.

5. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory GAČR č. 103/05/2863, GAČR č. 103/06/0685 a VVZ MSM 0021630511

6. Použitá literatura

- [1] HENNING, O., LACH, V. Chemie ve stavebnictví. SNTL, Praha, 1983
 [2] MATOUŠEK, M., DROCHYTKA, R. Atmosférická koroze betonů. IKAS a ČKAI, Praha, 1998

NAMÁHÁNÍ HYDROIZOLAČNÍHO SOUVRSTVÍ SMYKOVÝMI SILAMI

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D. (1), Ing. Jiří Kolísko, Ph.D. (2)

(1) České vysoké učení v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
 tel. 224353554, fax: 224353537, e-mail: hraba@klok.cvut.cz
 web: www.cvut.cz

(2) České vysoké učení v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
 tel. / fax: 224353537, e-mail: kolisko@klok.cvut.cz
 web: www.cvut.cz

Anotace:

Článek uvádí výsledky experimentálního stanovení vstupních výpočtových parametrů pro posouzení smykové únosnosti v oblasti styku hydroizolačního souvrství a betonu nosné konstrukce stanice metra Vltavská v Praze. Zájem o tuto problematiku byl vyvolán katastrofální povodní v srpnu 2002, která znamenala přehodnocení návrhových úrovní záplavové vody. Provedené experimenty byly součástí dlouhodobého programu monitorování deformčního chování konstrukcí stanice metra v důsledku působení vnějších vlivů. Cílem prací bylo vytvořit objektivní podklady pro zhodnocení vlivu působení vztlakových sil podzemní vody na konstrukci stanice metra Vltavská pro nově uvažovanou návrhovou úroveň záplav 189,85 m n.m. (Bpv), což je úroveň hladiny záplavové vody z roku 2002 Q2002 + 0,6 m.

1. Popis konstrukce stanice

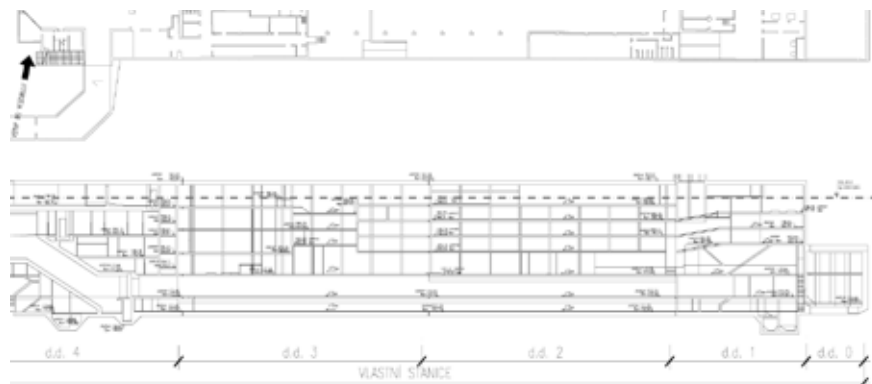
Konstrukci stanice tvoří mohutný železobetonový tubus šíře cca 19,5 m a výšky cca 23 m rozdělený na 5 dilatačních dílů, označených 0 až 4 (obr. 1).

Díl 0 je přechodovou konstrukcí k tunelům směrem k Nádraží Holešovice. Díly 1 až 4 jsou standardní díly konstrukce stanice. Na díl 4 navazují ražené tunely pod Vltavou směrem na Florenc, v horní úrovni pak navazuje vestibul a dále podchod k tramvajovým zastávkám.

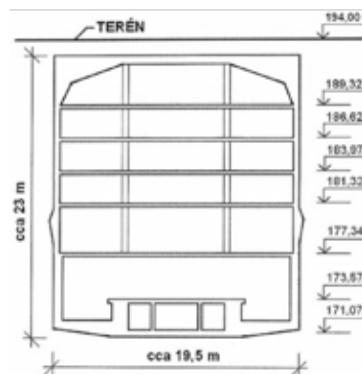
Hlavní nosnou konstrukcí stanice tvoří základová deska tl. 600 mm (pod nástupištěm), deska stropní konstrukce tl. 800 mm s náběhy a krajní podélné stěny tl. 700 mm nebo 500 mm v úrovni kolejiště, v ostatních podlažích 500 mm.

Mezistropy oddělující jednotlivá podlaží nad prostorem stanice jsou železobetonové desky tl. 220 mm zavěšené na táhlech kotvených do horní stropní desky.

Konstrukčně je dilatační díl 1 uzavřený rámový pětipodlažní trojtrakt. Dilatační díly 2 a 3 jsou rámové uzavřené šestipodlažní trojtrakty, přičemž pět vnitřních podlaží je zavěšeno na horní strop s náběhy a základová deska tvoří společně s konstrukcí nástupiště Vierendeelův nosník. Tyto dilatační díly jsou na plášti opatřeny ozubem (obr. 2). Dilatační díl 4 je uzavřený rámový pětipodlažní trojtrakt, tvarově velmi složitý a je v něm umístěn tunel eskalátoru.



Obr. 1: Půdorys a podélný řez stanic s vyznačením dilatačních dílů



Obr. 2: Příčný řez dilatačním dílem 2 (s ozubem)

2. Stavebně technický průzkum

2.1. Hydroizolační souvrství

Pro ověření skutečného provedení skladby hydroizolačního souvrství pláště stanice a následně prováděných zkoušek byla provedena hloubená pažená sonda. Sondou byla odkryta část bočního líce konstrukce stanice. Sonda měla půdorysný rozměr cca 3 x 2,5 m a hloubku cca 4 m pod úroveň terénu. Konstrukce stanice byla nalezena cca 1,5 – 1,6 m pod úrovní terénu.

Vizuální prohlídkou a stavebně technickým průzkumem odhalené části konstrukce stanice bylo zjištěno, že přízdívka z cihel (CDm) je v relativně dobrém stavu. Cihly nevykazovaly žádná vážná poškození či degradaci, nicméně z několika cihel se na lehký poklep drolily povrchové vrstvy (do tl. cca 25 mm). Vlastní hydroizolace tl. 13 – 16 mm je tvořena pěti asfaltovými pásy typu sklobit. Na vrchním líci stropní konstrukce je proveden betonový potěr tloušťky cca 40 mm, pod kterým byly následně zjištěny dvě vrstvy cihel CDm a pod nimi byla nalezena geotextilie s přesahem 360 mm na boční líc a izolace z PVC s přesahem 210 mm na boční líc.

2.2. Přidržnost hydroizolačního souvrství k betonu konstrukce stanice stanovená in-situ

Odhalené hydroizolační souvrství vizuálně nevykazovalo známky poškození a jevílo se v dobrém stavu. Na odhaleném hydroizolačním souvrství byla zvolena místa o rozměrech 100 x 100 mm pro zkoušky přidržnosti hydroizolace k betonu konstrukce stanice.

Při samotných zkouškách v některých místech došlo k roztržení souvrství hydroizolačních pásů, v jiných k odtržení celého souvrství od betonu, atd. V případě, že nedošlo k odtržení hydroizolačního souvrství od podkladu, ale jen k porušení mezi vrstvami hydroizolačního souvrství, byla provedena druhá zkouška, kdy na hydroizolaci, která zůstala na plášti stanice byl opět nalepen terč a proveden další odtrh.

Maximální naměřená přidržnost byla 0,46 MPa. Naměřené hodnoty přidržnosti vykazovaly poměrně velkou variabilitu a pohybovaly se pro první odtrhy v rozmezí od 0,18 do 0,46 MPa.

Obecně větší síly byly naměřeny při prvních odtrženích, což lze vysvětlit tím, že při prvních odtrženích docházelo k porušování hydroizolačního souvrství i mezi jednotlivými asfaltovými pásy, takže druhé odtrhy již byly prováděny na více či méně porušeném souvrství.

Naměřené hodnoty odtrhových sil jsou poměrně vysoké a svědčí o značné přidržnosti hydroizolačního souvrství k podkladu. Skutečnosti zjištěné stavebně technickým průzkumem byly využity při zkouškách hydroizolačního souvrství namáhaného smykovým zatížením.

3. Experimentální část

3.1. Cíle experimentu

Zájem o vytvoření objektivních podkladů pro zhodnocení vlivu působení vztakových sil podzemní vody na konstrukci stanice metra Vltavská pro nově uvažovanou návrhovou úroveň záplav 189,85 m n.m. (Bpv), tj. Q2002 + 0,6 m, byl vyvolán katastrofální povodní v srpnu 2002, která znamenala přehodnocení návrhových úrovní záplavové vody. Provedené experimenty byly součástí dlouhodobého programu monitorování deformačního chování konstrukcí stanice metra v důsledku působení vnějších vlivů.

Cílem zkoušek bylo zjistit jednak charakter porušení souvrství při smykovém namáhání, dále vliv normálového zatížení na únosnost souvrství ve smyku a charakter deformačního chování souvrství při dlouhodobém smykovém namáhání, tj. stabilitu hydroizolačního souvrství při zatížení, případně odvodit rychlost a velikost deformace (posunu) vrstev navzájem.

Za tímto účelem byly v laboratořích Kloknerova ústavu provedeny dlouhodobé smykové zkoušky pro získání objektivních údajů o chování hydroizolačního souvrství na styku s betonem stěny stanice při smykovém namáhání za současného působení normálové síly.

3.2. Zkušební tělesa

Pro účely zkoušek byla vyrobena speciální zkušební tělesa. Při volbě skladby zkušebních těles bylo využito poznatků ze stavebně technického průzkumu pláště stanice (viz kap. 2). S ohledem na zjištěné skutečnosti a potřeby velikosti zkušebních těles bylo rozhodnuto připravit v laboratoři modelová tělesa, která se svou skladbou budou co nejvíce blížit skladbě zjištěné v sondách do pláště stanice.

Zkušební tělesa se skládala z těchto vrstev: ŽB deska o rozměrech 790 x 700 x 55 mm, povrch drsný, hlazený hladítkem; penetrační nátěr Penetral ALP (Paramo); 5x asfaltový pás IPA*; 18 – 20 mm vrstva zdící malty M 10 (Cemix); vyzdívka z cihel CDm na výše uvedené zdící maltu; půdorysný rozměr vyzdžené části 500 x 500 mm, tj. plocha A = 0,25 m².

*Pozn.: Asfaltové pásy typu Sklobit se již nevyrábějí. Vzhledem k podobné materiálové (bitumenové) bázi byly pro výrobu zkušebních těles zvoleny asfaltové pásy IPA.

3.3. Odvození normálového napětí pro účely smykové zkoušky

Na základě výsledků stavebně technického průzkumu, průzkumných vrtů a archivních údajů byl přijat předpoklad, že do hloubky 10 m se nacházejí pokryvné útvary. Geologický profil v nejvyšší části tvoří navážky do mocnosti 2 m. Pod nimi se nacházejí jílovito až hlinitoštěrkovité zeminy a písčité až hlinitopísčité zeminy. V hloubce 10 m a více se nacházejí břidlice a křemence, v horních vrstvách navětrané, níže zdravé.

V případě pokryvných zemín lze pro jejich vlastnosti vyjít z ČSN 73 1001, tab. 12, zemina S3 (objemová tíha $\gamma = 17,5 \text{ kNm}^{-3}$ a Poissonova konstanta $\nu = 0,30$). V případě skalního podloží pro horniny R2 je dle TP 51 objemová tíha zeminy $\gamma = (25,6 + 27,0)/2 = 2,63 \text{ kNm}^{-3}$ a Poissonova konstanta dle ČSN 73 1001 $\nu = 0,12$ (pro porušování křehké až střední v hloubce 10 – 15 m a střední hustotu trhlin, ale i pro větší hloubky a malou hustotu trhlin).

Tlak, tzn. normálové napětí na stěnu stanice, je vyjádřen vztahem: $\sigma_H = \nu (1 - \nu)^{-1} \sum \gamma_i H_i$, kde svislý tlak je dán vztahem $\sigma_V = \sum \gamma_i H_i$.

H_i je tloušťka každé vrstvy nad posuzovaným místem, tzn. že v hloubkách 2, 8, 15 a 23 m bude působit boční tlak (tedy normálové napětí na plášť stanice) dle tabulky 1.

Tabulka 1: Boční tlak (normálové napětí) na plášť stanice

Hloubka (m)	2	8	15	23
Svislý tlak σ_V (kPa)	35,0	140,0	306,5	516,0
Boční tlak σ_H (kPa)	10,50	42,00	36,78	62,02

Na základě údajů uvedených v tabulce 1 byly zvoleny tři zatěžovací úrovně normálového napětí, a to 21 kPa (odvozené napětí v hloubce 4 m pod terénem), 42 kPa (odvozené napětí v hloubce 8 m pod terénem) a 63 kPa (odvozené napětí v hloubce 23 m pod terénem).

3.4. Kontrolní zkoušky přídržnosti hydroizolačního souvrství zkušebních těles

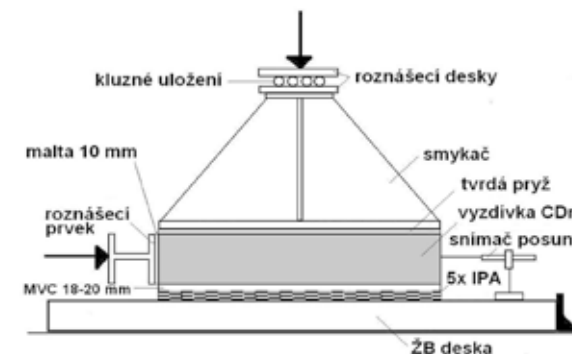
Za účelem porovnání přídržnosti hydroizolačního souvrství zjištěného in-situ (kap. 2.2.) s přídržností hydroizolačního souvrství na vyrobených zkušebních tělesech byly na zkušebních tělesech provedeny 3 kontrolní odtrhy.

Naměřené odtrhové síly při kontrolních zkouškách se pohybovaly v rozmezí 2,3 kN až 3,9 kN, což odpovídá hodnotám přídržnosti v rozmezí 0,23 MPa do 0,39 MPa. Při zkouškách in-situ byly naměřeny odtrhové síly v rozmezí 1,8 kN až 4,6 kN, což odpovídá hodnotám přídržnosti v rozmezí 0,18 MPa až 0,46 MPa.

Přídržnosti hydroizolačního souvrství zjištěné in-situ (plášť stanice) a laboratorně (zkušební těleso) jsou srovnatelné.

3.5. Uspořádání zkoušek a zatěžovací postup

Uspořádání zkoušky bylo takové, aby umožňovalo dvojosé namáhání zkušebního tělesa, tj. aby na zkušební těleso působila zároveň normálová síla (v tomto případě svisle), která simulovala tlak zeminy na přízdívku, a smyková síla (v tomto případě vodorovně), která simulovala možnou vztlakovou sílu, která by při povodni konstrukci stanice vynášela vzhůru. Normálová síla působila na zkušební těleso vždy přes posuvné uložení, aby byl umožněn volný posun v druhém směru. Uspořádání zkoušky (zatěžovací schéma) je uvedeno na obr. 3 a průběh zkoušky na obr. 4. Zkouškám byla podrobena 3 tělesa (označena T1 až T3).



Obr. 3: Schéma uspořádání zkoušek (dvojosé namáhání)

Zatěžovací postup byl volen tak, že na zkušební těleso bylo nejprve vneseno normálové (svislé) rovnoměrné konstantní zatížení. Následně bylo vyvozeno smykové (vodorovné) zatížení na vrstvu cihelné vyzdívky přes ocelový příčník ve tvaru I. Toto zatížení bylo konstantně udržováno po zvolenou dobu (obvykle cca 5,5 hod. = 330 min. a více). Po ukončení tohoto cyklu bylo provedeno zvýšení vodorovného zatížení o další stupeň, tj. o 2 kN. Zvyšování vodorovného zatížení bylo prováděno až do úrovně, kdy došlo k porušení vzorku, tj. proklouznutí souvrství. V průběhu jednoho dne byl proveden obvykle jeden zatěžovací stupeň; v několika případech dva. Při dvou zatěžovacích stupních během dne nebyla mezi zvýšením vodorovného zatížení v daném dni přestávka a zvýšení zatížení probíhalo plynule. Po ukončení zatěžování v daný den byl vzorek odlehčen a ponechán do druhého dne odlehčený a následující den bylo zatížení vnášeno plynule až do požadované nové úrovně zatížení.



Obr. 4: Zkušební těleso při zkoušce

Teoretické odvození normálových napětí působících na plášti konstrukce stanice je uvedeno v kap. 3.3. Na základě tohoto rozboru byla normálová napětí byla volena ve třech úrovních, a to 21 kPa, 42 kPa a 63 kPa. Tato normálová napětí vzhledem k půdorysné ploše zkušební tělesa 0,25 m² (500 x 500 mm) odpovídají normálovým silám 5,25 kN, 10,5 kN a 15,75 kN.

Smyková (vodorovná) síla se zvyšovala po 2 kN, což při výše uvedené ploše zkušební tělesa odpovídá smykovému napětí 8 kPa. Doba zatěžování při jedné velikosti vodorovné síly byla minimálně 5 hod.

Během zkoušky byl měřen kontinuálně posun cihelné vyzdívky po hydroizolačním souvrství vůči podkladu, tj. železobetonové desce. Takto se postupovalo při všech třech úrovních normálových napětí. Velikosti smykových napětí jsou pro jednotlivé úrovně normálových napětí patry z tabulky 2 v kap. 3.6.

Teplota okolního prostředí a zkušebních těles při prováděných zkouškách oscilovala v rozmezí 16 – 18 °C.

3.6. Výsledky zkoušek

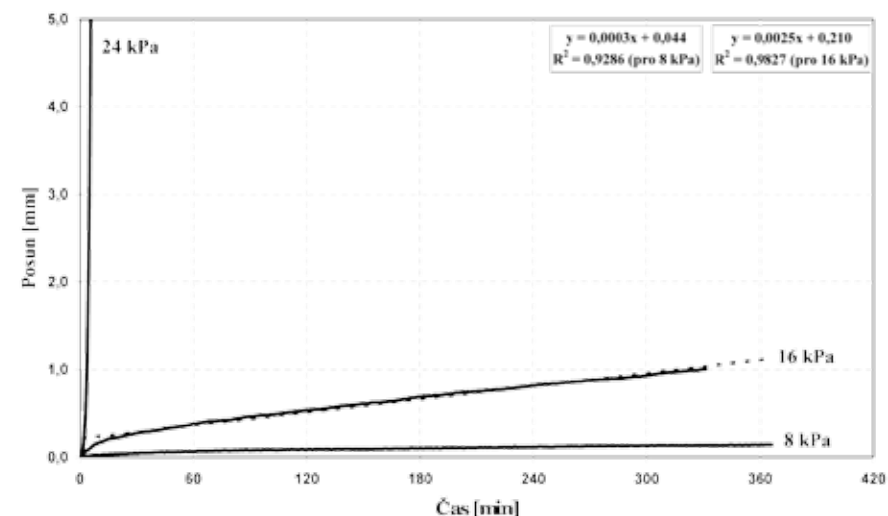
V následující tabulce 2 jsou pro všechna zkušební tělesa uvedeny délky trvání zkoušek pro jednotlivé kombinace normálového a smykového zatížení (čas je zaokrouhlen na celé desítky minut), dále velikosti posunů souvrství (mm) a rovněž i směrnice přímků obdržných lineární regresi naměřených závislostí posunu (mm) na čase (min.) pro zvolené kombinace zatížení.

Tabulka 2: Čas trvání zkoušek, velikost posunu a směrnice přímků závislosti posunu na čase

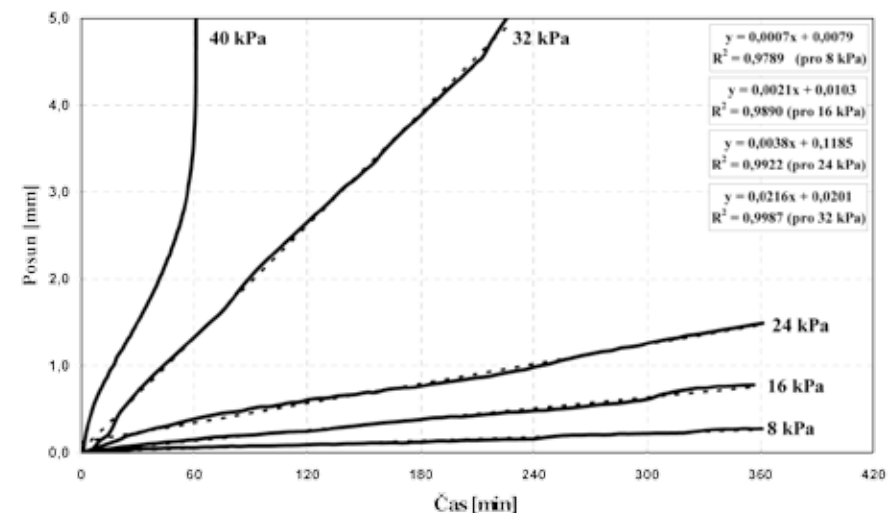
Zkušební těleso - Normálové zatížení (kPa)	Čas trvání zkoušky pro jednotlivou kombinaci zatížení (minuty)						
	Velikost posunu souvrství (mm) od doby vnesení smykové síly						
	Směrnice přímků naměřené závislosti posunu souvrství na čase						
	Smykové zatížení (kPa)						
	8 kPa	16 kPa	24 kPa	32 kPa	40 kPa	48 kPa	56 kPa
T1 - 21 kPa	480 0,13 0,0003	330 0,93 0,0025	5 27,3 ¹⁾				
T2 - 42 kPa	305 0,22 0,0007	360 0,62 0,0210	490 1,27 0,0380	230 5,07 ⁴⁾ 0,0216	65 12,1 ²⁾		
T3 - 63 kPa	390 0,06 0,0002	375 0,14 0,0004	360 0,23 0,0006	230 0,37 ⁴⁾ 0,0015	320 0,82 0,0021	470 1,16 0,0037	160 9,07 ³⁾

Pozn.: porušení po ¹⁾ 5 min., ²⁾ 65 min., ³⁾ 160 min.; ⁴⁾ velikost posunu po 230 min.

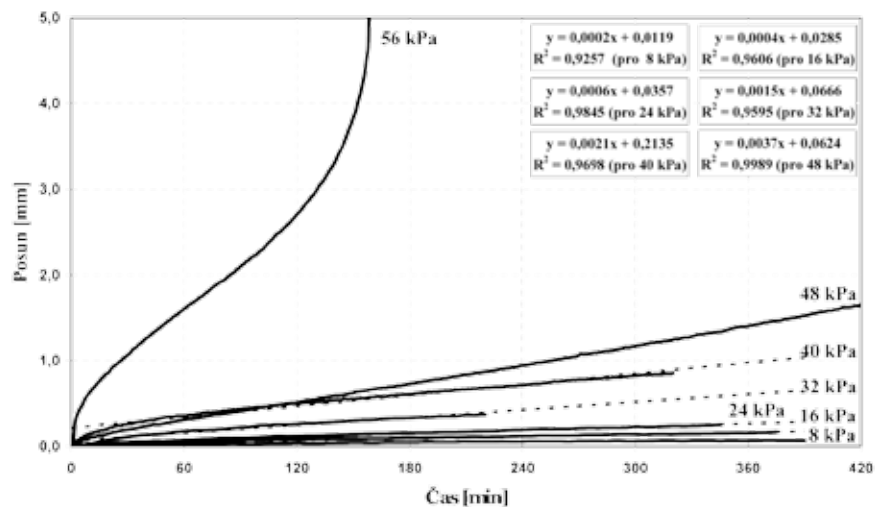
Výsledky vývoje posunů přízdívky při působení různých smykových napětí za konstantního normálového napětí jsou graficky zpracovány na obr. 5 až 7. U obdržných křivek závislosti posunu na čase byla provedena lineární regrese a rovnice přímků jsou uvedeny rovněž na obr. 5 až 7.



Obr. 5: Závislost posunu na čase při konstantním normálovém zatížení 21 kPa a smykových zatíženích 8 kPa, 16 kPa a 24 kPa



Obr. 6: Závislost posunu na čase při konstantním normálovém zatížení 42 kPa a smykových zatíženích 8 kPa, 16 kPa, 24 kPa, 32 kPa a 40 kPa



Obr. 7: Závislost posunu na čase při konstantním normálovém zatížení 63 kPa a smykových zatíženích 8 kPa, 16 kPa, 24 kPa, 32 kPa, 40 kPa, 48 kPa a 56 kPa

4. Závěry

Při všech úrovních normálového zatížení dochází k posunům prakticky od počátku vnášení smykového zatížení. Po relativně krátké době se posun stává konstantním (lineárním).

Na velikost a rychlost posunu má kromě smykového zatížení vliv i zatížení normálové. Větší normálové zatížení zvyšuje odpor izolačního souvrství vůči smykovému namáhání a snižuje rychlost posunu.

K porušení souvrství vlivem smykového namáhání nebo rychlému posunu dochází v okamžiku, kdy velikost smykového namáhání je přibližně rovna velikosti normálového namáhání.

Při normálovém napětí 21 kPa a 42 kPa došlo k porušení na styku betonu a hydroizolačního souvrství; při normálovém napětí 63 kPa došlo k porušení mezi vrstvami hydroizolačního souvrství.

Při různých kombinacích namáhání, kdy souvrství vykazovalo odpor vůči smykovému namáhání, byl zjištěn max. posun po 5 hodinách cca 1,5 mm.

Významný vliv má patrně i časový faktor (doba působení zemních tlaků), který rozhoduje o kvalitě spojů jednotlivých vrstev izolačních pásů a spoje s betonovým podkladem. S ohledem na stáří konstrukce stanice lze předpokládat, že spojení jednotlivých vrstev izolačních pásů jejich soudržnost s podkladem bude vlivem dlouhodobého působení zemních tlaků na velmi dobré úrovni.

V dlouhodobém časovém horizontu nelze s únosností izolačního souvrství při smykovém namáhání počítat. Krátkodobě (např. během kulminační vlny při povodni) může zvyšovat odolnost konstrukce proti vztlakovým silám.

Literatura

- [1] VÍTEK, P.: Posouzení stanice metra Vltavská z hlediska vlivu vztlakových sil. Praha, 2004.
- [2] Část výkresové dokumentace skutečného provedení III.C – 05 – 21 stanice Vltavská (příčné řezy, půdorysy, podélný řez). Metroprojekt, Praha, 1987.
- [3] Část výkresové dokumentace – Protipovodňová ochrana metra – stanice Vltavská (půdorysy, podélný řez). Metroprojekt, Praha, 2003.
- [4] Technická zpráva o provedení geodetických prací – Sledování deformací provozované trasy metra III.C, rok 1996, 2001, 2003. Geoprogress, spol. s.r.o., Praha, 2003.
- [5] Projekt monitorování konstrukcí stanice metra Vltavská a experimentální ověřování vybraných vlastností pláště pro účely zpracování protipovodňových opatření. ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Praha, srpen 2004.
- [6] Metro C – Vltavská. Realizace monitorovacích vrtů. GeoTec, Praha, leden 2005.
- [7] KOLÍSKO, J., HRABÁNEK, M., VACEK, J.: Dlouhodobé monitorování konstrukcí stanice metra Vltavská a experimentální ověřování vybraných vlastností pláště stanice pro účely zpracování protipovodňových opatření. Zpráva ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Praha, prosinec 2005.
- [8] Geofond, Mapa 30-6-0 a posudky 22 530.
- [9] ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy.
- [10] TP 51. Statické tabulky. SNTL Praha, 1987
- [11] BALCÁREK, V., BRADÁČ, J.: Použití asfaltovaných pásů jako kluzné spáry staveb na poddolovaném území. Pozemní stavby 2, 1982, s. 43 – 49.
- [12] HRABÁNEK, M., KOLÍSKO, J., KLEČKA, T.: Waterproofing-to-concrete Connection Shear Strength. 4th Czech / Slovak Symposium Theoretical and Experimental Research in Structural Engineering, Bratislava, Slovakia, červen 2006.

ZKOUŠKY PRO NÁVRH MALT A OMÍTEK KOMPATIBILNÍCH SE STÁVAJÍCÍM HISTORICKÝM MATERIÁLEM

Ing. Jan Válek, Ph.D. (1)

Ing. Zuzana Slížková, Ph.D. (2)

Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v.v.i.

Prosecká 76, 190 00 Praha 9

Tel. 283880458, e-mail: valek@itam.cas.cz

Web: www.itam.cas.cz

Anotace:

Návrh malt pro zdění a omítání, které jsou určeny pro opravu historických konstrukcí, zahrnuje zkoušky a zkušební postupy, které slouží k hodnocení vzájemné kompatibility mezi stávajícím materiálem a opravnou směsí. V článku jsou popsány současné možnosti zkoušení a analýz historických i nově připravených malt. Autoři vycházejí z publikovaných definic kompatibility a zdůrazňují nutnost zohlednit při jejím posuzování i podrobnější technické specifikace, např. umístění posuzovaného materiálu v konstrukci, typ konstrukce, podmínky působení okolního prostředí na materiál, stupeň degradace materiálu a jeho funkceschopnost.

1. Úvod

Při opravě stavebních památkových objektů je v prvé řadě požadována minimalizace všech negativních následků, které by oprava mohla přinést.

V památkové péči je snaha hodnotit nové materiály pomocí hlediska kompatibility, která má vazby na obecné zásady ochrany památek, památkovou hodnotu, autenticitu a je obdobným požadavkem jako reversibilita nebo opakovatelnost opravného zásahu. Termín vymezuje v teoretické rovině, jakým způsobem se má přistupovat k opravě v případě, že je použit nový materiál nebo jsou vlastnosti stávajícího materiálu měněny. Při přenášení požadavků kompatibility do praxe je nutno definovat funkci a technické parametry materiálů (měřitelné materiálové vlastnosti), které vystihují požadované chování.

Uvážíme-li jedinečnost památkových hodnot historických staveb [1], různorodost materiálů a konstrukcí, stupně jejich životnosti, podmínek působení okolních degradačních vlivů a způsobů jejich uchování či prezentace, pak je zřejmé, že splnění požadavku kompatibility může vést k široké škále různých technických řešení. Na druhé straně, uvážíme-li pouze materiálové hledisko, je pro většinu historických konstrukcí v obdobných klimatických podmínkách možné určit odpovídající základní technické parametry, které kompatibility obecně popisují.

Pro návrh maltových směsí pro opravu historických staveb se v současnosti používají následující postupy:

- a/ Návrh na základě složení malty nebo omítky, která má být opravena nebo nahrazena
- b/ Návrh na základě vlastností požadovaných s ohledem na kompatibilitu stávajícího a nového materiálu.

- c/ Návrh na základě návodů či směrnic.
- d/ Návrh na základě doporučení výrobce stavebních hmot (předem připravené maltové směsi na trhu).

Specialisté na ochranu památek se kloní k bodům *a/* a *b/*, případně k jejich kombinaci, v praxi jsou naopak voleny nejčastěji postupy *c/* a *d/*. U postupů *c/* a *d/* existuje nebezpečí, že obecně, „univerzální“ řešení nevyhoví konkrétním podmínkám, u bodu *a/* se může vymstít nedostatečná pozornost k dalším materiálovým charakteristikám.

Návrh na základě vlastností požadovaných s ohledem na kompatibilitu stávajícího a nového materiálu se zdá jako vhodný komplexní přístup pro kvalitní ochranu památek a historických staveb, který je nutno dále rozvíjet a propracovávat. Cílem by mělo být širší využití tohoto postupu v praxi.

2. Kompatibilita nových opravných maltových směsí s původními materiály

Budeme-li se dále věnovat kompatibilitě pouze po technické a materiálové stránce, lze obecně převzít definici kompatibility od Van Heese [2], která říká, že: „Nová malta by měla být maximálně trvanlivá jak je jen možné bez zapříčinění poškození původního materiálu“. Právě zajištění nepoškození původního materiálu lze použít jako hodnotící kritérium pro všechny nové maltové směsi.

Zajištění nepoškození původního materiálu vychází ze znalostí typických problémů a poškození ve spojení s materiálovými vlastnostmi. Z této filozofie také vychází funkční a technické požadavky na prokázání materiálových vlastností, které by měly zaručovat kompatibilitu. V literatuře [3] jsou uvedeny různé variace požadavků a jejich vyjádření materiálovými vlastnostmi. V publikaci od Peroni a kol. [4] autoři vyjmenovali základní zkoušky materiálových vlastností opravných maltových směsí, které je nutno uskutečnit před jejich aplikací. Dalším přístupem, zaměřeným na konzervaci kamene, je vyjádření kompatibility na základě porovnání hodnot materiálových vlastností nově navrhovaného a původního materiálu [5]. Pro objektivnější hodnocení je navrhováno i o přisouzení různých vah jednotlivým materiálovým vlastnostem [6]. Přesné vyjádření, zda budou materiály kompatibilní či nikoliv, může být zavádějící, a proto v se publikaci [7] autoři přiklánějí k vyjádření stupňů rizika nekompatibility opravy, a to opět na základě srovnání materiálových vlastností obou materiálů (původního i nového). Jde o součást tzv. Decision Supporting System, tedy systému, který pomáhá vést ke konečnému rozhodnutí na základě zkoušek a znalostí.

Nevýhodou výše jmenovaných návrhů na posuzování kompatibility je, že nezahrnují podmínky působení okolního prostředí a další upřesňující varianty. Násťin předpokladů pro splnění požadavku kompatibility nové maltové směsi s okolním historickým materiálem v prostředích různých degradačních vlivů je uveden v příloze 1. Tyto předpoklady je třeba dále ověřit cíleným výzkumem.

3. Charakteristika historických materiálů s ohledem na opravu

Pro ideální posouzení vhodnosti nového materiálu při opravě historické konstrukce je zapotřebí znát jeho materiálové, technologické a historicko-kulturní charakteristiky. Takovéto charakteristiky nejsou obecně dostupné a musí být individuálně zjišťovány. Uvážíme-li opět pouze technická hlediska je prozatím nejjednodušší a nejspolehlivější odebrání vzorků stávajících materiálů k laboratorním zkouškám. Vzorky historického materiálu jsou cenné a jejich velikost je většinou značně limitována. Před odebráním vzorků je nutno mít rozmyšleno, proč a za jakým účelem jsou vzorky odebrány. Důkladné rozmyšlení vlastností, které je nutno zjistit s ohledem na kompatibilitu nového návrhu je ve shodě s ohledem na minimalizaci poškození odběrem vzorků.

Zkoušky a analýzy, které jsou nejčastěji využívány pro popis historických malt a omítek jsou uvedeny v příloze 2.

Zkoušky dle přílohy 2:

A. Složení, struktura a materiálové vlastnosti

Pro zjištění složení pojiva, plniva, přísad a příměsí jsou používány petrografické analýzy výbrusů, silikátová analýza na mokré cestě a řada instrumentálních analytických metod (např. SEM-EDX, XRD, DSC/DTA/TG, XRF, FTIR, GC-MS, IC, AAS). Pomocí jednotlivých analýz získáváme dílčí informace o složkách malty a podle dostupného přístrojového vybavení a podle účelu analýzy jednotlivé metody a výsledky kombinujeme. Aplikace pouze jedné analytické metody pro rozbor malty většinou nestačí. Například silikátovou analýzu je vhodné doplnit petrografickým rozbohem, který určí kvalitu plniva apod. Některé další využitelné analytické metody jsou teprve ve fázi výzkumu a jejich využití se teprve rozvíjí (např. identifikace organických přísad pomocí MALDI-TOF MS, Py-GC-MS).

Struktura malty je nejčastěji studována a popisována petrografickou analýzou výbrusů. Nevýhodou je dvou-dimenzionální pohled na objekt. Pro kvantifikované vyjádření porosity a velikosti pórů může sloužit jako doplněk obrazová analýza. Z hlediska kompatibility je popis porézní struktury podstatný pro posouzení transportních jevů, které mohou způsobit poškození. Rtuťová porosimetrie i plynové adsorpční metody jsou zjednodušené modely porézní struktury, které mohou sloužit jako orientační parametry.

Materiálové vlastnosti historických materiálů jsou určovány běžnými zkouškami prováděnými na nestandardních vzorcích. Zde je vždy otázka reprezentativnosti vzorku a možnosti statistického opakování zkoušek a vyhodnocení. Určování mechanických vlastností vyžaduje modifikaci standardních postupů [8-14]. Pro určení tvrdosti povrchu a orientační pevnosti lze využít metody realizovatelné in-situ (odporové vrtání, Schmidtovo kladívko).

B. Funkčnost a stav

Pro popis projevů degradace a poškození jako je rozpouštění pojiva či narušení struktury vzorku prasklinami lze využít petrografickou analýzu. Identifikace vodorozpustných solí může být provedena pomocí semi-kvantitativních kolorimetrických metod či analytickými instrumentálními metodami.

Odolnost materiálu vůči vlivům okolního prostředí lze provést vystavením vzorků zkoumaným degradačním vlivům (vlhkost, mráz, sole) a sledováním změn jejich vlastností. Pokud je materiál složen z více vrstev nebo opatřen monochromními nebo barevnými nátěry, využívá se pro stratigrafii mikroskopické studium nábrusů příčného řezu vzorkem případně v kombinaci s dalšími instrumentálními metodami pro identifikaci pigmentů a pojiva barevné vrstvy.

C. Technologie

Možnosti charakterizovat technologii přípravy malty, zdroje a úpravu surovin, postup míchání, způsob nanášení a ošetřování malty jsou založené zejména na analýze struktury malty a charakteru různých inkluzí v maltě. Vápenné nedopalky a nerozsmíchané shluky vápna umožňují podrobnější určení kvality vápna a případných zdrojů vápence pro jeho výrobu. Třídění tvaru a druhu kameniva indikuje zdroje a péči, která byla věnována zpracování malty. Pucolánové příměsi poukazují na vyspělost technologie. Základem pro tyto nálezy je makro a mikroskopické popsání vzorku. Další doplňkové metody jako např. rozpuštění karbonátového pojiva zředěnou kyselinou lze využít k separaci plniva.

Historii vzorku, respektive jeho dataci, lze teoreticky určit pomocí radiokarbonové datace uhlíku ^{14}C . Pro dataci lze v zásadě využít uhlík, který vznikl při karbonataci pojiva nebo např. dřevu či jiné organické látky obsahující uhlík získaný během jejich růstu. Metoda je předmětem výzkumu a v praxi není standardně používána.

Detailní zkoušení historických materiálů není vždy možné. Pro zlepšení popisu historických materiálů a možná i částečnou náhradu nutnosti individuálního zjišťování pro konkrétní objekty by byla vhodná obecná databáze historických materiálů. Taková databáze ovšem v současnosti neexistuje. Dříve zjištěné informace o historických materiálech je nutno strukturovaně shromážďovat do databáze. Příkladem může být návrh komplexní identifičnické databáze obsahující data (fyzikální, chemické, technologické, biologické, historické, geografické, estetické, časově závislé fenomény, interakci s vnějším prostředím, ekonomické, sociální) charakterizující materiály historických staveb [15].

4. Zkoušky pro posouzení kompatibility opravné maltové směsi s původním, historickým materiálem

V příloze 1 jsou navrženy požadavky na kompatibilitu mezi historickým materiálem a opravnou maltovou směsí. Návrh požadavků z přílohy 1 není kompletní či konečný, ale klade si za cíl vyjádřit požadavky na kompatibilitu z hlediska potenciálního poškození. V tomto případě je uvažováno pouze o požadavcích týkajících se případného nepoškození původního materiálu. Tedy nároky na kvalitu zpracování, provedení a trvanlivost zde nejsou uvedeny.

Vyjmenované požadavky (v příloze 1) vychází z teoretických znalostí příčin a následků poškození. Jejich cílem je minimalizovat možné negativní degradační vlivy způsobené spolupůsobením nového a původního materiálu. Je nutno říci, že některé degradační jevy a jejich mechanismy nejsou doposud zcela jednoznačně popsány a probádány. Schopnost a přesnost popsání daného problému vhodnou materiálovou charakteristikou či zkouškou není mnohdy dostačující. Ne všechny požadavky lze jednoznačně vyjádřit normativními či dokonce existujícími zkouškami. Na druhou stranu, při určitém zjednodušení problému, se

lze danému požadavku přiblížit. Pro praktické využití platí, že čím jednodušeji proveditelná a cenově dostupná bude zkouška, tím větší bude pravděpodobnost její realizace a zkvalitnění oprav historických materiálů.

Zkoušky nových opravných maltových směsí pro zajištění požadavků na kompatibilitu dle přílohy 1:

- Zkoušky popisující transport vlhkosti, permeabilitu plynů, kapalin a difuzi vodních par (požadavky A, D, E, I, J, K, L, M)

K běžně dispozici jsou zejména následující zkoušky: objemová hmotnost a otevřená porositá (ČSN EN 1015-10), měrná hmotnost, koeficient kapilární absorpce (ČSN EN 1015-18), koeficient vysychání, absorpce vody (ČSN 722448) a stanovení propustnosti vodních par (ČSN EN 1015-19). Jako doplňkové mohou být realizovány instrumentální zkoušky jako je rtuťová porosimetrie (distribuce velikosti pórů), plynové adsorpce BET (specifická plocha povrchu), permeabilita (průchod dusíku materiálem pod tlakem). Exaktnější popis porézní struktury materiálů není zatím mimo výzkumnou oblast realizovatelný. Popis transportních jevů a jejich vztah k degradačním mechanismům není zcela prozkoumán a popsán. Obecně platí, že kapilární póry vodu zadržují, naopak větší póry urychlují vysychání. Rychlost vysychání ovlivňuje místo a průběh krystalizace vodorozpuštěných solí. Struktury s většími póry mají schopnost akumulovat krystaly solí či zmrzlé vody bez porušení.

- Zkoušky popisující stálost pojiva ve vlhkém prostředí (požadavek B)
Jedná se zejména základní rozlišení mezi hydraulickým a vzdušným pojivem. U přirozeně hydraulických vápenných pojiv či uměle míchaných směsí pojiv lze na základě složení určit stupeň či modul hydraulicity.
- Zkoušky na určení lineárních koeficientů teplotní a vlhkostní roztažnosti (požadavek C)
Zkoušky nejsou normalizované. Zkouška se provádí na zkušebních vzorcích, které jsou kondicionovány při různých teplotách či vlhkostech. Měří se změny délek (jednoosé). Na přesnosti měření závisí hodnota koeficientu. Většina malt má α v rozmezí od $0,00008$ do $0,00015 \text{ K}^{-1}$.
- Mechanické zkoušky (požadavky G, H, N, O, P, R)
Mechanické zkoušky lze provádět v případě dostatečné velikosti vzorku dle normativních předpisů, např. zkouška pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a tlaku (ČSN EN 1015-11). Odtrhovou zkoušku od podkladu lze provádět dle ČSN EN 1015-12. Modul pružnosti E lze zjistit dle zkoušek pro beton či kámen (ČSN ISO 6784). Případně lze určit dynamický modul pružnosti dle rychlosti průchodu ultrazvukových vln vzorkem. Při zjišťování pevnosti materiálu je vhodné měřit jeho deformace ve směru zatěžování a zatěžovat za mez únosnosti pro vyjádření pracovního diagramu a způsobu porušení.

Podstatnou částí zkoušek je příprava vzorků, způsob a doba zrání. Normy nepostihují všechny materiály a způsoby přípravy a zde je nutno uvážit reprezentativní způsob přípravy a zkoušky. Například malta připravená z vápenné kaše (vzdušného vápna) má jinou zpracovatelnost a způsob přípravy, dobu zrání a ošetření než malta vápenocementová, která je uvažována v normách. Při přípravě vzorků je také nutno uvážit spolupůsobení okolních

materiálů. Savý, porézní pískovec má jiný vliv na tvorbu porézní struktury malty na rozhraní než málo porézní žula.

Nově navrhované opravné směsi musí splňovat základní požadavky s ohledem na jejich funkci a trvanlivost. Musí být zaručena kvalita surovin, určena zpracovatelnost (střásací stolek, konzistence, doba zpracovatelnosti, objem vzduchu), objemová hmotnost, pevnosti. Speciálně je důležité kontrolovat množství vodorozpustných solí (chloridy, sírany a dusičnany). Tyto zkoušky jsou povětšinou standardní. Trvanlivostní zkoušky by měly zhodnotit efektivnost zásahu opravy.

5. Závěreční poznámka

Příspěvek vychází z řešení výzkumných projektů zabývajících se popisem historických malt a omítek a návrhem maltových směsí pro restaurování památek. Potřeba zkvalitnit návrh opravných maltových směsí pro opravu historických objektů vede ke zkoumání požadavků na tyto materiály. Navržené požadavky jsou závislé na poznání degradačních mechanismů porézních stavebních materiálů a proto se mohou dále vyvíjet a zpřesňovat.

6. Poděkování

Práce vznikla za podpory projektů GAČR 103/06/1609 Optimalizace vlastností maltových směsí používaných pro restaurování památek a GAČR 103/07/1467 Srovnávací studie vlastností historických malt a omítek.

7. Reference

- [1] Drdácký, M., Slížková, Z.: Interventions to sustain and protect the originality of historical structures, in Proceedings of the International Seminar “Theory and Practice in Conservation – a tribute to Cesare Brandi” (eds. J.Delgado Rodrigues & J.M.Mimoso), pp.243-252, Lisbon, May 4-5, 2006, ISBN 972-49-2073-9, LNEC RNI 65, Lisbon, 2006.
- [2] Van Hees, R.P.J.: Damage diagnosis and compatible repair mortars. Sborník RILEM International Workshop, Historic Mortars: Characteristics and tests, Paisley 1999, edited by P. J. M. Bartos, C. J. W. P Groot a J. J. Hughes, RILEM 2000, s. 27-36.
- [3] Hughes, J.J., Válek, J.: Mortars in Historic Buildings. A Review of the Conservation, Technical and Scientific Literature. Historic Scotland, Edinburgh 2003.
- [4] Peroni, S., Tersigni, C., Torraca, G., Cerea, s., Forti, M., Guidobaldi, F., Rossi-Doria, P., De Rege, A., Picchi, D., Pietrafitta, F.J., Benedetti, G.: Lime based mortars for the repair of ancient masonry and possible substitutes. Sborník Mortars, Cements and Grouts used in the Conservation of Historic Buildings, ICCROM, 1981, s. 63-100.
- [5] Sasse H. R., Snethlage R.: Methods for the Evolution of stone conservation treatments, Report z Dahlem workshopu on Saving our architectural heritage: the conservation of historic stone structures. Edited by N.S. Baer a R. Snethlage, John Willey & Sons Ltd. 1997, s. 223-
- [6] 243Knöfel D., Schubert P.: Handbuch Mörtel und Steinerzatzstoffe in der Denkmalfpflege, Berlin, Ernst & Sohn 1993.
- [7] Rodrigues J.D., Grossi, A., ‘Assessing compatibility in conservation of masonry structures. Sborník konference 7th European Conference SAUVEUR, Prague, ITAM 2007, s. 171-180.

- [8] Válek, J., Veiga, R.: Characterisation of Mechanical Properties of Historic Mortars – testing of irregular samples. Sborník konference Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture IX (STREMAH), Malta 2005, Brebbia, C.A. a Torpiano A. (eds.), WIT press, 2005, s. 365-374..
- [9] Slížková, Z.: Metody konzervace porézních stavebních historických materiálů, Doktorská disertační práce, ČVUT Praha, 165 str., 2007.
- [10] Drdácký, M.: Vybrané metody diagnostiky, monitorování a analýzy poruch historických konstrukcí a materiálů, Vědecké spisy VUT v Brně, Edice Habilitační a inaugurační spisy, sv.141, 31 p., ISBN 80-214-2723-X, VUTUM Brno, 2004.
- [11] Drdácký, M., Slížková, Z.: Mechanical characteristics of historic mortars from tests on small sample non-standard specimens, In Book of Abstracts “3rd Baltic Conference of Silicate Materials” (G.Mežinskis, I.Sidra, eds.), ISBN 978-9984-32-061-8, Riga TU, pp.9-11, 2007.
- [12] Drdácký, M., Jiroušek, O., Slížková, Z., Valach, J. and Vavřík, D.: Hybrid testing of historic materials, in Experimental Analysis of Nano and Engineering Materials and Structures, Proc. of the 13th Int. Conf. on Experimental Mechanics (E.Gdouts,ed.), Alexandroupolis, Greece, 2007, pp. 275-276.
- [13] Drdácký, M.F., Slížková, Z.: Characteristics of original and repair mortars for historic masonry, Proceedings of the 14th Int. Brick and Block Masonry Conference, Sydney, 17-20 February 2008, 10 p., (to be published).
- [14] Valach, J., Bryscejn, J., Drdácký, M., Slížková, Z., Vavřík, D.: Public perception and optical characterization of degraded historic stone and mortar surfaces, In Proceedings “Heritage, Weathering and Conservation”, Fort,Alvarez de Buergo, Gomez-Heras & Vazquez-Calvo (eds.), Taylor & Francis Group, London, ISBN 0-415-41272-2, 827-832, 2006.
- [15] Drdácký, M., Slížková, Z., Vavřík, D.: Identification of historic materials using tests on small samples. Sborník 2nd International Conference on Hazards and Modern Heritage, Kos (Greece), 2005.

PŘÍLOHA 1: Předpoklady splnění kompatibility mezi novým a historickým materiálem s ohledem na degradační působení okolního prostředí

Degradační vlivy / potenciální příčiny poškození	Náhrada původního materiálu				Přestavba/dostavba zdiva	Kompenzace poškození kamene	
	Vnitřní omítka	fmí omítka	Vnější omítka				
	Spárovací malta	Jádrová omítka	Povrchová vrstva, štuk	Jádrová omítka	Povrchová vrstva, štuk	Zdivo malty	Temely (malty) na kámen
Zvýšená vlhkost okolního prostředí	A/ V okolí spáry odpařování vlhkosti skrze maltu (transport vlhkosti, difúze vodních par)	I/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.)		I/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.)	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru J/ Nízká absorpce vody	B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí C/ Nízká vlhkostní roztažnost	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru J/ Nízká absorpce vody
Kapilární vztlínání, transport vlhkosti	A/ V okolí spáry odpařování vlhkosti skrze maltu (transport vlhkosti, difúze vodních par) B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí C/ Obdobná vlhkostní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)	B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí I/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.)	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru	B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí I/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru	B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí C/ Obdobná vlhkostní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)	B/ Stálost pojiva ve vlhkém prostředí M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru J/ Nízká absorpce vody
Vyskyt vodorozpustných solí (= vlhkost)	A/ V okolí spáry odpařování vlhkosti skrze maltu (transport vlhkosti, difúze vodních par) D/ Krystalizace solí při povrchu	L/ Neakumulovat sole – transport směrem k povrchu	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru	L/ Neakumulovat sole – transport směrem k povrchu	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru		L/ Neakumulovat sole – transport směrem k povrchu M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru
Vyskyt teplot pod bodem mrazu (= vlhkost)	A/ V okolí spáry odpařování vlhkosti skrze maltu (transport vlhkosti, difúze vodních par) E/ Nezadržovat vodu (kapilární póry)			E/ Nezadržovat vodu (kapilární póry) K/ Vhodná porézní struktura malty	M/ Paropropustnost omítky > podkladu (min.) nebo netvoří difúzní bariéru J/ Nízká absorpce vody	K/ Vhodná porézní struktura malty	E/ Nezadržovat vodu (kapilární póry) K/ Vhodná porézní struktura malty
Nerovnoměrný ohřev	F/ Obdobná teplotní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)			F/ Obdobná teplotní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)	F/ Obdobná teplotní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)	F/ Obdobná teplotní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)	F/ Obdobná teplotní roztažnost s okolním materiálem (0,9ε< ε _o < 1,1ε)
Zařízení, působení síl, reverzibilita/ odstraňování	G/ Elasticity modul E spárovací malty = E zdiva (přip. dynamický modul) H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	N/ Deformace materiálu v plastickém stavu umožňující rozložení napětí O/ Pevnost malty < zdiva H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek	P/ E modul malty = E kamene (přip. dynamický modul) R/ Pevnost malty = pevnost kamene H/ Při odtrhu (tah, smyk) musí být potřebná síla < než pevnost okolních jednotek

Příloha 2: Zkoušky pro popsání historických malt a omítek

A SLOŽENÍ A VLASTNOSTI

A1 *Pojivo, plnivo, přísady, příměsi*

- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů - kvalitativní popis pojiva, tvaru, velikosti a druhu zrn (včetně barevnosti),
- Chemická silikátová analýza morkou cestou - prvkové složení, zhodnocení modulu hydraulicity, proporční vyjádření pojiva a plniva,
- SEM-EDX - prvkové složení pojiva, plniva, příměsí a přísad
- XRD (rentgenová difrakce) kvalitativní (semi-kvantitativní) určení krystalických fází
- TA – termická analýza – kvalitativní určení pojiva
- Granulometrická analýza – tvar, velikost a druh zrn (včetně barevnosti)
- Spektroskopické metody – určování přísad organického původu

A2 *Struktura*

- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů – určování velikostí a tvaru pórů, velikostí a tvaru zrn, kompaktnosti materiálu a popis rozhraní mezi zrn a matricí
- Velikostní distribuce pórů – rtuťová porosimetrie
- Specifická plocha povrchu – plynové adsorpční metody (BET)

A3 *Materiálové vlastnosti (nestandardní vzorky)*

- Celková otevřená porositata
- Objemová hmotnost
- Měrná hmotnost
- Absorpce vody, absorpční koeficient
- Kapilární absorpce vody
- Difúze vodních par, paropropustnost, permeabilita
- Pevnost v tlaku, tahu za ohybu, tahu, smyku
- Tvrdost povrchu, odolnost proti otěru
- Statický a dynamický modul pružnosti
- Koeficient teplotní roztažnosti
- Koeficient vlhkostní roztažnosti
- Odolnost proti cyklickému namáhání solemi, mrazem, vodou

B FUNKČNOST A STAV

B1 *Degradace / poškození*

- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů – rozpouštění a rekrystalizace vápna, narušení struktury (praskliny), povrchové změny složení a struktury
- Kvalitativní a kvantitativní identifikace obsahu vodorozpustných solí
- Identifikace bio-organismů

B2 *Identifikace vlivu okolního prostředí*

- Monitoring parametrů okolního prostředí a materiálu

B3 *Vrstvy, nátěry, struktura*

- Visuální ohodnocení
- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů, nábrusů

C TECHNOLOGIE

C1 Zdroj a úprava surovin

- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů, nábrusů, SEM-EDS analýza

- Granulometrická analýza plniva

C2 Příprava malty a omítky

- Makro a mikroskopická analýza, petrografická analýza výbrusů, nábrusů
- Zjednodušená silikátová analýza morkou cestou - proporční vyjádření pojiva a plniva

C3 Historie vzorku

- Radiokarbonová datace ¹⁴C, AMS z pojiva, příměsí

MIKROSTRUKTURA KERAMICKÉHO STŘEPU Z POHLEDU VYSOKOTLAKÉ RTUŤOVÉ POROZIMETRIE

Ing. Radomír Sokolář, Ph.D.

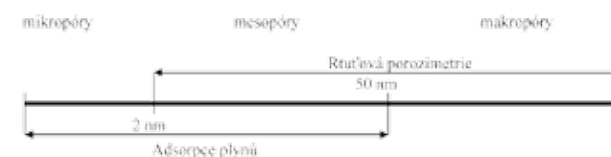
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 95, 602 00 Brno
Tel.: 54114 7501, tel./fax: 54114 7502, e-mail: sokolar.r@fce.vutbr.cz
Web: www.fce.vutbr.cz/thd.

Anotace:

Pórovitost je jednou ze základních charakteristik keramického střepu, která zásadně ovlivňuje výsledné užité vlastnosti keramických výrobků (pevnost, tepelná vodivost, mrazuvzdornost). Například mrazuvzdornost pórovitých keramických střepů (především cihlářských) je značně ovlivněna rozdělením (distribucí) pórů podle velikosti, kterou lze s dostatečnou přesností popsat na základě metody vysokotlaké rtuťové porozimetrie. Článek se věnuje popisu metody rtuťové porozimetrie a možnostem její aplikace pro posuzování vlastností keramického střepu především z hlediska mrazuvzdornosti – uvedeny jsou doposud známé modely nepřímě determinující mrazuvzdornost střepu na základě znalosti rozdělení velikosti pórů.

Úvod

Rtuťová porozimetrie, umožňující měřit objem a velikost makro a mesopórů v pevných látkách, je metodou vyvinutou v roce 1945 Ritterem a Drakem.



Obr. 1 – Velikosti pórů a jejich možnost identifikace

Metoda rtuťové porozimetrie spočívá ve vlastnosti kapalné rtuti nesmáčet povrchy většiny pevných látek. Díky tomu vniká rtuť do otevřených pórů pevné látky výhradně účinkem stoupajícího tlaku. Podle vztahu navrženého Washburnem (1) je poloměr póru nepřímě úměrný použitému tlaku rtuti za předpokladu, že povrchové napětí rtuti a její kontaktní úhel vůči povrchu pevné látky jsou v průběhu analýzy konstantní, systém je v rovnováze, póry jsou válcovitého tvaru a pevná látka se účinkem tlaku nedeformuje. Měřením objemu rtuti, vniklé do pórů za rovnovážného tlaku, při kterém k tomuto vtažení došlo, se získávají experimentální údaje, z nichž lze vypočítat rozdělení pórů podle objemu jako funkci poloměru póru. Vztah mezi velikostí póru a použitým tlakem se vyjadřuje za předpokladu, že póry jsou válcovitého tvaru, takto:

$$p.r = -2.\gamma.\cos\Theta \quad (1)$$

kde: r je poloměr póru [m], γ je povrchové napětí rtuti [N.m^{-1}], Θ je kontaktní úhel [°], p je použitý absolutní tlak [Pa].

I když téměř u všech porézniích látek se nevyskytují póry přesně válcovitého tvaru, používá se rovnice (1) všeobecně k výpočtu rozdělení porů podle velikosti z údajů, změřených metodou rtuťové porozimetrie. Washburnova rovnice se odvozuje z této úvahy: v kruhové kapiláře působí povrchové napětí na hraně o délce odpovídající obvodu póru. Tato síla $2\pi r\gamma$ působí kolmo k rovině stykové plochy. Síla, vytlačující kapalinu z kapiláry je proto rovna:

$$F = 2\pi r \gamma \cos \Theta$$

Proti této síle na stykové ploše působící použitý vnější tlak je potom:

$$F = \pi r^2 \cdot p$$

V rovnovážném stavu mají tyto dvě síly stejnou hodnotu, tzn. jejich rovností a úpravou získáme Washburnovu rovnici (1), do ní lze dosadit známé konstanty - povrchové napětí rtuti 480 N.m-1, kontaktní úhel rtuti 141,3° a za předpokladu, že všechny póry mají válcovitý tvar, je možné získat vztah (2), který hovoří o tom, že poloměr póru r je nepřímo úměrný použitému tlaku p :

$$r = \frac{0,75}{p} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

kde: r je poloměr póru [m], p je použitý absolutní tlak [Pa].

Hodnota kontaktních úhlů rtuti se pohybuje v rozpětí 125° až 152° a použitá hodnota 141,3° je jakýmsi průměrem tohoto rozpětí. Povrchové napětí rtuti je závislé na teplotě - při 25° C je rovno 0,4822 N.m-1, při teplotě 50° C je 0,472 N.m-1.

1. Výsledky rtuťové porozimetrie

Mimo samotnou distribuci jednotlivých porů (obr. 9) a celkový objem porů ve vzorku poskytuje metoda vysokotlaké rtuťové porozimetrie další informace o pórovitém systému materiálu.

1.1. Měrný povrch a tvar porů

Na základě tvaru intruzní, resp. extruzní křivky, což je závislost objemu vtačené rtuti do porů (při nárůstu tlaku), resp. objemu vytlačené rtuti z porů (při poklesu tlaku) na tlaku, lze usuzovat na tvar porů. Součástí vyhodnocení je také hodnota měrného povrchu porů [m².g-1] na základě výpočtového modelu pro zvolený tvar porů.

Válcovité póry - pro velmi strmé intruzní křivky se běžně předpokládá, že póry jsou válcovité a k vyhodnocení se proto používá tomuto tvaru odpovídající model. Křivka má obdobně strmý průběh i při opačném pochodu při extruzi rtuti při snižování tlaku. Ve spojovacím systému porů vzorku se zadržuje jen nepatrná část původně vniklé rtuti.

Kuželovité póry - takový systém porů lze nalézt často v přírodních materiálech, např. v koks, horninách a zeminách. Intruzní křivka má poněkud plochý nárůst. Teprve při stoupajícím tlaku se póry naplňují. Extruzní křivka se velmi podobá křivce intruze a projevuje jen nepatrnou hysterezi.

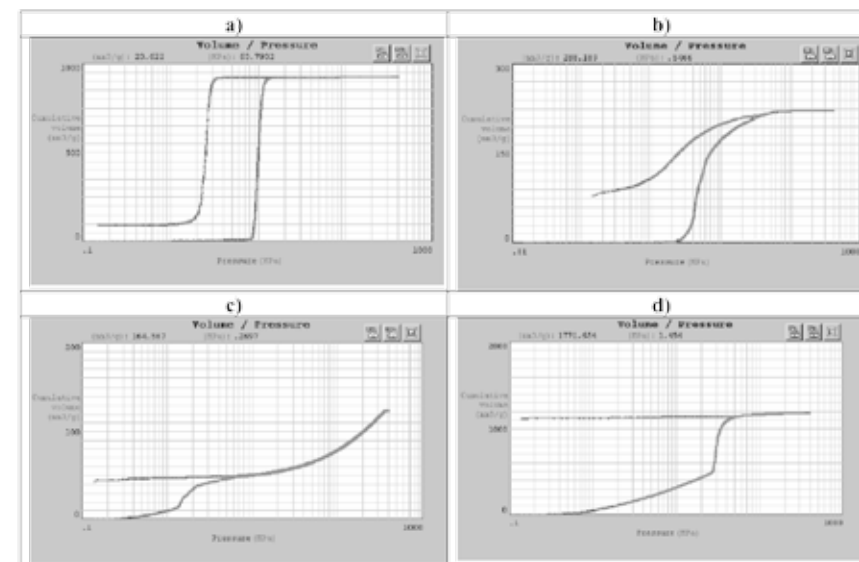
Štěrbinové póry (rovnoběžné destičky) - tento model (deskový) se používá u látek struktury obdobné grafitu. Křivky intruze a extruze jsou podobné jako u modelu pro kulovité tvary. Velký podíl rtuti zůstává po extruzi v pórech vzorku. Výpočet velikosti povrchu je

obdobný výpočtu pro póry válcovitého tvaru. Průměr póru je v tomto případě rovný vzdálenosti destiček.

Kulovité póry - systém porů tohoto typu má lahvicovitý tvar. Vstupní otvory do porů jsou užší než jsou jejich vnitřní rozměry. Tyto vzorky zachovávají uvnitř porézniho systému téměř celý obsah rtuti. Intruze však je poměrně strmá. Zvláštností tohoto modelu je však, že vnitřní povrch porů není přímo závislý na jejich poloměru, ale daleko více na jejich objemu.

Objemová hmotnost, zdánlivá hustota

Rtuťový porozimetr měří objem porů ve vzorku až k jejich minimálnímu poloměru, který je závislý na maximálním dosaženém tlaku (při 200 MPa je to 0,0075 μm). Při ukončení analýzy, je jedním z výsledků stanovení měrného objemu porů v cm³.g-1 nebo mm³.g-1 a objemové hmotnosti porovnáním známých hmotností pyknometru naplněného rtutí a téhož pyknometru se vzorkem a rtutí. Dále je možné známou hustotu rtuti (závisí na teplotě) v pyknometru korigovat o objem vtačené rtuti do porů, takže lze obdržet hodnotu hustoty, nazývané jako zdánlivá. Tato hustota je jen „zdánlivá“ a nikoliv skutečná ze dvou důvodů: pokud vzorek obsahuje mikropóry nebo jakékoliv póry pod spodní hranicí měřitelnosti, nemohou se přirozeně měřit a tím i zahrnovat do výpočtů hustoty. Dále mění mnohé vzorky v průběhu zvyšování tlaku svůj objem a jejich stlačení interpretuje přístroj jako výskyt porů. Z těchto důvodů není možné hovořit o skutečné hustotě materiálu vzorku, ale pouze o zdánlivé hustotě, která při chybějících mikropórech a při nestlačitelném materiálu vzorku se velmi blíží skutečné hustotě, zjišťované např. pomocí plynového pyknometru.



Obr. 2 – Typické intruzní křivky a) válcovité póry, b) kuželovité póry, c) štěrbinové póry, d) kulovité póry [6]

Zdánlivá pórovitost

Zdánlivá pórovitost, vyjádřená v %, vyjadřuje poměr objemu pórů (objemu vnitřních dutin ve vzorku) k vzorkem zaujímanému vnějšímu objemu. Mnohé vzorky, zvláště jsou-li syntetické povahy jako polymery, pryž nebo jiné materiály, mohou při měření na porozimetru podléhat stlačování. Porozimetr vyhodnocuje stlačování vzorku jako přítomnost pórů a kompresí zmenšený objem vzorku se přičítá k celkovému objemu pórů. K odhalení skutečnosti, že nedochází během analýzy ke stlačení vzorku (používají se tlaky až 400 MPa), je třeba provést speciální test.

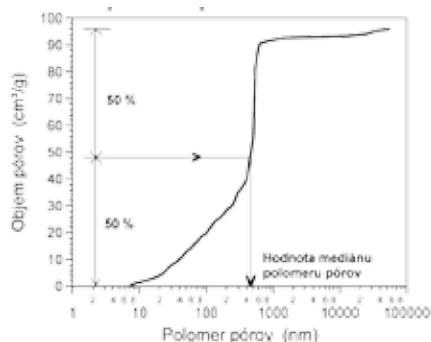
Střední hodnota poloměru pórů (medián poloměru pórů)

Střední hodnotu poloměru pórů je možné vypočítat různými způsoby. Vyhodnocovací software počítá tuto hodnotu podle dvou rozdílných metod.

První metoda vychází z derivace objemu póru k jeho poloměru (dV/dr). Zahrnované rozměrové rozpětí porozity je rozděleno do zvoleného počtu intervalů, určujícího citlivost ovlivnění výsledků výpočtu. V tomto rozpětí lze zvolit rozměrovou oblast, ve které má být vypočten nejčastěji se vyskytující poloměr pórů; tato volba je v případě bimodálního rozdělení nutná, aby se zjistila maximální hodnota v každém dílčím rozdělení. V unimodálním rozměrovém rozdělení pórů by měl být zvolen celkový rozsah rozpětí měřitelné porozity. V tomto bodě se pro každý zvolený interval vytváří derivace objemu rtuti vniklé do póru (tj. objemu póru) podle rozptylu hodnoty poloměru (dV/dr) a nalézá tím nejčastěji se vyskytující objem póru ve zvoleném rozsahu. V případě bimodálního rozdělení a pokud je druhé maximum porozity vyšší než je třetina výšky prvního maxima, se vyhodnotí toto rozdělení skutečně jako dvouvrcholové.

Druhá metoda výpočtu je mnohem jednodušší. Vychází z celkového měření zjištěného kumulativního objemu pórů a vypočítává jeho 50% hodnotu. Z křivky závislosti kumulativního objemu pórů na jejich poloměru (tj. křivka rozdělení) se vypočítává poloměr, odpovídající 50 % kumulativního objemu (medián poloměru pórů $r_{50\%}$) – obr. 3. Výhodou této metody je skutečnost, že výsledky jsou nezávislé na nastavení šířky intervalů daného rozdělení.

Správněji by se ale mělo u první metody hovořit o nejčastěji se vyskytující případně maximální hodnotě a u druhé metody o mediánu poloměru pórů.



Obr. 3 – Medián poloměru pórů [2]

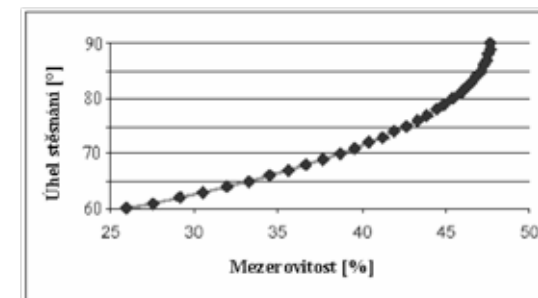
Distribuce velikosti částic

Moderní rtuťové porozimetry dokáží také stanovit distribuci velikosti částic v práškovém vzorku. Posuzuje-li se systém pórů, že jej tvoří shluk sférických částic, lze z toho usuzovat na velikost těchto částic. Nejčastěji se využívá model Mayera a Stowea [1], který se zakládá na předpokladech, že částice jsou kulovitého tvaru, přístupy do pórů jsou čtvercovité, kontaktní úhel a skutečná hustota vzorku jsou známé veličiny. Určitému tlaku příslušející průměr částic se vypočítává podle vztahu:

$$d_p = \frac{2 \cdot \gamma \cdot K_p}{p} \quad [\text{m}] \quad (3)$$

kde: d_p je průměr částice [m], γ je povrchové napětí rtuti [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$], K_p je tabelovaný faktor stěsnání [-], p je tlak [Pa].

Podle modelu Mayera a Stowea je mezerovitost (porozita) mezi zrny práškovitého materiálu v korelaci s úhlem stěsnání klastru částic (obr. 4). Takto získaná hodnota úhlu stěsnání slouží nyní ke stanovení K_p – faktoru v závislosti na kontaktním úhlu. Zjištěný průměr částic, vnesený proti odpovídajícímu podílu intrudované rtuti poskytuje bezprostředně rozdělení částic podle velikosti.



Obr. 4 – Korelační vztah mezi mezerovitostí zrn a úhlem stěsnání

2. Hodnocení mrazuvzdornosti keramického střepe podle distribuce velikosti pórů

Nepřímé metody stanovení mrazuvzdornosti se užívají k předběžnému prognózování mrazuvzdornosti a opírají se o vyhodnocení souboru ukazatelů, kteří ovlivňují chování výrobku za působení mrazu (pórovitost). Mezi nejjednodušší nepřímé metody patří nasákovost střepe E, koeficient nasycení KNS a saturační poměr T [8].

Nepřímé hodnocení mrazuvzdornosti podle rozdělení velikosti pórů nejčastěji využívá vysokotlaké rtuťové porozimetrie. Bentrup [4] a Friese [5] definovali limitní hodnoty pro střední hodnoty poloměru pórů $r_{50\%}$ (medián poloměru pórů) – tab. 1. Maage [3] předpovídá mrazuvzdornost podle faktoru F:

$$F = \frac{3,2}{PV} + 2,4 \cdot P_3$$

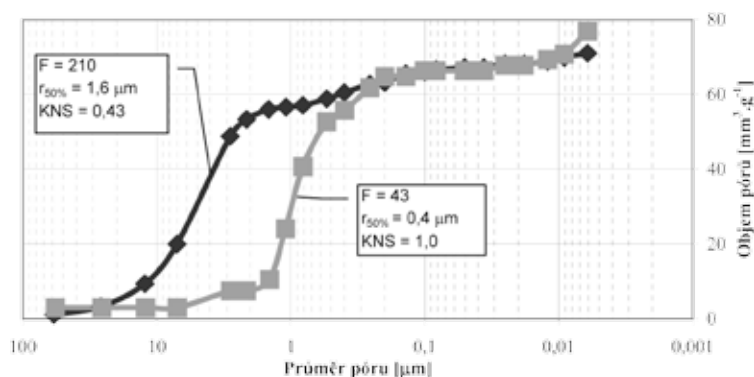
kde PV je celkový objem pórů [$\text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1}$], P_3 je podíl pórů o průměru $> 3 \mu\text{m}$ z PV [%] Faktor F představuje přesnější vyjádření KNS, resp. saturačního poměru T.

Tab.1: Přehled jednotlivých kritérií nepřímého posuzování mrazuvzdornosti

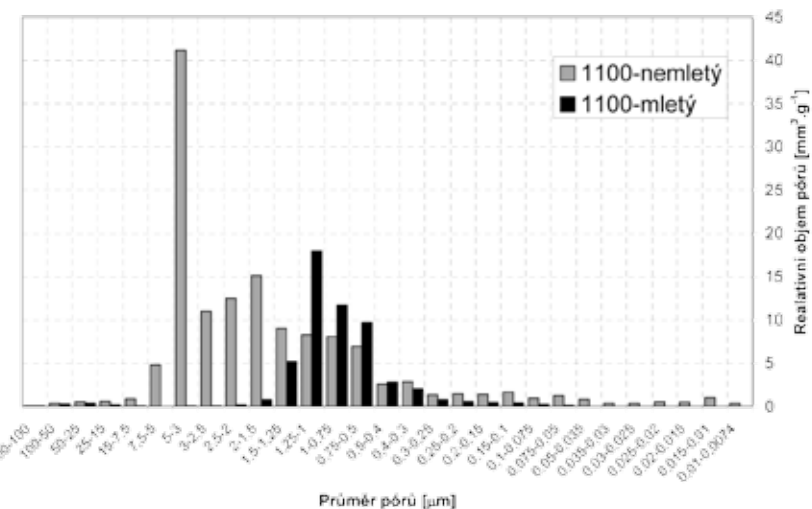
	Friese, Bentrup		F
	Jedno stanovení $r_{50\%}$	Průměr ze tří měření $r_{50\%}$	
mrazuvzdornost	$r_{50\%} > 1 \mu\text{m}$	$r_{50\%} > 1,65 \mu\text{m}$	> 70
nejistá mrazuvzdornost		$0,60 < r_{50\%} < 1,65 \mu\text{m}$	50 – 70
nemrazuvzdornost	$r_{50\%} < 1 \mu\text{m}$	$r_{50\%} < 0,60 \mu\text{m}$	< 55

U některých střepech s nízkou nasákovostí ovšem nepřímé metody nejsou vždy přesné a vypovídající, protože mrazuvzdornost střepech je především dána nízkou nasákovostí střepech. Na obr. 5 je zaznamenána distribuce pórů u dvou cihelných střepech, které vykazují prakticky shodnou pórovitost (která by byla hodnocena například shodnou nasákovostí), ale naprosto odlišnou distribucí velikostí těchto pórů. I díky této vlastnosti byl střepech vykazující vyšší hodnoty F a $r_{50\%}$ přímo posouzen jako více mrazuvzdorný (odolal vyššímu počtu zmrazovacích cyklů). Nepřímá metoda posouzení mrazuvzdornosti keramických střepech na základě rozložení velikostí pórů se osvědčuje daleko přesněji. Je známo, že i silně pórovité střepech, pokud splňují kritéria distribuce pórů, mohou být také dostatečně mrazuvzdorné.

Velmi častost distribuce velikostí jednotlivých pórů vyjadřuje jakou součtová křivka závislosti objemu pórů [$\text{mm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$] na velikosti pórů (obr. 5). V některých případech je zřetelnější histogram (obr.6), kde jsou zachyceny objemy pórů v různých intervalech jejich velikostí. Na obr. 6 je například dobře zřetelný vliv granulometrie popílku (původní vs. mletý) jako výchozí suroviny nově vyvíjených tzv. popílkových střepech keramických obkladových prvků [7] podle ČSN EN 14411. Je zřejmé (i z tab. 2), že domíláním popílku se získá po výpalu hutnější střepech (s nižší nasákovostí), ale distribuce pórů z hlediska mrazuvzdornosti je výhodnější u nemletého typu střepech. Důsledkem toho je mrazuvzdornost obou typů střepech (stanovená přímo podle ČSN EN 202 na 100 cyklů), ačkoli běžně komerčně prodávané za sucha lisované keramické obkladové prvky s nasákovostí nad 10 % (interiérové pórovinné obkládačky BIII – tab. 2) zpravidla mrazuvzdorné nejsou.



Obr. 5 – Distribuce velikosti pórů různých cihelných střepech.



Obr. 6 - Distribuce velikosti pórů tzv. popílkových střepech s různou granulometrií výchozí suroviny (popílku)

Tab.2: Vlastnosti popílkových střepech v závislosti na granulometrii popílku

Teplota výpalu [°C]	Typ	Nepřímá mrazuvzdornost			Přímá mrazuvzdornost (M)		
		T [-]	F [-]	$r_{50\%}$ [μm]	nasákovost před M	nasákovost po M	M
1100	Mletý	0,87	63	0,48	6,1 %	6,1 %	ano
	Nemletý	0,77	108	1,06	14,5 %	15,4 %	ano
	Obkládačka BIII	0,92	24	0,46	14,2 %	-	ne

3. Závěr

Metoda vysokotlaké rtuťové porozimetrie je moderní laboratorní metoda, jež dokáže přesně posoudit vlastnosti pórovité struktury materiálů. Ačkoli se článek věnoval jejímu praktickému využití z hlediska mrazuvzdornosti keramického střepech, existuje využití taktéž v oblasti posuzování tepelně izolačních vlastností materiálů, u žárovzdorných výrobků je to také problematika trvanlivosti v důsledku koroze plyny nebo taveninou apod.

Tento příspěvek byl vytvořen s podporou VVZ MSM 261100008 „Výzkum a vývoj nových materiálů z odpadních surovin a zajištění jejich vyšší trvanlivosti ve stavebních konstrukcích“

Literatura

- [1] MAYER, R. P., STOWE, R.A. Journal of Colloid Sci. 20, 893-911(1965)
- [2] ŠVEDA, M.: Die Wirkung des Zusatzes Antika auf die Frostbeständigkeit von Dachziegeln. ZI- Ziegelindustrie International, 2002, Jahrgang 55, Nr. 10, p. 29 – 33
- [3] MAAGE, M – Frostbeständigkeit und Porengrößenverteilung in Ziegel, Ziegel industrie International (1990 – 9, 10)
- [4] BENTRUP, H. , FRANKE L. – Berteilung der Frostwiderstandsfähigkeit im Hiblick auf lange Lebensdauer, Ziegelindustrie International (1993-7, 8, 9)
- [5] FRIESE, P. Predictions of die Frost Resistance of Bricks, Brick Tile Ind. Int.,(1995-12).
- [6] Porozimetry PASCAL – uživatelská příručka. POROTEC GmbH.
- [7] SOKOLÁŘ, R., SMETANOVÁ, L. Vliv jemnosti mletí na vlastnosti popílkových střepeň. Keramický zpravodaj. 2007, vol. 23, no. 2, p. 4-8, ISSN 1210-2520
- [8] SOKOLÁŘ, R. Posuzování pórovité struktury keramických střepeň metodou vysokotlaké rtuťové porozimetrie. *Keramický zpravodaj. 2004, vol. 20, no. 2, p. 4-6, ISSN 1210-2520.*

SPEKTROMETRIE GAMA - MĚŘENÍ PŘÍRODNÍ RADIOAKTIVITYSTAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Ing. Martin Luňáček

Vysoké učení technické v Brně, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 60200 Brno
Tel. 602 201 462, e-mail: lunacek.m@fce.vutbr.cz
Web: www.fce.vutbr.cz

Anotace:

Přírodní radioaktivita je pojem, se kterým se setkáváme na každém kroku. I ve výrobě stavebních hmot se setkáváme s legislativními omezeními na obsah přírodní radioaktivity. Scintilační spektrometrie gama je jednou z metod, jak zjistit obsah radionuklidů ve vyráběném materiálu.

1. Úvod

Přírodní radioaktivita nás obklopuje v běžném životě. Aniž bychom o tom věděli, žijeme s ní v symbióze již od vzniku naší planety. V každém odvětví stavební výroby se setkáme s radioaktivními prvky a jejich jadernými reakcemi. Proto je velmi nutné znát jednotlivé aktivity surovin a materiálů z nich vyrobených.

Vývoj této oblasti velmi pokročil a pokud se na problém radioaktivity podíváme zblízka, zjistíme, že v dnešní době jsme schopni provádět měření přírodní radioaktivity na velmi vysoké úrovni. V České republice máme legislativu, tj. Atomovým zákonem a jeho prováděcími vyhláškami udány hmotnostní aktivity jednotlivých materiálů a objemové aktivity v jednotlivých prostorech, jak pobytových tak nepobytových. Legislativním požadavkem všech výrobců stavebních materiálů je kontrolovat množství přírodních radionuklidů, zejména rádia. Rádium je prvek s dlouhým poločasem přeměny a při jeho přeměně vzniká dceřiný produkt - radon. Podle platné legislativy máme přesně dány hodnoty objemové aktivity radonu pro jednotlivé prostory a pro případ zjištěné zvýšené aktivity různé stavební zásahy.

V tomto příspěvku se zabývám jednou z metod měření přírodní radioaktivity. Je jí scintilační spektrometrie gama. Na Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně je přístroj RayLab SP Analyser, na kterém jsem provedl všechna měření. Svá měření jsem provedl na některých stavebních materiálech, které se v dnešní době ve stavební výrobě využívají, např. popílků.

Cílem bylo vytvoření metodiky měření, vyhodnocování naměřených údajů prostřednictvím pro tento účel nově sestavených programů. V roce 2005 bylo zjištěno, že přístroj je zřejmě kontaminován rádiem, proto dalším úkolem byla dekontaminace celého zařízení.

Všechny získané výsledky z měření jednotlivých stavebních materiálů jsou porovnány s hodnotami uvedenými ve vyhlášce SÚJB č. 307/2002 Sb. O radiační ochraně.

2. Princip spektrometrie gama

Každý přírodní radionuklid vyzařuje určité záření gama. Každé záření má specifickou hodnotu energie pro každý prvek v keV. V tabulce č. 1 jsou uvedeny některé hlavní radionuklidy a jejich emise záření gama. Díky této specifické hodnotě energie jednotlivých prvků můžeme ve zkoušeném stavebním materiálu určit, o který radionuklid se přesně jedná.

Tabulka č.1:

Emise záření gama některých radionuklidů (jenom hlavní čáry a některé interference)

Radionuklid	Produkt přeměny	Energie (keV)	Výtěžek (%)	Interference		
				Nuklid	(keV)	(%)
U-238	Th-234	63,3	4,1	Th-232	63,8	0,23
	Th-234	92,6	4,81	U-235	93,4	4,46
	Pa-234m	766,4	0,316	Ra-228	93,4	3,48
	Pa-234m	1001	0,839			
Th-230		67,7	0,38			
		143,8	0,049	U-235	144	11
				Ra-223	144	3,24
			Ra-228	146	0,16	
Ra-226		186,1	3,51	U-235	186	57,2
Rn-222	Pb-214	295,2	18,15			
	Pb-214	351,9	35,1	Ra-223	351	12,9
	Bi-214	609,3	44,6			
	Bi-214	1120,3	14,7			
	Bi-214	1764,5	15,1			
Pb-210		46,5	4,24			
Ra-228	Ac-228	338,3	11,25			
	Ac-228	911,2	26,6			
	Ac-228	964,8	5,11			
	Ac-228	969	16,23			
Th-228	Pb-212	238,6	43,5			
	Tl-208	583,2	30,58	Ra-228	583	0,11
	Tl-208	2614,5	35,8			
U-235		143,8	10,96	Th-230	144	0,05
				Ra-223	144	3,24
				Ra-228	146	0,16
		163,3	5,08			
		185,7	57,2	Ra-226	186	3,51
	205,3	5,01	Ra-228	204	0,17	
K-40		1460,8	10,67	Ra-228	1459	0,8

3. Měřicí zařízení

Jelikož vzorek je v přístroji obklopen hliníkovým stíněním, nemůžeme mluvit o záření alfa, ale gama. Protože záření alfa neprojde již přes nepatrnou zábranu, např. list papíru, proto není možné, aby nám prošlo přes tuto hliníkovou stěnu. Záření gama se produkuje při rozpadech alfa i beta.

Scintilační sonda typ NKQ 312 ve spojení s vhodným scintilátorem je určena pro měření záření gama z velkých ploch a objemů. Scintilační sonda se skládá z vlastního tělesa sondy s děličem a tvarovacím obvodem fotonásobiče.

Čítač RayLab SP Analyser je přenosný laboratorní (za určitých podmínek i terénní) spektrometrický analyzátor určený pro zpracování signálu ze scintilačních detekčních jednotek. Čítač se skládá z ovládacího panelu s alfanumerickou klávesnicí a černobílého displeje. V menu přístroje najdeme několik možností nastavení, např. možnost nastavení energetických oken, kde se vyskytují energie hledaných radionuklidů.

Měření vzorků probíhalo ve třech energetických oknech, abych objasnil přítomnost všech přeměnových řad. Okna jsem nastavil na:

1. pro Th-228 - energii 338 keV - kanál 30 - 49
2. pro K-40 - energii 1,46 MeV - kanál 170 - 192
3. pro Bi-214 - energii 1,76 MeV - kanál 210 - 229.

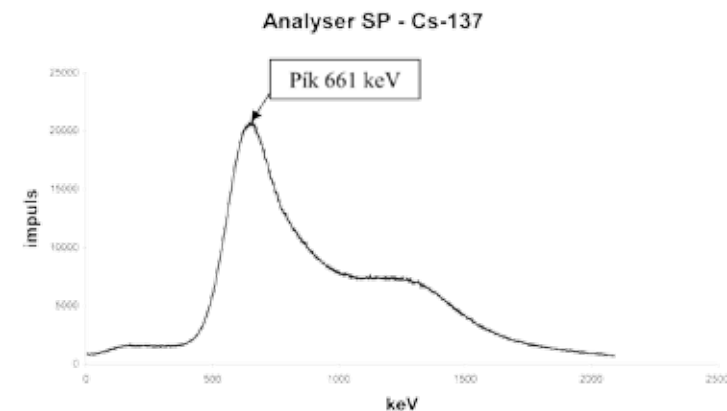
Na základě podezření, že přístroj je kontaminován, byla navržena metoda dekontaminace, která se skládala z úplného vyčištění celé olovené studny s scintilačním detektorem pomocí technického benzínu. Ihned pak byla provedena kontrolní měření, zda zásah byl úspěšný a nebyla již tato kontaminace potvrzena.

4. Metodika měření přírodní radioaktivity

Úkolem bylo vytvoření metodiky měření přírodní radioaktivity stavebních materiálů. Metodiku ukáží na vzorku rádia Ra-226 od ČMI, který slouží jako etalon.

Prvním krokem je kalibrace přístroje, která probíhá pomocí prvku, který má monoenergetické spektrum. V našem případě to je Cs-137.

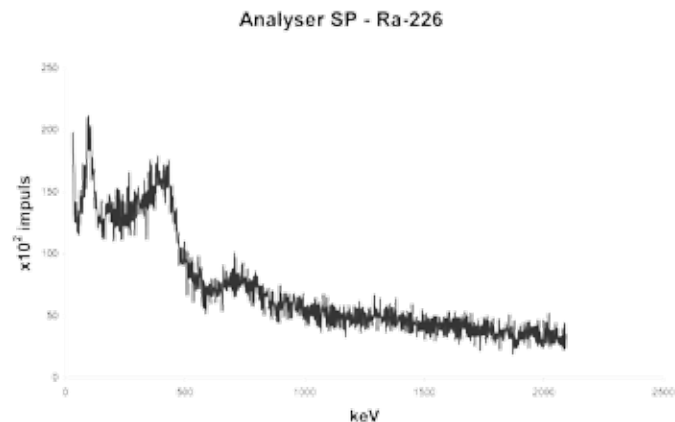
Čísla kanálů se přepočítají na hodnoty energie v keV tím, že změříme vzorek Cs-137, jehož jediný pík má energii 661 keV. Proto můžeme říct, že pík u Cs-137 v našem měření odpovídá energii 661 keV. Díky jednoduchému přepočtu získáme pro každý kanál hodnotu v keV.



Graf č.1: Kalibrační graf Cs-137

Pak již můžeme vykreslit graf závislosti počtu impulsů na emitované energii. K jednotlivým píčkám můžeme přiřadit hodnoty energií a zjistit jednotlivé prvky pomocí tabulky č.1.

Jelikož je velmi těžké rozeznat Ra-226, určujeme jeho přítomnost pomocí dceřinných produktů jeho rozpadu. V našem případě můžeme vidět píky Pb-214 a Bi-214. Aktivita vzorku byla určena na 99,4 Bq, což odpovídá hodnotě udané v dodacím listě ČMI.



Graf č.2: Ra-226 od ČMI

5. Závěr

Cílem výzkumu bylo vytvoření metodiky měření přírodní radioaktivity pomocí přístroje RayLab SP Analyser, která byla podpořena softwarem, který vyhodnotí naměřená data. Pomocí navrženého softwaru byla provedena měření stavebních materiálů. Výsledky hmotnostní aktivity jsou v tabulce 2 srovnány s limitními hodnotami dle vyhlášky č. 307/2002 Sb..

Tab.2: Naměřené hodnoty hmotnostní aktivity a srovnání s vyhláškou SÚJB č. 307/2002 Sb.

Popílky	1	Dětmarovice	270	2,31	vyhovuje	vyhovuje
	2	Ledvice ložený	320	1,72	nevyhovuje	vyhovuje
	3	Ledvice filtr	390	1,28	nevyhovuje	vyhovuje
	4	Tisová ložený	230	2,92	vyhovuje	vyhovuje
	5	Tisová filtr	320	1,77	nevyhovuje	vyhovuje
	6	Termizo Liberec	160	5,02	vyhovuje	vyhovuje
	7	Hodonín	470	0,99	nevyhovuje	vyhovuje

Pro stavební materiály, které nevyhovují hodnotě pro pobytové místnosti, to neznamená, že by nesměly být používány. Ve stavební praxi je používáme většinou v určitém procentu ke konečnému výrobku, čímž se sníží jejich hmotnostní aktivita na 1 kg výrobku – např. popílky do různých stavebních materiálů.

6. Použitá literatura

- [1] HÖNIG, A., ZAPLETAL, V.: Nedestruktivní zkušebnictví, Ústav soudního inženýrství VUT v Brně, 1982
- [2] ŠARO, Š.: Detekcia a spektrometria žiarenia alfa a beta, Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry Bratislava, 1983
- [3] CERNY, J.: Nuclear Spetroscopy and Reactions, Part A-D, Academic Press New York and London, 1974
- [4] KNOLL, F.G.: Radiation Detection and Measurement, 3rd edition, John Wiley and Sons, 2000
- [5] GILMORE, G., HEMINGWAY, J.: Practical Gamma-Ray Spectroscopy, John Wiley and Sons, 2002
- [6] ULLMANN, V.: Detekce a spektrometrie ionizujícího záření, AstroNuklFyzika, internetové stránky

ZKUŠENOSTI S PROVÁDĚNÍM EXPERIMENTÁLNÍHO STANOVOVÁNÍ PEVNOSTI V PŘIPOJENÍ MEZI GEOMŘÍŽEMI A BETONOVÝMI PRVKY OPĚRNÉHO SYSTÉMU KB BLOK

Ing. Jan Kolář (1)

Ing. Jiří Kolísko, Ph.D. (2)

(1) České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 224 353 540, e-mail: kolar@klok.cvut.cz
Web: www.cvut.cz

(2) České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 224 353 537, e-mail: kolisko@klok.cvut.cz
Web: www.cvut.cz.

Anotace:

Záměrem tohoto příspěvku je seznámit odbornou veřejnost se zkušenostmi s prováděním experimentálního stanovování limitní a použitelné pevnosti v připojení geomříží při různém normálovém (svislém) zatížení mezi betonovými prvky opěrného systému a geomřížemi, které probíhalo v laboratoři Experimentálního oddělení Kloknerova ústavu ČVUT v Praze v období podzim 2006 až jaro 2007.

1. Úvod

Na našich stavbách již v současnosti nalezla své pevné místo výstavba opěrných stěn ze systémů betonových bloků. Důležitým prvkem takovýchto stěn je jejich kotvení do zeminy za pomoci geomříží. Pro zhodnocení stability je ovšem nezbytné také znát soudržnost geomříží s betonovými bloky. K získání takovéto informace je nutné provádět náročné experimenty zahrnující dvouosé namáhání poměrně komplikovaného vzorku složeného z geomříže vložené mezi betonové bloky. V České republice neexistují české normativy pro podmínky provádění takovýchto zkoušek, testy byly tudíž prováděny podle zahraničních podkladů. Jedná se zejména o následující předpisy a podklady:

- zkušební metoda NCMA Test Metod SRWU-1 „Determination of Connection Strength between Geosynthetics and Segmental Concrete Units“.
- zkušební metoda ASTM D 6638-01 Standard Test Method for Determining Connection Strength Between Geosynthetic Reinforcement and Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks).

2. Stručná charakteristika měřených prvků

Při vlastním zkoušení byly použity následující vstupní materiály a prvky:

- betonové prvky opěrného systému KB Blok;
- geomříže Tensor řady RE;
- geomříže Miragrid;
- drenážní zásyp z kameniva frakce 8-16 mm.

Z individuálních betonových prvků uspořádaných na běhounovou vazbu a uložených ve dvou ložných vrstvách byla vytvořena zkušební stěna. Celková délka zkušební stěny byla 1,35 m, šířka 0,50 m a výška 0,38 m. Spojení i uložení bylo konstruováno jako v reálné stěně. Spodní vrstva byla tvořena 2 celými prvky a 2 polovinami prvků po stranách. V dutinách betonových prvků se nacházel ztuhlý drenážní zásyp. Horní vrstva tvořená 3 celými prvky byla uložena částečně na betonové prvky spodní vrstvy a částečně na drenážní zásyp ztuhlý do roviny. Dutiny prvků horní řady rovněž obsahovaly ztuhlý drenážní zásyp. Uložení konstrukce a zajištění kolmosti stěny bylo prováděno pomocí originálních spojovacích kolíčků, které byly umístěny do dutin vytvořených v horním povrchu betonových prvků. Každá zkoušená geomříž vždy byla vložena do vodorovné spáry mezi prvky spodní a horní řady zkušební stěny, přičemž spojení s betonovými prvky (kromě zatížení prvky horní řady) bylo zajištěno i navlečením ok poslední řady geomříže na příslušné spojovací kolíčky. Pro zkoušení byly použity pásy geomříže šířky cca 1,05 m a délky 1,2-1,25 m (v závislosti na tvaru a velikosti ok geomříže).

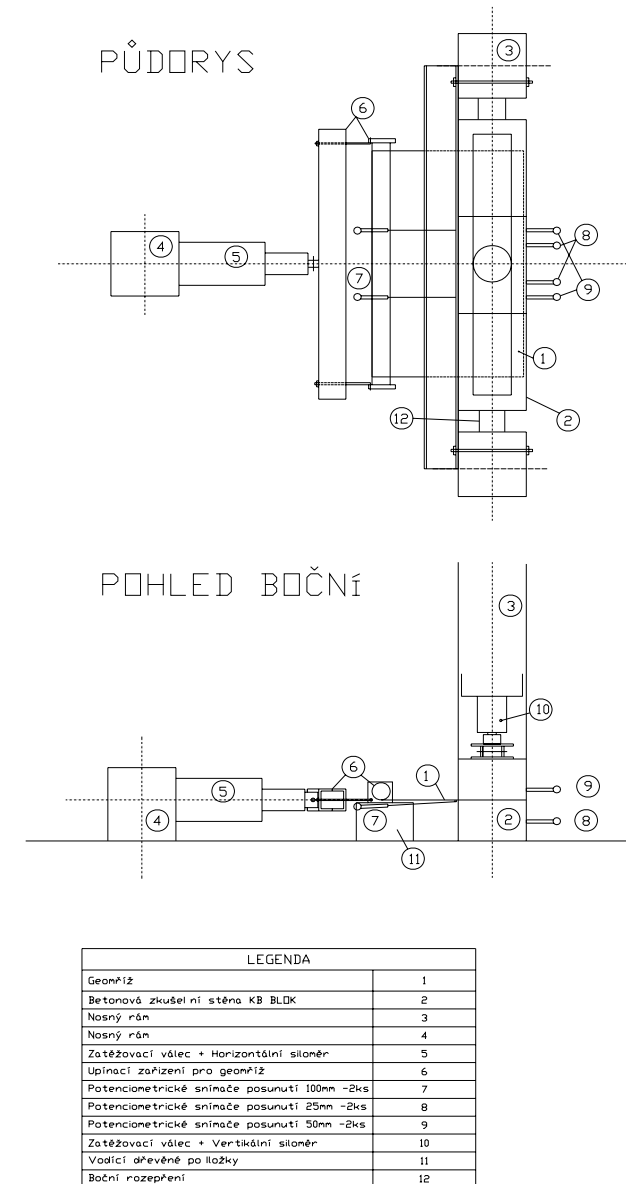
3. Experimentální zařízení a uspořádání zkoušek

Pro potřeby zkoušení bylo na základě předpisů uvedených v kapitole 1 sestaveno zkušební zařízení, které umožňovalo kombinaci konstatního svislého (normálového) zatížení a proměnného horizontálního zatížení. Sestávalo z pevného horizontálního zkušebního roštu, na který byla umístěna zkušební stěna, a několika ocelových stojin s upevněným jednak svislým zatěžovacím válcem, jednak vodorovným zatěžovacím válcem pro vlastní vytahování geomříže. Mezi svislé stojiny vertikálního zatěžovacího válce byla vždy umístována příslušná zkušební stěna s vloženým zkoušeným vzorkem geomříže, která byla vycentrována s ohledem na osu horizontálního zatěžovacího válce. Horizontální zatížení bylo přenášeno na geomříž přes speciální válcové upínadlo.

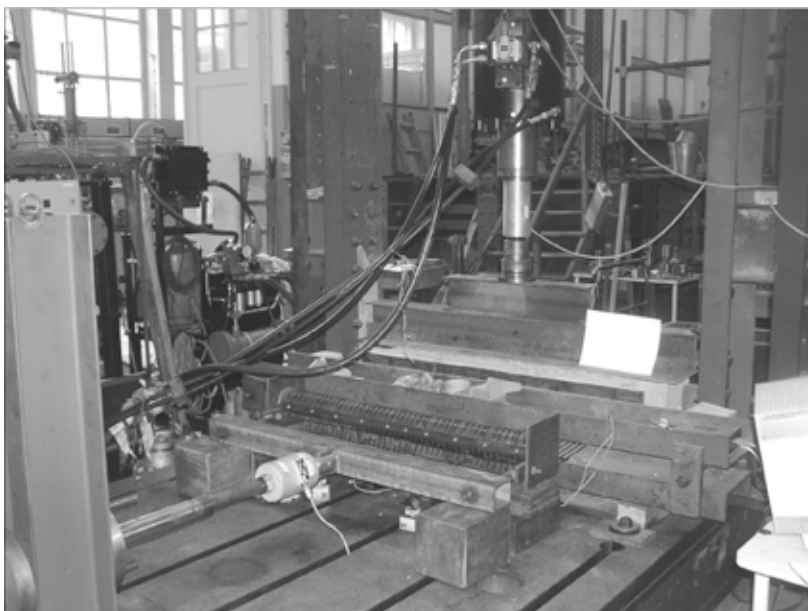
Snímání deformací bylo prováděno pomocí celkem 6 potenciometrických snímačů – v čele zkušební stěny byly připojeny 4 snímače deformací (2 snímače byly umístěny na dvou betonových prvcích spodní vrstvy a 2 další snímače byly umístěny nad spodní snímače na betonový prvek horní vrstvy kvůli zaznamenání možných pohybů při vytahování geomříže), konečně pak zbývající 2 snímače deformací byly umístěny na zkoušený vzorek geomříže, a to tak, že snímaly posun vzorku cca 2 cm za zkušební stěnou.

Zkušební předpisy požadují zkoušení vždy 7 zkušebních vzorků geomříže každého typu na celkem 5 úrovních normálového zatížení (normálového tlaku), které bylo stanovené zadavatelem (na 1 vybrané úrovni zatížení byly zkoušeny 3 vzorky každého typu geomříže pro lepší informaci o hodnotě pevnosti v připojení na této úrovni a zjištění rozptylu hodnot) – tyto úrovně nebyly pro vzorky geomříže Tensor a Miragrid stejné. Tato normálová zatížení byla konstantně udržována po celou dobu zkoušky. Vodorovné zatížení pak bylo zavedeno a zvyšováno s konstantní rychlostí posunu zatěžovacího válce 6 mm/min. Naměřené hodnoty zatížení, posuny čela a vytažení geomříže byly kontinuálně v pravidelných intervalech měřeny a zaznamenávány na PC. Ve zkoušce bylo pokračováno do té doby, dokud nastala podstatná ztráta tahového odporu v důsledku porušení geomříže, nebo spojovacího systému.

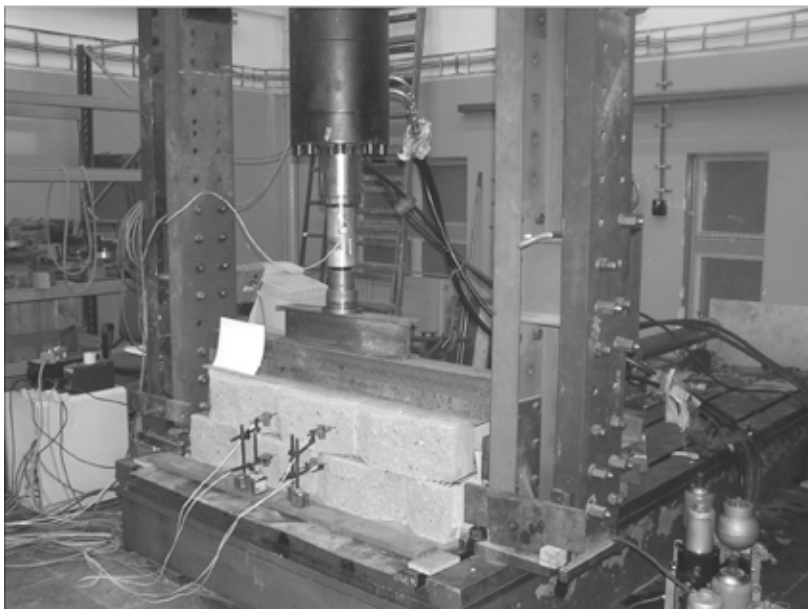
Schéma uspořádání zkoušky a způsobu zatížení je ukázáno na následujících obrázcích 1 až 3.



Obr. 1: Schéma uspořádání zkoušky a způsobu zatížení



Obr. 2: Pohled na zkušební sestavu směrem od vodorovného zatěžovacího válce



Obr. 3: Pohled na zkušební sestavu s umístěnými snímači na čele zkušební stěny

4. Vyhodnocení a výsledky zkoušek

Z hodnot získaných při měření bylo podle zkušební metody ASTM D 6638-01 provedeno vyhodnocení zkoušek, a to stanovením jednak limitní pevnosti v připojení geomříží, jednak stanovením použitelné pevnosti v připojení geomříží. Při těchto výpočtech byly použity následující vzorce:

$$T_u = \frac{F_p}{W_s} \quad (1)$$

kde: T_u ... limitní pevnost v připojení na jednotku šířky geosyntetického vzorku [kN/m]
 F_p ... limitní tahové zatížení spoje [kN]
 W_s ... šířka geosyntetického vzorku [m]

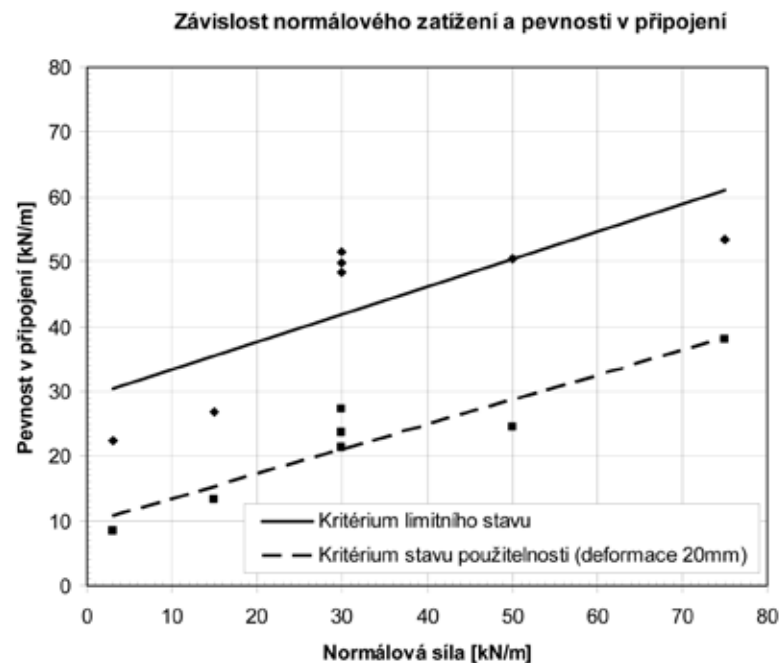
$$T_{cs} = \frac{F_{ss}}{W_s} \quad (2)$$

kde: T_{cs} ... pevnost v připojení pro stav použitelnosti založená na předepsaném deformačním kritériu (20mm) [kN/m]
 F_{ss} ... změřené tahové zatížení spoje při dosažení předepsané deformace [kN]
 W_s ... šířka geosyntetického vzorku [m]

Rovněž byl ze zaznamenaných dat vytvořen grafický záznam průběhu tahového zatížení v závislosti na vytažení příslušné geomříže proti lici zkušební stěny (typická ukázka viz Obr. 4). Součástí grafického vyhodnocení bylo také vytvoření grafické závislosti pevnosti v připojení na normálové síle, obsahující na přání zadavatele lineární trendy proložené získanými body kvůli stanovení směrnice přímků pro odvozování závislosti pevnosti v připojení na dané normálové síle (typická ukázka viz Obr. 5).



Obr. 4: Ukázka grafického záznamu závislosti tahového zatížení geomříží na jejich vytažení proti lici zkušební stěny



Obr. 5: Ukázka grafického vyhodnocení závislosti pevnosti v připojení geomříží na normálové síle (zatížení zkušební stěny)

5. Závěr

Jak již bylo konstatováno v kapitole 1, na našich stavbách již v současnosti nalezla své pevné místo výstavba opěrných stěn ze systémů betonových bloků, jejichž důležitým prvkem je jejich kotvení do zeminy za pomoci geomříží. Pro zhodnocení stability takového systému je nezbytné také znát soudržnost geomříží s betonovými bloky. K získání takovéto informace je nutné provádět náročné experimenty zahrnující dvoosé namáhání komplikovaného vzorku, současně přitom v České republice neexistují normativy pro podmínky provádění takovýchto zkoušek. Zkušební systémy laboratoří ČVUT KÚ jsou ale schopny tento typ testů provádět. Z výše uvedených důvodů považujeme námi provedené experimenty a získané výsledky za unikátní a v ČR ojedinělé.

Literatura:

- [1] Zkušební metoda NCMA Test Metod SRWU-1 „Determination of Connection Strength between Geosynthetics and Segmental Concrete Units“, NCMA, 1996.
- [2] Zkušební metoda ASTM D 6638-01 Standard Test Method for Determining Connection Strength Between Geosynthetic Reinforcement and Segmental Concrete Units (Modular Concrete Blocks), ASTM International.

SKÚŠANIE A KVALITA STYKOV PANELOVÝCH BUDOV

Ing. Alexander Lörincz (1)

Prof. Ing. Juraj Bilčík, PhD. (2)

- (1) Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Tel. +421 2 59 274 382, e-mail: alexander.lorincz@stuba.sk
- (2) Stavebná fakulta STU Bratislava, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Tel. +421 2 59 274 546, e-mail: juraj.bilcik@stuba.sk

Anotácia:

V súčasnosti sú vysoko aktuálne úpravy a rekonštrukcie panelových budov. Pri ich posúdení je potrebné poznať stav a chovanie konštrukcie. Charakteristickým znakom a zároveň slabým miestom panelových stavieb sú styky medzi jednotlivými dielcami. V článku sa uvádzajú skúšky na hodnotenie podmienok pre koróziu výstuže v stykoch a na príklade vybranej panelovej konštrukčnej sústave funkcie a problémy pri realizácii stykov.

1. Úvod

Informácie získané z prehliadok a skúšania redukujú neistoty vstupných parametrov zaťaženia a odolnosti materiálov v procese overovania ich spoľahlivosti a tým znižujú pravdepodobnosť poruchy existujúcej nosnej konštrukcie a týkajú sa tak priamo úrovne hladiny spoľahlivosti existujúcich stavieb.

V súčasnej dobe sa v technických normách nerozlišuje medzi posudzovaním spoľahlivosti novo navrhovanej a existujúcej nosnej konštrukcie. Všeobecne je však prijímaná myšlienka posudzovania existujúcich konštrukcií na nižšiu hladinu spoľahlivosti ako pre prípad návrhu novej [1]. Z pohľadu spoľahlivosti panelových budov sa naskytuje možnosť, že existujúca panelová budova by sa mohla overovať na nižšiu hladinu spoľahlivosti, než akú predpisujú normy pre nové budovy.

Životnosť a trvanlivosť panelových budov ovplyvňujú najmä **agresivita prostredia, odolnosť betónu a výstuže a odolnosť konštrukcie**. Z hľadiska obklopujúceho prostredia sa prvky panelových budov rozdeľujú predovšetkým podľa toho, či sú alebo nie sú vystavené atmosférickým podmienkam. Odolnosť betónu je ovplyvnená kvalitou návrhu a zhotovenia jednotlivých panelov. Odolnosť konštrukcie je podmienená najmä kvalitou a účinnosťou stykov i skutočnosťou, že v návrhovej fáze nebol dostatočne zohľadnený vplyv objemových zmien betónu. Na panelových budovách bolo zaznamenané množstvo chýb a porúch, ktoré významne znižujú mieru ich spoľahlivosti z hľadiska bezpečnosti, použiteľnosti i trvanlivosti. Najvýraznejšie sa tieto poruchy prejavujú na vystupujúcich a ustupujúcich konštrukciách. Postup karbonatácie betónu vyvoláva podmienky pre koróziu výstuže v paneloch a stykoch, vystavených vonkajšej atmosfére. Intenzívna korózia výstuže vedie k vzniku trhlín, odpadávaniu krycej vrstvy a strate prierezovej plochy, čo je spojené so stratou súdržnosti. Trhlíny v betóne urýchľujú nielen postup karbonatácie a prenikanie agresívnych látok k výstuži, čím výrazne skracujú pasívne štádium, ale zvyšujú aj korózne úbytky.

2. Kvalita stykov a hodnotenie podmienok pre koróziu výstuže

V panelových budovách sa problémy sústreďujú najmä v stykoch, pretože styk medzi betónom dielcov, panelov a zálievkovým betónom predstavuje slabé miesto následkom viacerých vplyvov:

- rozdielny vek betónov
- konštrukčné chyby pri navrhovaní stykov
- technologické chyby pri zhotovovaní stykov.

Trhliny vznikajúce v stykoch sú širšie ako trhliny v dielcoch. ČSN 73 1211 [2] udáva ako limitnú hodnotu šírku trhlín 1 mm. Z hľadiska trvanlivosti panelových budov je preto v stykoch obvodového plášťa najväčšie riziko korózie výstuže.

Korózia výstuže znižuje prierezovú plochu výstuže, vyvoláva expanzné tlaky v krycej vrstve vedúce k vzniku trhlín a následne k jej odpadnutiu, čím sa čiastočne, resp. úplne poruší súdržnosť medzi betónom a výstužou. Protikoróziu ochranu výstuže v betóne zabezpečuje vysoká alkalita betónu (pH = 12,5 až 13,5) tým, že sa na povrchu výstuže vytvorí stabilný pasivujúci povlak. Z uvedeného vyplýva, že pri vyšetrowaní podmienok pre koróziu výstuže je potrebné zamerať sa na príčiny zníženia alkality betónu v okolí výstuže. Najčastejšie dochádza k zníženiu alkality betónu pod hranicu pasivity (pH < 10) v dôsledku pôsobenia CO₂ zo vzduchu. Pri difúzii CO₂ do vnútra betónu dochádza ku **karbonatácii betónu**, ktorá je spojená s poklesom pH na hodnoty < 10, pri ktorých sa stráca stabilita pasivujúceho povlaku na výstuži (depasivácia) [3].

Pri dostatočnej vlhkosti betónu a možnosti difúzie kyslíka, sú tak vytvorené všetky podmienky pre koróziu výstuže. Na základe uvedeného možno konštatovať, že postup karbonatácie betónu v stykoch obvodového plášťa predstavuje kľúčový problém z hľadiska kvality panelových budov.

Pri hodnotení jestvujúcich panelových budov je zistenie hĺbky a predpovedanie postupu karbonatácie betónu dôležitým parametrom životnosti. Postup neutralizácie betónu, resp. pokles hodnoty pH sa môže stanoviť:

- potenciometrickým meraním pH-metrom
- acidobázickými indikátormi.

Operatívne sa zisťujú hodnoty pH acidobázickými indikátormi, ktoré menia sfarbenie v závislosti od pH prostredia. Zvyčajne sa používa roztok fenolftaleínu v etylalkohole, ktorým sa postrieka čerstvá lomová alebo rezná plocha. Zmena sfarbenia nastáva pri hodnote pH ≈ 9,5.

Proces korózie výstuže v betóne pozostáva z dvoch fáz – pasívne štádium (t₀) a aktívne štádium (t₁). Dĺžka pasívneho štádia závisí od hrúbky a kvality betónovej krycej vrstvy. Na odhadnutie dĺžky pasívneho štádia betónu stykov panelových budov sa stanoví materiálová konštanta betónu D zo vzťahu:

$$D = \frac{x^2}{2 \cdot t}$$

kde

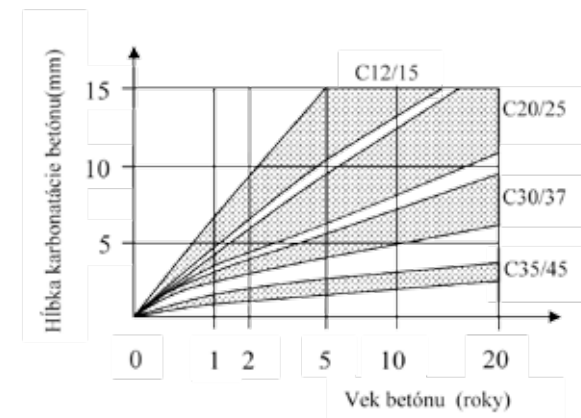
x je hĺbka karbonatácie betónu zistená napr. na čerstvej lomovej ploche acidobázickým indikátorom

t čas od zhotovenie budovy.

Postup karbonatácie betónu v zvolených časových intervaloch sa dá vypočítať pomocou vzťahu

$$x = \sqrt{2 \cdot D \cdot t}$$

Na obr. 1 je vykreslený priebeh karbonatácie betónov rôznych tried.



Obr. 1 Predpokladaný postup karbonatácie betónu

Kritériom životnosti panelových budov môže byť napríklad požiadavka, aby karbonatácia betónu nedosiahla povrch výstuže.

3. Zvislé styky panelovej konštrukčnej sústavy P1.15

Kvalita stykov panelových budov je ovplyvnená dvoma hlavnými faktormi: projekčnou činnosťou a kvalitou prác na stavbe. Ako konkrétny príklad chýb a nedostatkov v projekčnej činnosti možno uviesť príklad panelovej konštrukčnej sústavy bytových stavieb P1.15-BA. Jedná sa o problém zvislých stykov medzi stenovými panelmi. V katalógu stykov a spojov danej konštrukčnej sústavy [4] sa v technickej správe uvádza:

Styk *stena – stena* plní funkcie:

- a) zachytenie ťahových síl vo vodorovnom smere
- b) zachytenie šmykových zvislých síl od zaťaženia vetrom, seizmicity a nerovnomerne rozdeleného zvislého zaťaženia
- c) zabezpečenie roznosu zaťaženia od osamelých bremien na všetky stykované steny
- d) zabezpečenie rovnomerných zvislých deformácií v celom pôdoryse objektu.

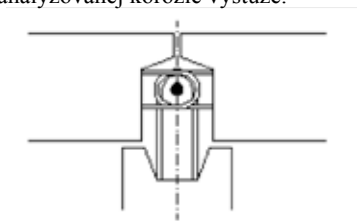
Tieto funkcie zabezpečuje:

- 1) profilovanie stenových panelov
- 2) tri vyčnievajúce a presahujúce sa oká ø E8 mm na výšku podlažia so zvislou oceľovou závlačkou

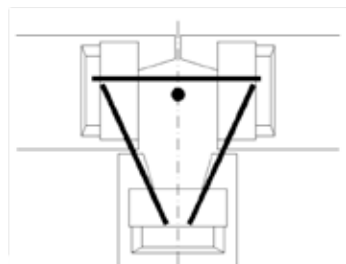
- 3) ocelové příložky, privarené k ocelovým platniám stykovaných panelov, ktoré sú umiestnené v hornom nároží panelov, doplnené zálievkovou výstužou
- 4) zálievka z cementovej malty MC 25.

Na obr. 2 je detail T-styku troch stenových panelov. V reze vidieť presahujúce sa oká \varnothing E8 mm, ktoré sú spomínané v bode 2. Stenové panely sa ukladali na rektifikačné skrutky, ktoré presahovali zo spodného stenového panela a prechádzali aj cez vodorovný styk stropných dielcov (obr. 4). Na stavbe sa ukázalo toto riešenie ako nevhodné. So stenovými panelmi osadenými na rektifikačné skrutky už nebolo možné hýbať, a tak bol problém v T-spoji panelov osadiť tretí panel. Na výšku podlažia boli navrhované vždy tri oká z každého panelu, ktoré bránili osadeniu zvyšných panelov v styku. V praxi sa to riešilo tak, že oká sa pri manipulácii s panelom zohli tak, aby neprekážali manipulácii s týmto prvkom. Po osadení všetkých panelov na rektifikačné skrutky už nebolo možné oká narovnať. Jediné funkčné prepojenie stenových panelov vo vodorovnom smere boli ocelové príložky privarené k ocelovým platniám stykovaných panelov, ktoré sú umiestnené v hornom nároží panelov (obr. 3). Takýto spoj ale nie je dostatočný na prenos vodorovných ťahových síl vznikajúcich v styku a preto v mnohých prípadoch vznikajú v týchto miestach široké zvislé trhliny. Tie sú v interiéri považované skôr za estetické poruchy, prípadne môžu nepriaznivo ovplyvňovať zvukovú nepriezvučnosť styku.

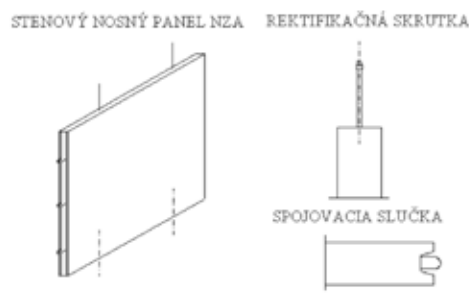
Obdobný problém bol zaznamenaný aj pri zvislých stykoch obvodového vrstveného plášťa. Tu vznik zvislých trhlín znamená priame ohrozenie styku atmosférickými vplyvmi, ktoré nepriaznivo pôsobia na trvanlivosť konštrukcie, najmä z hľadiska v časti 2 tohto článku analyzovanej korózie výstuže.



Obr. 2 Rez T-styku troch stenových panelov P1.15



Obr. 2 — Zvarené ocelové príložky na hornej hrane panelov



Obr. 4 Rozmiestnenie spojovacích slučiek a rektifikačných skrutiek v stenovom paneli

4. Závěry

Väčšina porúch vyskytujúcich sa na panelových konštrukciách sú poruchy aktívne, ktoré spôsobujú postupné zhoršovania fyzického stavu a úžitkových vlastností panelových budov. Medzi najzávažnejšie účinky z tohto hľadiska možno zaradiť koróziu výstuže v stykoch vystavených priamemu pôsobeniu vonkajšieho prostredia. To vedie k postupnému znižovaniu tuhosti nosného systému a nedostatočnému zabezpečeniu pred účinkami mimoriadnych zaťažení havarijného charakteru.

V príspevku uvedený postup na stanovenie dĺžky pasívneho štádia výstuže v betóne má uľahčiť hodnotenie stavu výstuže v styku. Alternatívne riešenie obnažením výstuže prichádza do úvahy iba v mimoriadnych prípadoch.

Vzhľadom na dlhú dobu užívania a pomerne veľké množstvo zistených porúch, pre prejavenie ktorých je čas významným faktorom, majú prehliadky a skúšky panelových budov veľký význam. Ak sa poruchy včas nezistia, môže to mať za následok ohrozenie spoľahlivosti panelovej budovy, resp. zvýšenie nákladov na jej rekonštrukciu. Z uvedených súvislostí vyplýva pre majiteľov panelových budov odporúčanie pravidelne sledovať, diagnostikovať a vyhodnocovať ich stav a v prípade potreby včas pristúpiť k ochrane, resp. sanácii.

Literatúra

- [1] KOTEŠ, P.: *Príspevok k stanoveniu hladiny spoľahlivosti existujúcich mostných konštrukcií*, dizertačná práca ŽU Žilina, 2005, 186 str.
- [2] STN 73 1211 Navrhování betonových konstrukcí panelových budov, 1987, 48 str.
- [3] BILČÍK, J.-DOHNÁLEK, J.: *Sanace betonových konstrukcí*. Bratislava: JAGA, 2003. 151 s.
- [4] Panelová konštrukčná sústava bytových stavieb P 1.15 BA, PD TP Radové sekcie s pórobetónovým plášťom, OP 1.15-BA IV. architektonický záber, Katalóg stykov a spojov, Stavoprojekt Bratislava, september 1984.

JAKOST A ZKUŠEBNICTVÍ – O ČEM SE NEMLUVÍ.

Ing. Václav Kučera, CSc,
tajemník TNK 38, betonové konstrukce

Jakost výrobku?

Jakost výrobku vyjadřuje souhrnný stav výrobku, jeho vlastnosti, vhodně navržené tvary a parametry, při kterých je výrobek způsobilý zajistit funkci, pro kterou byl zhotoven. Výrobek je tedy nositelem určitých dílčích vlastností a vlastností, které lze spojit s jakostí výrobku se nazývají znaky jakosti. Termín „znak jakosti“ se v některých normách nahrazuje v současné době termínem „Charakteristika kvality“. V článku je použito dřívějšího označení, protože je výstižnější a některé názvoslovné normy ho stále používají.

Znak jakosti je dílčí vlastnost výrobku, která se podílí na celkové jakosti výrobku. Znaky jakosti se zařazují zpravidla podle charakteru vlastností do následujících skupin.

Znaky technické:

základní technické parametry a vlastnosti výrobku podle jeho specifického určení, geometrické rozměry a způsob jejich provedení, fyzikálněchemické, biologické vlastnosti apod.

Znaky působící při užívání výrobku:

vlastnosti, které se uplatňují až při používání (spotřebování) výrobku. Patří mezi ně spolehlivost, životnost, udržovatelnost, opravitelnost, snadnost obsluhy, bezpečnost při manipulaci a provozu apod.

Znaky estetické, ekologické a ergonomické:

vyjadřující vnější vzhled výrobku, pečlivost provedení ale i vliv výrobku na životní prostředí a přizpůsobení tvarů, velikosti a ovládacích prvků možnostem člověka,

Znaky ekonomické: charakterizující velikost nákladů na vlastní výrobu, náklady spojené s užíváním výrobku, náklady na balení výrobku, konzervaci výrobku, opravy a preventivní údržbu.

Znaky jakosti mohou vyjadřovat popisované vlastnosti číselně (kvantitativně) nebo nečíselně (kvalitativně) v případě neměřitelných vlastností.

Pojem „znak jakosti“ je důležitý v celé oblasti zabezpečení jakosti a zkušebnictví, protože nezkoušíme „beton“, ale některý z jeho znaků jakosti jako např. křehčnou pevnost, pórovitost, modul pružnosti apod.

Předpisy v oblasti jakosti výrobků

V systémech liberálních ekonomik jsou zásahy státu do činností výrobních subjektů velmi omezené. Jakost výrobku je u většiny výrobků určována požadavky spotřebitele a mírou splnění těchto požadavků výrobcem (tržními principy). Uvedené tržní zásady platí však pouze v té části trhu, která je označována za neregulovaný (volný) trh.

Současná složitost výrobků způsobuje, že u řady výrobků jsou běžné tržní síly málo účinné a spotřebitel proto nemůže předem rozeznat rizika výrobků, která mu mohou způsobit újmu na zdraví, životě, majetku. Některé výrobky mohou rovněž působit negativně na životní prostředí. Oblast těchto výrobků je, nebo by měla být, předmětem státních zásahů.

Státní zásah se obvykle realizuje formou stanovení obvyklých požadavků na výrobky, tj. stát říká, jaké vlastnosti by měly mít výrobky, aby byly bezpečné.

Legislativa České republiky v oblasti jakosti výrobků

Právní rámec v problematice jakosti výrobků v ČR vymezují tyto následující hlavní legislativní normy:

- a) zákon o technických požadavcích na výrobky č. 22/1997 Sb.,
- b) obchodní zákoník č. 531/1991 Sb.,
- c) občanský zákoník č. 40/1964 Sb. ,

Základním dokumentem je **Zákon o technických požadavcích na výrobky č. 22/1997 Sb.**

Zákon upravuje:

- způsob stanovení technických požadavků na výrobky, které by mohly ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo přírodní prostředí,
- práva a povinnosti osob, které uvádějí na trh nebo distribuují výrobky, které by mohly ohrozit oprávněný zájem,
- práva a povinnosti osob pověřených k činnostem podle zákona (tvorba a uplatňování českých technických norem a státní zkušebnictví) .

Výrobek podle zákona je věc, která byla vyrobena, vytěžena nebo jinak získána bez ohledu na stupeň jejího zpracování a je určena k uvedení na trh.

Uvedení na trh je okamžik, kdy je výrobek v ČR poprvé úplatně nebo bezúplatně předán nebo nabídnut k předání za účelem distribuce nebo používání (výrobky domácí, dovezené).

Zákon definuje výrobce jako subjekt, který výrobek vyrábí, za výrobek zodpovídá a uvádí ho na trh pod svým jménem.

Technické požadavky na výrobek jsou:

- a) technická specifikace, která stanoví požadované vlastnosti výrobku (úroveň jakosti, užitné vlastnosti, bezpečnost, rozměry, způsob zkoušení výrobku, balení...),
- b) jiné požadavky nezbytné z důvodů ochrany oprávněného zájmu nebo ochrany spotřebitele, které se týkají celého období života výrobku až po jeho likvidaci.

Technické předpisy jsou právní předpisy vyhlášené uveřejněním plného znění ve Sbírce zákonů, které obsahují technické požadavky na výrobky, pravidla pro služby, povinnosti při uvádění výrobu na trh, při užívání, nebo předpis zakazující výrobu, dovoz, prodej či používání určitého výrobku.

Česká technická norma je dokument schválený pověřenou právníkou osobou – Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ) - pro opakované nebo stálé použití s označením ČSN, jehož vyhlášení bylo provedeno ve Věstníku ÚNMZ. Česká technická norma není obecně závazná.

Normy a dokumenty pro posuzování shody:

Požadavky na výrobky v regulovaném trhu jsou obsaženy v určených a harmonizovaných normách. Norma je harmonizovanou normou pokud plně přejímá požadavky stanovené evropskou harmonizovanou normou (označení ČSN EN). Určené normy jsou normy, které stanoví ÚNMZ, jako podklad pro splnění technických požadavků na výrobky, pro které nejsou k dispozici harmonizované normy.

Pokud jsou plněny požadavky harmonizované nebo určené normy, předpokládá se, že jsou plněny směrnice stanovené pro tyto výrobky.

Výrobky, které podléhají regulaci v ČR jsou určeny nařízením vlády. Pro stavebnictví platí nařízení vlády 163/2002 Sb. ve znění nařízení vlády č.312/2005 Sb. Pro výrobky, pro které byla vydána harmonizovaná evropská norma, platí ve stavebnictví nařízení vlády 190/2004 Sb.

Tato nařízení stanoví tyto povinnosti výrobců, dovozců a distributorů při uvádění výrobků na trh.

- výrobce a dovozce je povinen uvádět na trh jen bezpečné výrobky,
- bezpečným výrobkem je ten, který za běžných podmínek (předpokládaných, předvídatelných) nepředstavuje po dobu stanovené nebo obvyklé použitelnosti žádné nebezpečí nebo minimální nebezpečí, které lze považovat za přijatelné při užívání výrobku,
- při posuzování bezpečnosti výrobků se zejména sledují:
 - vlastnosti výrobku, životnost, složení, balení, obsah návodů pro montáž a uvedení do provozu a údržba a vymezení podmínek pro jeho užití,
 - vlivy daného výrobku na další výrobky pokud se předpokládá jeho využívání společně s jinými výrobky,
 - způsoby předvádění výrobku, označení výrobku a další informace poskytované výrobcem,

Za bezpečný se považuje výrobek, který splňuje požadavky příslušného technického předpisu, pokud předpis neexistuje, pak splnění požadavků norem, případně ten výrobek, jehož řešení odpovídá stavu vědeckých a technických poznatků známých v době uvedení výrobku na trh.

Posuzování shody výrobků

V nařízeních vlády je stanoven rozsah regulovaného trhu. Tato nařízení stanoví:

- **výrobky**, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu a proto u nich musí být posouzena shoda jejich vlastností s požadavky technických předpisů (stanovené výrobky),
 - **okruh osob**, které provádějí nebo se podílejí na posouzení shody.
- Pro jednotlivé skupiny stanovených výrobků jsou stanoveny podmínky pro uvádění výrobků na trh včetně postupů a úkonů, které musí být splněny při posuzování shody.

Státní zkušebnictví

Státní zkušebnictví je soubor činností zabezpečovaných ÚNMZ a tzv. pověřenými osobami. Úkolem těchto pověřených osob je zabezpečit u stanovených výrobků posouzení shody s požadavky technických předpisů.

Pověřenými osobami jsou **Autorizované osoby** (AO). Autorizovaná osoba ovšem není fyzická osoba, ale právní osoba. Název je pro neodborníka silně zavádějící a často se zaměňuje s autorizovanými inženýry a techniky ve výstavbě.

Certifikace je činnost nezávislé autorizované osoby, která vydáním certifikátu osvědčí, že výrobek nebo činnost je v souladu s technickými požadavky na výrobky.

Autorizace je pověření právní osoby k činnosti při posuzování shody výrobků, včetně posuzování činností souvisejících s jejich výrobou. Autorizaci uděluje ÚNMZ ve věcně vymezeném rozsahu (pro určité výrobky) na základě žádosti právní osoby, která musí splnit určité požadavky.

Při udělování autorizace se prověřuje:

- odborná úroveň potřebná pro posuzování shody
- finanční a jiná nezávislost
- vybavení zařízením pro technické a administrativní úkony,
- kvalifikace pracovníků a jejich počet
- způsob zajištění mlčenlivosti o skutečnostech získaných při činnosti.

ÚNMZ v průběhu platnosti pověření provádí kontroly pověřených osob zda plní stanovené požadavky (při nedostatcích může pověření i odejmout). Autorizace se uveřejňuje ve Věstníku ÚNMZ.

Autorizované osoby zajišťují v rozsahu vymezeném v rozhodnutí o autorizaci činnosti při posuzování shody výrobků včetně posuzování činností souvisejících s jejich výrobou.

Všechny činnosti musí AO provádět objektivně a postupy, které odpovídají stávajícím poznatkům vědy a technicky. Výsledkem činnosti je vydávání certifikátů.

AO mohou zrušit či změnit vydaný certifikát, pokud se zjistí, že výrobky nesplňují požadavky technických předpisů, které se na ně vztahují.

O čem se ale nemluví

Legislativa v oblasti jakosti stavebních výrobků, které mohou ohrozit oprávněný zájem se zdá taková, že jednoznačně zabezpečuje kvalitu stanovených výrobků na trhu. V praxi se ovšem vyskytují v tomto zabezpečení slabá místa.

Cihly, které se na stavbě rozpadají, stropní prvky, které padají, obkladačky, které praskají apod. nejsou zase tak výjimečnou událostí. Čím je to způsobeno.

Jakost výrobku je nejen technická, ale také velmi citlivá ekonomická záležitost. Definice jakosti, tak, jak se uvádí, je jednoznačně postavena na potřebách spotřebitele. Co když převažující účel výrobku je přinášet zisk výrobcí? Pochopitelná námitka zastánců neomezené tržní ekonomiky je, že nekvalitní výrobek se neprodá a proto nepřináší zisk. Patří se ovšem položit další otázku, zda výrobek prodává jeho jakost, nebo všudypřítomná, bezbřehá, agresivní reklama. Populární osobnosti z bavičského průmyslu ovlivní chování spotřebitele patrně daleko více než konstatování zkušebny o vlastnostech výrobku. Výrobci jsou si toho dobře vědomi a proto neporovnatelně vyšší náklady dávají na reklamu, než na zkoušení.

Otázka nezávislosti AO

Autorizovaná osoba, která na výrobek vydá certifikát, nemá ve skutečnosti žádné pravomoci, aby donutila výrobce vyrábět výrobky v odpovídající kvalitě. Může sice při zjištění nedodržení požadované kvality výrobku odebrat výrobcí certifikát, ovšem za cenu, že výrobce se obrátí na jinou AO, která výrobcí certifikát vydá, a to dokonce velmi ráda. I AO musí být totiž z něčeho živý a soutěživost a boj o zákazníka mezi AO, je to poslední co ke kvalitě výrobků přispívá. Takže ochrana spotřebitele resp. společnosti proti snaze výrobce o dosažení maximálního zisku na úkor kvality výrobku je výrazně omezena tím, že do kontrolního systému pronikl tržní princip, který nutí AO, aby nezávislost na finančních zdrojích nepřeháněly. Neznamena to, že by zkušebna upravovala výsledky ve prospěch zákazníka, ovšem zkušebnictví není zdaleka exaktní záležitost a na základě malého počtu výsledků zkoušek se hodnotí často rozsáhlá výroba. Jedná se vždy o některý druh statistického odhadu, kde je poměrně značný prostor pro úpravu hodnocení.

Omezená nezávislost zkušeben není však jediná slabina. Dalším slabým místem v rámci kontroly výrobků je normotvorná činnost a vlastní zkušebnictví.

Všeho je dost a bude ještě víc - i norem

V současné době jsme svědky exponenciálního růstu počtu norem. Proč k tomu dochází a co je toho příčinou se zřejmě asi nikdy nezjistí. Pravděpodobně i v tomto případě se jedná o fenomén, který Václav Bělohradský nazývá „*kolektivní šílenství racionálně uvažujících jedinců*“ a je typické pro současnou společnost nejen ve vydávání norem. Normy se navíc

staly významným faktorem konkurenčního boje, takže je nepravděpodobné, kdyby lobisté si nenašly cestu i k těmto zdrojům.

Pamatuji na přednášku prof. Faltuse před více než padesáti lety. Pan profesor tehdy poučil studenty stavebního inženýrství, že normy jsou užitečná věc, je třeba normy dodržovat, ale v žádném případě nemohou nahradit znalosti a zkušenosti pracovníka, který normy používá. Na podporu tohoto tvrzení uvedl, že lze navrhnout konstrukci, která vyhovuje všem normám a přesto konstrukce téměř jistě spadne. Pan profesor Bechyně šel ještě dále a cituji z jeho díla o betonovém stavitelství. „*Nevhodná řešení mohou být zejména vyvozována z ustanovení předpisů, podle nichž se musí vlastně železový beton uvažovati jako stavivo dokonalé s určitými vlastnostmi. Snadno se přihodí, že se na předpoklady platnosti zavedeného fiktivního staviva zapomene a časem se utvrdí přesvědčení, že vyztužený beton je skutečně a vždy takový, jak je předepsáno. Šablonovitě odvozovaná řešení mohou pak být nakonec v úplném rozporu se skutečností*“ (Bechyně: Stavitelství betonové Díl II, Praha 1938). Předpisy v uvedené citaci se myslí tehdy platné normy.

Vyjma množství norem, roste i jejich rozsah. Např. norma pro navrhování betonových konstrukcí měla v roce 1932 včetně předmluvy a obsahu 32 stran A5, tatáž norma v roce 2007 má 210 stran A4 tj nárůst na 1300%. Fiktivní stavivo se proti roku 1932 ale nezměnilo a zůstalo stále stejně fiktivním. Velké množství norem se stává nepřehledným a roste nebezpečí opomenutí věcí podstatných na úkor věcí méně důležitých. V oblasti normalizace jsou paradoxně technické normy nezávazné a jejich použití je dobrovolné, ale podle oficiální verze výhodné.

Co vlastně zkoušíme ?

Expanze norem se pochopitelně nezastavila ani před zkušebnictvím. Na normách o zkušebnictví je na první pohled zarážející jejich nevyváženost. Na jedné straně velice podrobně popisují jak se provádí vlastní měření, na druhé straně téměř přehlížejí, jak se má nakládat s jednotlivými výsledky. Říci by se to dalo také tak, že nepřiměřeně podrobné jsou normy zkušební a nepřiměřeně vágní jsou normy požadavkové. Nejasnosti jsou dány také tím, že výraz zkouška je obsahově víceznačný pojem, který nemá jednoznačnou technickou definici. V hovorové řeči se obvykle výraz zkouška používá jak pro měření jedné vlastnosti na jednom prvku, tak mnohem obecněji pro zkoušení jedné vlastnosti na více prvcích, nebo dokonce více vlastností na celé třídě prvků téhož výrobku. Např. pod pojmem zkouška betonu v hovorové řeči se obvykle myslí zkouška krychelné pevnosti betonu. Ve skutečnosti kromě zkoušky krychelné pevnosti se ztvrdlý beton zkouší v příčném tahu, zkouší se modul pružnosti, zkouší se dlouhodobé přetvárné vlastnosti a další. Zkouška se vždy týká konkrétního, znaku jakosti tj. jedné jeho dílčí vlastnosti. Je třeba rozlišovat, zda výsledek zkoušky se vztahuje pouze na jeden prvek, který se zkouší, nebo zda výsledek bude vztahován na celou skupinu (třidu) prvků. Např. zatěžovací zkouška mostu se týká pouze zkoušeného mostu, zkoušení krychelné pevnosti betonu obvykle vztahujeme na beton dané třídy v určitém objemu výroby.

Vlastnosti výrobků mají převážně charakter náhodných veličin, které mají obvykle nějaké zvonovité rozdělení. Více výsledků je ve středu rozdělení a méně při okrajích. Náhodná veličina má tu vlastnost, že výsledek experimentu nemůžeme stanovit před jeho provedením, protože výsledek záleží na velkém počtu malých vlivů, které jsou náhodné. Výsledek měření konkrétní vlastnosti je tzv. „realizace náhodné veličiny“ Zjistíme-li pevnost v tlaku jedné zkušební krychle nejde ještě o zkoušku betonu, jde o realizaci náhodné veličiny krychelné

pevnosti betonu. Na základě výsledků zkoušek více krychlí obvykle usuzujeme na vlastnost „krychelná pevnost betonu určité třídy“, která je vyjádřena např. charakteristickou hodnotou zjištěnou na základě jednotlivých výsledků. To, jakým způsobem se interpretují výsledky zkoušek je další, velmi problematická oblast zkušebnictví. Požadavkové normy obsahují tzv. kritéria shody, které říkají kdy je zkouška z hlediska zkoušené vlastnosti vyhovující a kdy nikoli. Kritéria shody nejsou pochopitelně stanovena nějakým exaktním postupem, i když se často tak tváří, ale převážně licitací členů normotvorné komise, tedy lidmi, kteří jsou, jak je známo, chybující. Pokud si prohlédneme minulé normy o některé problematice uvidíme, jak často se uvedená kritéria mění. Nespornou výhodou mají ti pracovníci, kterým byla dána do vinku víra, a kteří věří, že to, co je napsáno v poslední znění normy je pravda. Touto vírou jsou velmi často obdařeni lidé, kteří vlastní zkoušky nedělají, ale mají v popisu práce o zkouškách mluvit.

Problematická hodnota „charakteristická hodnota“

V normách, které zkoumají některé mechanické vlastnosti materiálů, se používá termín „charakteristická hodnota“, která se definuje jako pevnost materiálu, pod kterou je nejvýše 5% možných výsledků zkoušek hodnoceného materiálu. Toto je uvedeno výrazným způsobem na začátku normy. Dále v normě se ovšem čtenář dozví, že existují kritéria, která říkají kdy je této charakteristické hodnoty dosaženo. Neznám případ kdy by tato kritéria skutečně zajišťovala to co říká definice charakteristické hodnoty. Např. známá ČSN EN 206-1 uvádí kritéria shody, která umožňují převzít beton, ve kterém může být až 45% možných výsledků zkoušek pod hodnotou, která se pro danou třídu uvádí jako charakteristická hodnota. Podobné případy lze nalézt i v jiných normách.

Z hlediska zkoušek materiálu je třeba připomenout i ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Jedná se sice o normu pro navrhování, ale příloha D je věnována zkoušení, a některé požadavkové normy se na tento Eurokód odvolávají. Charakteristická hodnota je v tomto Eurokódu definována běžným způsobem jako kvantita 5% základního souboru. Pro vyčíslení charakteristické hodnoty je uvedena tabulka součinitelů, která ale neudává toleranční meze, které, jak je všeobecně známo, se vztahují k základnímu souboru, ale tzv. předpovědní meze, které, jak je méně známo, se vztahují k budoucímu výběru. Tedy k něčemu jinému. Vysvětlení se hledá těžko, pokud se opětovně nechci dovolávat známého dříve uváděného filozofa. Jistě by se našla v příslušných komisích malá finanční hotovost pro někoho kdo má znalosti základních statistických metod a recenzi příslušné normy v této oblasti by provedl. Celá problematika charakteristických hodnot by ovšem mohla odpadnout, kdyby v normách byly uvedeny tzv. confidence, tj. spolehlivost, s jakou má být charakteristická hodnota stanovena. Úloha je pak jednoznačná a nejsou potřeba žádná doplňující pseudokritéria, ale ani experti, kteří tato kritéria vymýšlejí.

Nic není jisté

Další oblastí, o které se ve slušné společnosti pracovníků akreditovaných nebo neakreditovaných zkušebních laboratoří nemluví, jsou Nejistoty měření. Ty jsou Černá můra těch pracovníků zkušeben a certifikačních orgánů, kteří o nich něco málo vědí, a nechávají v klidu ty pracovníky, kteří o nich nikdy ani neslyšeli. O co se jedná?

Stručný popis je tento: Nejistota měření charakterizuje rozsah naměřených hodnot okolo výsledku měření, který lze důvodně přiřadit k hodnotě měřené veličiny. Nejistota měření se týká nejen výsledku měření, ale i měřících přístrojů, hodnot použitých konstant, korekci

apod., na kterých nejistota výsledku měření závisí. Základem určování nejistot měření je statistický přístup. Předpokládá se určité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje, jak se může udávaná hodnota odchylovat od skutečné hodnoty, resp. pravděpodobnost, v jak širokém intervalu se může nacházet skutečná hodnota.

Pokud neznáme k výsledkům měření nejistotu, s jakou bylo toto měření provedeno, víme totiž velice málo o tom co jsme naměřili. Tušíme, že kdybychom měření opakovali dostaneme jiný výsledek, ale nevíme zda se budeme lišit o 10% nebo 100%. To je nepříjemné. Na druhé straně je nutno přiznat, že nejistoty měření jsou všem na obtíž. Pracovník laboratoře má k nejistotám negativní vztah, protože by musel problematiku nastudovat a pak poměrně pracně nejistoty vypočítávat. Objednatel zkoušky nechce o nejistotách slyšet, protože za své peníze chce jednoznačný a pro něj příznivý výsledek. Pochybné výsledky s nějakou nejistotou přece nebude platit. Pro vedoucí pracovníky jsou nejistoty měření pod horizontem jejich vnímání. Takže nakonec zbývá pouze požadavek ČSN EN ISO/IEC 17025, Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří, který říká, že laboratoř musí mít vypracované postupy pro stanovení nejistot a nejistoty uvádět tam, kde výsledek měření má vliv na soulad s mezní hodnotou danou specifikací. To bohužel je vždy, protože zkoušky se dělají proto, aby se nějaký soulad potvrdil. Jak z toho ven? Prozatím se osvědčuje předstírat, že žádné nejistoty měření neexistují, a že to co naměříme, je absolutně přesné. Prostě pevnost betonu je průměr z výsledků tří krychlí a kdo snad něco namítá tak tomu nerozumí, protože statistika je podvod. Důležité je, aby protokol měl předepsanou formu, byl úhledně napsán a měl patřičnou doložku. Pak je vše v pořádku a je naděje, že i další reakreditace bude úspěšná.

Závěr

Úloha zkušeben a autorizovaných osob není v liberální ekonomice jednoduchá. Tržní hospodářství nepřeje jakékoli regulaci a ponechává ruce trhu, aby si poradila. Ne vždy to trh dokáže. Stavba se staví s výhledem 50 až 100 let a pokud se nám stavba nelíbí, nemáme možnost nechat stavbu zbourat a postavit si novou od jiného dodavatele, tak jako si koupíme novou košili. Zkušebny a Autorizované osoby mají na jedné straně kontrolovat jakost výrobků a vydávat o jakosti výrobku certifikát, tj. kontrolovat výrobce, na druhé straně tato kontrola má být prováděna v rámci tržních vztahů jako služba zákazníkovi. Velice to připomíná úkol Odyssea proplout mezi Skyllou a Charybdou. Jak je známo Odysseus měl při plavbě potíže.

Literatura:

Václav Bělohorský: Malý příruční slovník globalizace: deset hesel k porozumění a obraně.
<http://www.multiweb.cz/hawkmoon/slovník.htm>

Jan Keller: Všeho je dost a bude ještě víc.

<http://www.darius.cz/jankeller/cl45.html>

Eduard Petiška: Staré řecké báje a pověsti

<http://www.ctenarsky-denik.cz/296-Eduard-Petiska-Stare-recke-baje-a-povesti>

Helmut Swoboda: Moderní statistika. Nakladatelství Svoboda, Praha 1977

ZKOUŠENÍ SPORTOVNÍCH PODLAH PRO HALY A ZKOUŠENÍ UMĚLÝCH POVRCHŮ PRO VENKOVNÍ SPORTOVIŠTĚ

Ing. Miroslav Vokáč (1)

Ing. Jiří Kolisko, Ph.D. (2)

(1) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, Tel. 224 353 509,
e-mail: vokac@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz

(2) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, Tel. 224 353 537,
e-mail: kolisko@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz

Anotace:

V posledních desetiletích se na mezinárodní úrovni vyvíjely různé zkoušky pro hodnocení vzájemné interakce sportovních povrchů a sportovců [1]. Vzájemná interakce je obvykle porovnávána s hodnotami pro tuhou betonovou podlahu. Zkušební postupy se staly součástí předpisů mezinárodních sportovních federací a již dlouhou dobu jsou součástí německých národních norem. V Německu má také původ zkušební zařízení Berlin, které se po určitém vývoji dnes nazývá „Umělý sportovec“. Zkoušky sportovních podlah a umělých povrchů se nedávno zavedly v evropských normách a jsou v systému ČSN převzaty překladem.

1. Požadavky na sportovní povrchy a přehled vybraných standardů

Na sportovní podlahy v halách a umělé povrchy venkovních sportovišť jsou kladeny rozličné požadavky. Podle ČSN EN 14904 „Povrchy pro sportoviště - Halové povrchy pro víceúčelové použití - Specifikace“ jsou požadavky rozděleny do dvou skupin. První skupinu tvoří požadavky na bezpečnost při používání a druhou technické požadavky.

Požadavky na bezpečnost při používání se týkají vlastností, které ovlivňují vzájemnou interakci uživatele, tj. sportovce, a vlastního sportovního povrchu. Je požadováno, aby podlaha zmenšovala účinky rázových zatížení na lidský organismus a byla tak snížena zátěž kloubů. Na druhé straně je požadováno, aby významná část energie rázu byla navrácena do odrazu sportovce, protože jinak by byl aktivní pohyb sportovce příliš unavující. Tyto vlastnosti jsou normovými předpisy zjišťovány pomocí zkoušek absorpce nárazu a vertikální deformace. Optimální kompromisní řešení je závislé na druhu sportovní aktivity. Posledním požadavkem na bezpečnost je tření, kdy se hodnotí protismykové vlastnosti sportovního povrchu.

Technické požadavky se týkají ostatních vlastností a podle ČSN EN 14904 se hodnotí zejména výška odrazu basketbalového míče, odolnost podlahy proti mechanickému poškození, reakce na oheň, obsahy různých chemických látek, světelné vlastnosti nebo rovinatost.

U venkovních sportovních ploch, kdy se jedná o umělé trávníky nebo umělé atletické povrchy, jsou požadavky obdobné. U venkovních ploch se hodnotí např. i propustnost a drenážní vlastnosti. Provedení zkoušek absorpce nárazu a vertikální deformace může mít drobné odlišnosti v závislosti na typu povrchu. Místo basketbalového míče se pro výšku odrazu používají i fotbalové nebo tenisové míče.

ZKOUŠENÍ SPORTOVNÍCH PODLAH PRO HALY A ZKOUŠENÍ UMĚLÝCH POVRCHŮ PRO VENKOVNÍ SPORTOVIŠTĚ

Ing. Miroslav Vokáč (1)

Ing. Jiří Kolisko, Ph.D. (2)

(1) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, Tel. 224 353 509,
e-mail: vokac@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz

(2) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, Tel. 224 353 537,
e-mail: kolisko@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz

Anotace:

V posledních desetiletích se na mezinárodní úrovni vyvíjely různé zkoušky pro hodnocení vzájemné interakce sportovních povrchů a sportovců [1]. Vzájemná interakce je obvykle porovnávána s hodnotami pro tuhou betonovou podlahu. Zkušební postupy se staly součástí předpisů mezinárodních sportovních federací a již dlouhou dobu jsou součástí německých národních norem. V Německu má také původ zkušební zařízení Berlin, které se po určitém vývoji dnes nazývá „Umělý sportovec“. Zkoušky sportovních podlah a umělých povrchů se nedávno zavedly v evropských normách a jsou v systému ČSN převzaty překladem.

1. Požadavky na sportovní povrchy a přehled vybraných standardů

Na sportovní podlahy v halách a umělé povrchy venkovních sportovišť jsou kladeny rozličné požadavky. Podle ČSN EN 14904 „Povrchy pro sportoviště - Halové povrchy pro víceúčelové použití - Specifikace“ jsou požadavky rozděleny do dvou skupin. První skupinu tvoří požadavky na bezpečnost při používání a druhou technické požadavky.

Požadavky na bezpečnost při používání se týkají vlastností, které ovlivňují vzájemnou interakci uživatele, tj. sportovce, a vlastního sportovního povrchu. Je požadováno, aby podlaha zmenšovala účinky rázových zatížení na lidský organismus a byla tak snížena zátěž kloubů. Na druhé straně je požadováno, aby významná část energie rázu byla navrácena do odrazu sportovce, protože jinak by byl aktivní pohyb sportovce příliš unavující. Tyto vlastnosti jsou normovými předpisy zjišťovány pomocí zkoušek absorpce nárazu a vertikální deformace. Optimální kompromisní řešení je závislé na druhu sportovní aktivity. Posledním požadavkem na bezpečnost je tření, kdy se hodnotí protismykové vlastnosti sportovního povrchu.

Technické požadavky se týkají ostatních vlastností a podle ČSN EN 14904 se hodnotí zejména výška odrazu basketbalového míče, odolnost podlahy proti mechanickému poškození, reakce na oheň, obsahy různých chemických látek, světelné vlastnosti nebo rovinatost.

U venkovních sportovních ploch, kdy se jedná o umělé trávníky nebo umělé atletické povrchy, jsou požadavky obdobné. U venkovních ploch se hodnotí např. i propustnost a drenážní vlastnosti. Provedení zkoušek absorpce nárazu a vertikální deformace může mít drobné odlišnosti v závislosti na typu povrchu. Místo basketbalového míče se pro výšku odrazu používají i fotbalové nebo tenisové míče.

Soustavy norem DIN, EN nebo jiné předpisy vydávané mezinárodními sportovními svazy či federacemi nejsou sjednoceny. Tuto skutečnost je třeba zohledňovat nejen při porovnávání výsledků, ale i při sjednávání kontraktu o provádění zkoušek. V evropských normách, které byla u nás převzaty překladem, se pro zkoušky absorpce nárazu a vertikální deformaci používá zařízení nazývané „Umělý sportovec“, které vychází z německých národních normových předpisů. Přehled těch nejdůležitějších norem v oblasti sportovních podlah je následující:

Normy DIN

- DIN 18032-2 Sporthallen - Hallen für Turnen, Spielen und Mehrzwecknutzung - Teil 2: Sportböden; Anforderungen, Prüfungen (Sportovní haly - Haly pro gymnastiku, hry a víceúčelové použití - Část 2: Podlahy pro sportovní aktivity, požadavky, zkoušení)
- DIN 18035-6 Sportplätze - Teil 6: Kunststoffflächen (Sportoviště - Část 6: Syntetické povrchy)
- DIN 18035-7 Sportplätze - Teil 7: Kunststoffrasenflächen (Sportoviště - Část 6: Syntetické travnaté plochy)

Tyto normy byly v posledních letech upraveny a byly vydány přednormy DIN V 18032-2:2001, DIN V 18035-6:2004 a DIN V 18035-7:2002.

Normy ČSN EN (převzato překladem)

- ČSN EN 14904 Povrchy pro sportoviště - Halové povrchy pro víceúčelové použití - Specifikace
- ČSN EN 14808 Povrchy pro sportoviště - Stanovení absorpce nárazu
- ČSN EN 14809 Povrchy pro sportoviště - Stanovení vertikální deformace
- ČSN EN 12235 Povrchy pro sportoviště - Stanovení výšky odrazu míče
- ČSN EN 1569 Povrchy pro sportoviště - Stanovení chování při valivém zatížení

Ostatní předpisy

IAAF Performance Specifications for Synthetic Surfaced Athletics Tracks (IAAF specifikace funkčních vlastností pro syntetické povrchy atletických drah) [2].

2. Stanovení absorpce nárazu

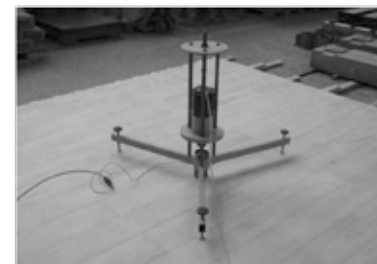
Zkouška absorpce nárazu podle ČSN EN 14808 vychází z národní německé normy DIN 18032-2. Používá se zkušební zařízení „Umělý sportovec“ (Künstlicher Sportler, Artificial Athlete - AA), který je zobrazen na obr. 1. Jedná se o stativ se závažím hmotností 20 kg, elektromagnetem a tzv. nohou umělého sportovce. Noha je složena ze dvou kruhových ocelových desek, mezi kterými je pružina tuhosti 2000 N/mm a siloměr.

Zkoušení se provádí tak, že závaží je puštěno elektromagnetem z výšky 55 mm nad horní dopadovou deskou nohy sportovce. Zaznamenává se síla měřená dynamometrem při prvním nárazu závaží po jeho spuštění. Vzorkovací frekvence měřeného signálu má být nej-

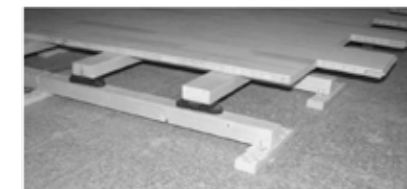
méně 2 kHz. Protože vlastní frekvence kovových částí umělého sportovce je mnohem vyšší než frekvence odezvy samotné podlahy, je předepsáno filtrování signálu dolnoproustným filtrem. Jedná se o dolní propust typu Butterworth druhého řádu s -3 dB z frekvence 120 Hz. Vliv dolní propusti je zobrazen na obr. 3, kde je na grafu vykreslen průběh síly měřené dynamometrem bez filtrování signálu a potom s filtrováním předepsanou propustí za pomoci rychlé Fourierovy transformace (FFT), kdy se pomocí FFT nejprve získá frekvenční spektrum, amplitudy pro dané frekvence se přenásobí odpovídající hodnotou filtrační funkce a následně je projedena inverzní transformace FFT. Filtrační funkce pro tento případ je ve tvaru:

$$H(f) = \frac{1}{1 + \left(\frac{f}{120\text{Hz}}\right)^4} \quad (1)$$

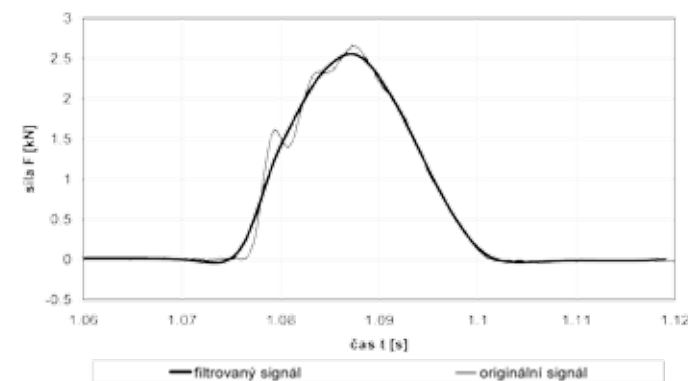
Na obr. 3 je zřejmý vliv vysokých frekvencí vlastního zkušebního zařízení, proto je filtrování signálu vzhledem k opakovatelnosti měření nezbytné. Pro stanovení parametru redukce síly R je třeba stanovit maximální velikost působící síly při prvním dopadu závaží.



Obr. 1: Umělý sportovec



Obr. 2: Roštová skladba dřevěné sportovní podlahy



Obr. 3: Měření síly při zkoušce absorpce síly „Umělým sportovcem“ - původní a filtrovaný signál

Výsledný parametr redukce síly R (Kraftabbau KA, force reduction FR), se určí podle výrazu

$$R = \left(1 - \frac{F_t}{F_r}\right) \cdot 100 \quad [\%]. \quad (2)$$

Podle ČSN EN 14904 má být průměrná hodnota redukce síly R pro víceúčelové povrchy hal v rozmezí 25 až 75 %. Jsou zde také uvedeny typické hodnoty pro různé typy podlah, viz tab. 1. Podle německé DIN V 18032-2 jsou kritéria pro povrchy v halách mnohem přísnější, viz také tab. 1.

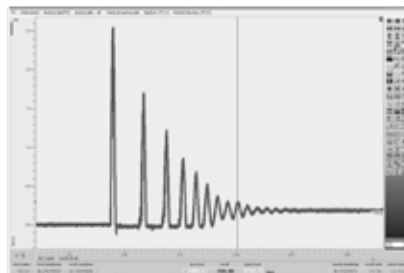
U syntetických povrchů požaduje předpis mezinárodní federace IAAF pro atletické dráhy redukcí síly v rozmezí 35 až 50 %. Německý předpis DIN 18035-6 u syntetických povrchů požaduje pro plochy hřišť a pro plochy určené ke smíšenému použití (zde se uvažují i školní hřiště) redukcí síly $R \geq 45 \%$. U umělých trávníků požaduje DIN 18035-7 u fotbalových hřišť $R \geq 45 \%$ a pro pozemní hokej $R \geq 70 \%$.

Tab. 1: Typické hodnoty podle ČSN EN 14904 a kritéria DIN V 18032-2 pro redukcí síly R v %

Typické hodnoty podle ČSN EN 14904				
Typ	bodově pružná podlaha	smíšená sportovní podlaha	plošně pružná podlaha	kombinované pružné podlahy
1	$25 \leq R < 35$			
2	$35 \leq R < 45$			
3	$45 \leq R$	$45 \leq R < 55$	$40 \leq R < 55$	$45 \leq R < 55$
4		$55 \leq R < 75$	$55 \leq R < 75$	$55 \leq R < 75$
Kritéria podle DIN V 18032-2				
Typ	bodově pružná podlaha	smíšená sportovní podlaha	plošně pružná podlaha	kombinované pružné podlahy
	Kategorie 1 $51 \leq R$ Kategorie 2 $45 \leq R$	$53 \leq R$	$53 \leq R$	$58 \leq R$



Obr. 4: Referenční měření na tuhé betonové podlaze



Obr. 5: Záznam celého měření při zkoušce absorpce síly

3. Vertikální deformace

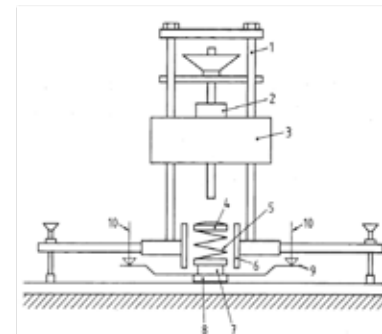
Vertikální deformace se zkouší pomocí „Modifikovaného umělého sportovce“, který má tuhost pružiny v noze sportovce 40 N/mm. Dolní ocelová deska nohy sportovce je opatřena přípravky pro měření deformace podlahy v ose dopadu závaží pomocí dvou relativních snímačů dráhy, které jsou připevněny na zvláštním stativu, viz obr. 6 a 7.

Závaží hmotnosti 20 kg je pouštěno elektromagnetem z výšky 120 mm nad zkušební nohou sportovce. Při měření se určí maximální hodnota síly a posunů při prvním dopadu závaží na nohu sportovce. Na každém měřicím bodu se provádí min. 4 měření. Zkouška vertikální deformace se provádí současně se zkouškou deformační prohlubně, kdy na zvláštním stativu jsou umístěny další dva snímače dráhy, které měří deformaci podlahy ve vzdálenosti 500 mm nebo 100 mm od osy dopadu závaží, viz obr. 7.

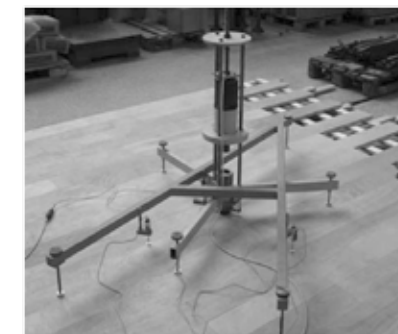
Vertikální deformace D (Standardverformung StV, vertical deformation VD) se z velikosti maximální působící síly F_{max} v kN a maximální deformace podlahy v ose dopadu závaží (průměr z měření dvěma snímači posunu v mm) vypočte podle vztahu:

$$D = \frac{1,5 \cdot f_{max}}{F_{max}} \quad [\text{mm}]. \quad (3)$$

Velikost vertikální deformace D je tedy hodnota průhybu normovaná pro hodnotu maximální působící síly při dopadu závaží 1,5 kN.



Obr. 6: Schéma modifikovaného umělého sportovce pro zkoušku vertikální deformace a deformační prohlubně



Obr. 7: Zkouška vertikální deformace a deformační prohlubně

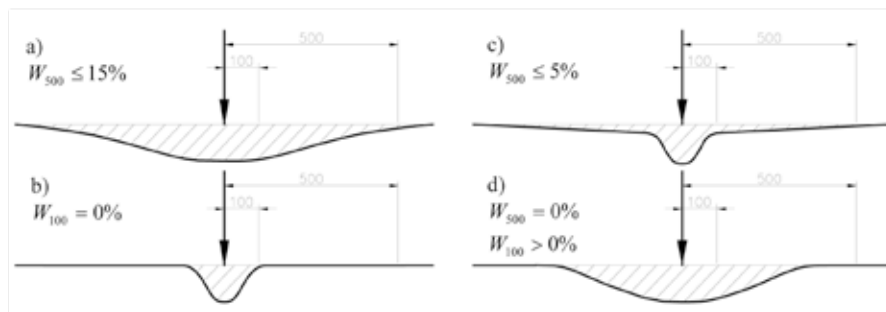
V tab. 2 jsou typické hodnoty podlah uváděné v ČSN EN 14904 a kritéria podle DIN V 18032-2. Evropská norma ČSN EN 14904 uvádí jediné kritérium, a to maximální velikost deformace 5,0 mm.

Pro syntetické povrchy venkovních sportovišť atletických drah by podle IAAF měla být vertikální deformace v rozmezí hodnot 0,6 až 1,8 mm. DIN 18035-6 uvádí pro syntetické povrchy atletických drah rozmezí hodnot 0,6 až 1,8 mm (tj. shodně s požadavkem IAAF) a u umělých povrchů venkovních hřišť a kombinovaných ploch maximální hodnotu 4,0 mm.

Tab. 2: Typické hodnoty podle ČSN EN 14904 a kritéria DIN V 18032-2 pro vertikální deformaci D v mm

Typické hodnoty podle ČSN EN 14904				
Typ	bodově pružná podlaha	smíšená sportovní podlaha	plošně pružná podlaha	kombinované pružné podlahy
1	$D \leq 2,0$			
2	$D \leq 3,0$			
3	$D \leq 3,5$	$D \leq 3,5$	$1,8 \leq D < 3,5$	$1,8 \leq D < 3,5$ $0,5 \leq D_p < 2,0^{**})$
4		$D \leq 3,5$	$2,3 \leq D < 5,0$	$2,3 \leq D < 5,0$ $0,5 \leq D_p < 2,0^{**})$
Kritéria podle DIN V 18032-2				
Typ	bodově pružná podlaha	smíšená sportovní podlaha	plošně pružná podlaha	kombinované pružné podlahy
	Kategorie 1 $D \leq 3,5$ Kategorie 2 $D \leq 3,0$	$2,3 \leq D$	$2,3 \leq D$	$3,0 \leq D \leq 5,0$

^{**)} D_p je vertikální deformace bodově pružné složky.



Obr. 8: Deformační prohlubně a konstrukční typy podlah podle DIN V 18032-2: a) plošně elastická; b) bodově elastická; c) kombinovaná; d) smíšená sportovní podlaha

Hodnota **deformační prohlubně** (Verformungsmulde) se spočte z maximální hodnoty průhybu v ose dopadu závaží a a z průhybu ve vzdálenosti od osy dopadu závaží (tj. 100 nebo 500 mm) podle výrazu:

$$[\%]. \quad (4)$$

Charakteristiky deformační prohlubně W_{100} a W_{500} jsou důležité pro klasifikaci typu podlahy. Podlahy mohou být podle technického řešení plošně elastické, bodově elastické, kombinované nebo smíšeného typu. O této klasifikaci rozhoduje jejich konstrukční uspořádání (roštové konstrukce, pružné vrstvy atd.), které má vliv na tvar deformační prohlubně, viz obr. 8.

4. Výška odrazu míče

Výsledkem je relativní procentuální výška odrazu R , která vyjadřuje v procentech výšku odrazu daného míče v porovnání s výškou odrazu na tuhé betonové podlaze. Zkoušení může probíhat s basketbalovým, fotbalovým, tenisovým míčem nebo míčem pro pozemní hokej. Míče musí splňovat požadavky příslušné mezinárodní sportovní federace (FIBA, FIFA, ITF nebo FIH).

Míč je spouštěn pomocí vakuového zařízení, aby nebyl pád ovlivněn nežádoucí rotací nebo jiným impulsem síly. Výška spuštění i výška odrazu se měří mezi horní plochou sportovního povrchu a dolním povrchem míče. V německé normě DIN 18032-2 je ale odlišnost a výška odrazu basketbalového míče je měřena mezi horní plochou podlahy a horním povrchem míče (vychází z basketbalových pravidel pro kontrolu správného huštění míče). Míč musí být nahuštěn na takový tlak, aby odraz na betonové podlaze určený z pěti měření byl v normě předepsaných mezích. Výšky spuštění a výšky odskoku na betonové podlaze jsou uvedeny v tab. 3.

Měření se provádí optickými metodami, a to nejčastěji pomocí vhodně umístěného měřítka a videozáznamu, viz obr. 9 a 10. Při vyhodnocování je třeba uvážit zásady fotogrametrie a zohlednit vzdálenost kamery od osy dopadu míče, vzdálenost kamery od měřítka a také sklon záměrné přímky. Hodnota výšky odrazu má být podle ČSN EN 14904 stanovena technickými prostředky, které mají rozlišovací schopnost lepší než 1 % výšky spuštění, tomu odpovídá u basketbalového míče rozlišovací schopnost 18 mm, ale podle DIN V 18032-2 je požadováno dokonce rozlišení min. 5 mm.

Tab. 3: Výšky spuštění a výšky odrazu míčů na betonové podlaze

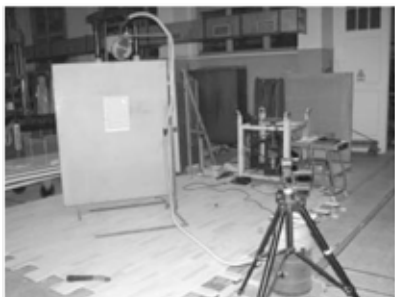
Druh míče	Podle ČSN EN 12235		Podle DIN V 18032-2 a DIN V 18035-7	
	výška spuštění [m]	výška odrazu od betonu [m]	výška spuštění [m]	výška odrazu od betonu [m]
basketbalový míč	1,80	$1,050 \pm 0,025$	1,80	$1,30 \pm 0,025^{**})$
fotbalový míč	2,00	$1,350 \pm 0,050$	1,80	$1,3 \pm 0,1$
tenisový míč	2,54	$1,400 \pm 0,025$	2,54 ^{***)}	1,35 až 1,47 ^{***)}
míč pro pozemní hokej	2,00	$0,575 \pm 0,025$	1,50	není předepsáno

^{*)} Výška odrazu se měří mezi horním povrchem podlahy a horním povrchem míče.
^{***)} Hodnota pouze pro kontrolu vhodnosti použití tenisového míčku. Výška spuštění míče při samotné zkoušce je pouze 1,8 m.

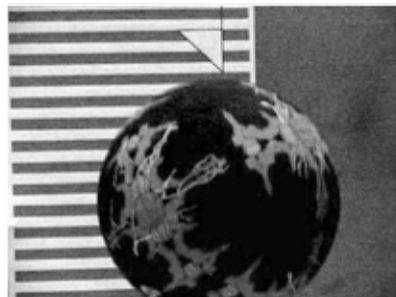
Relativní procentuální výška odrazu R (Ballreflexion BR) se vypočte z výšky odrazu na sportovním povrchu a výšky odrazu na betonové podlaze podle vztahu:

$$R = \frac{R_s}{R_c} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (5)$$

Normy DIN V 18032-2 i ČSN EN 14904 udávají minimální hodnotu R pro basketbalová hřiště 90 %. U umělých trávníků je podle DIN V 18035-7 požadováno pro fotbalový míč $R \leq 90 \%$, pro tenisový míček $R \geq 80 \%$ a pro pozemní hokej je uveden požadavek na výšku odrazu 0,12 až 0,40 m.



Obr. 9: Uspořádání zkoušky výšky odrazu míče



Obr. 10: Odečtení výšky odrazu z videozáznam

7. Shrnutí

Zkušební metody pro hodnocení kvality sportovních podlah a umělých povrchů se vyvíjely teprve v posledních desetiletích. Při tvorbě evropských norem bylo dokonce navrhováno pro zkoušky absorpce síly a vertikální deformace alternativní používání tří různých zkušebních zařízení (artificial athlete - AA, sports floor tester - SFT, accelerometric test - AT). Zkušební postupy nelze stále považovat za ustálené a můžeme očekávat jejich další vývoj. Proto se také setkáváme u jednotlivých norem s menšími nebo většími odchylky v provádění zkoušek. Vlastní předpisy vydávají také mezinárodní sportovní federace. Velké odlišnosti jsou rovněž ve stanovení hodnotících kritérií. Zatímco evropské normy udávají velmi široké rozpětí vyhovujících hodnot, v německých národních normách jsou kritéria přísnější a jsou podrobněji specifikována podle druhu provozované sportovní činnosti. Normy DIN vymazují také kritéria pro plochy určené ke smíšenému použití, kam patří plochy pro volnočasové sportovní aktivity nebo školní hřiště a tělocvičny.

8. Literatura

- [1] International association for sports surface science (<http://www.iss.de>)
- [2] IAAF Performance Specifications for Synthetic Surfaced Athletics Tracks (<http://www2.iaaf.org/TheSport/Technical/Tracks/PerfSpecifications.html>)

REZONANČNÍ METODA V NOVÝCH NORMÁCH PRO ZKOUŠENÍ KAMENE A BETONU

Ing. Petr Cikrle, Ph.D. (1)
 Ing. Zbyněk Hlaváč (2)
 Ing. Lucie Králová (3)

- (1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno
 Tel. 541147814, e-mail: cikrle.p@fce.vutbr.cz, web: www.fce.vutbr.cz/SZK
- (2) Dtto, Tel. 541147816, e-mail: hlavac.z@fce.vutbr.cz, web: www.fce.vutbr.cz/SZK
- (3) Dtto, Tel. 541147816, e-mail: kralova.l@fce.vutbr.cz, web: www.fce.vutbr.cz/SZK

Anotace:

Metoda stanovení vlastních - rezonančních - frekvencí těles poskytuje důležité informace o změnách ve vnitřní struktuře stavebních materiálů. Ačkoliv je rezonanční metoda známa již dlouho včetně jejího zakotvení v ČSN, byla v poslední době stále méně využívána v naší stavební praxi. Nyní se opět dostává do popředí díky dvěma normovým zkušebními postupům, týkajících se mrazuvzdornosti přírodního kamene a odolnosti proti zmrazování betonu. Příspěvek se zabývá porovnáním zkušebních postupů v původní ČSN 73 1372 Rezonanční metoda zkoušení betonu a v nových normách pro zkoušení mrazuvzdornosti přírodního kamene a zkoušení odolnosti betonu proti zmrazování a rozmrazování. Mezi těmito metodikami existuje řada výrazných rozdílů, které se týkají použitého měřicího zařízení, postupu měření i způsobu vyhodnocování výsledků.

1. Úvod

Přibližně před čtyřmi roky bylo navrženo zrušení normy ČSN 73 1372 [1] pro rezonanční metodu zkoušení betonu se zdůvodněním, že se v naší betonářské praxi prakticky vůbec nepoužívá. Přitom v téže době byla přijata nová norma ČSN EN 12371 [2] pro zkoušení mrazuvzdornosti přírodního kamene, v níž je měření dynamického elastického modulu pomocí základní rezonanční frekvence prakticky základní identifikační zkouškou. Tato norma byla navíc doplněna normou ČSN EN 14146 [3] obsahující podrobný postup rezonanční zkoušky. Bylo tedy pouze otázkou času, kdy se podobné měření objeví v normách pro zkoušení betonu. Stalo se tak prakticky v lednu letošního roku, kdy byla vydána ČSN 73 1380 Zkoušení odolnosti betonu proti zmrazování a rozmrazování – Porušení vnitřní struktury [4].

2. Porovnání metodik měření rezonančních frekvencí

2.1 Obecný princip

Každý předmět z tuhého materiálu se po mechanickém impulsu rozkmitá. Toto kmitání se může uskutečnit mnoha způsoby, k vyhodnocení dynamických materiálových charakteristik pravidelných těles používáme vlastní kmitočty podélného f_L , krouživého f_t a příčného f_f kmitání. Jako rezonanci (vlastní kmitočty) označujeme jev vzrůstu amplitudy vynucených kmitů zkoušeného tělesa na maximum, ke kterému dochází v případě, kdy kmitočty vnější budící síly je shodný s vlastním (rezonančním) kmitočtem tělesa.

Základní rezonanční frekvence se určují pomocí dvou metod závislých na kmitání zkušební tělesa, které jsou založeny na:

- 1) nepřerušovaném (spojitém) kmitání;
- 2) přerušovaném (impulsním) kmitání.

V prvním případě potřebujeme rezonanční přístroj, který vysílá do materiálu zkušební tělesa mechanické kmitání. Kmitočť je plynule laditelný, obvykle od 30 Hz do minimálně 20 kHz. Přístroj dále měří odezvu vzorku na vysílaný kmitočť, měří a případně zobrazuje amplitudu kmitání vzorku na obrazovce osciloskopu.

Ve druhém případě je zkušební zařízení podstatně jednodušší. K vyvození kmitání potřebujeme pouze impulsní kladívko, ke snímání kmitání pak snímač a Fourierův analyzátor, což je např. přenosný počítač a příslušný software. Toto zařízení umožňuje rovněž uchování naměřených dat.

Z naměřených vlastních frekvencí, objemové hmotnosti a rozměrů zkoušených vzorků určíme charakteristiky pružnosti materiálu – dynamické moduly pružnosti v tahu a tlaku E_{dr} , ve smyku G_{dr} , dynamický Poissonův koeficient V_{dr} .

2.2 Porovnání metodik obsažených v normách

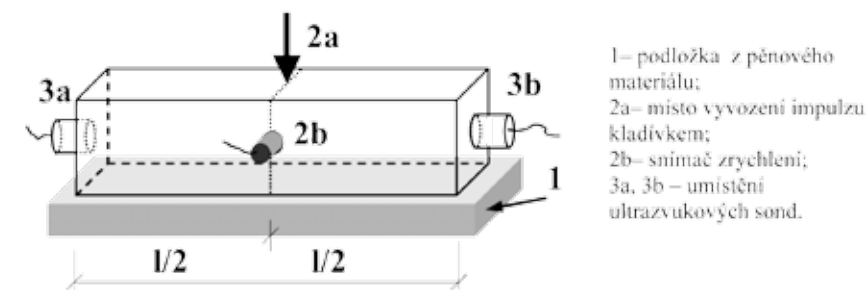
Porovnáním metodik měření rezonančních frekvencí podle původní ČSN 73 1372 pro beton [1] a nové ČSN EN 14146 pro kámen [3] zjistíme, že tvůrci obou předpisů vycházeli ze stejného teoretického základu. V obou případech měříme všechny tři druhy rezonančních frekvencí (z podélného, příčného a kroutivého kmitání), naprosto shodný je i způsob podepření zkušební tělesa a přiložení budičů i snímačů. Značná podobnost je i v tvaru a velikosti zkušební tělesa – preferovány jsou v obou případech delší hranoly nebo válce. Rovněž způsob výpočtu dynamických modulů pružnosti se liší pouze v označení jednotlivých veličin, jinak korekční součinitele jsou stejné. A v čem se oba postupy liší? Starší ČSN 73 1372 je podrobnější, obsahuje nomogramy pro odhad vlastních frekvencí, popisuje problematiku měření na alternativních zkušebních tělesech jako jsou krychle, desky, krátké válce apod. Větší důraz klade na ověření správnosti měřených vlastních frekvencí, což je ale dáno tím, že tato norma zná pouze spojité kmitání. Nová norma ČSN EN 14146 již využívá impulsní způsob vyvození kmitání, při němž se zobrazí celé spektrum rezonančních frekvencí současně a tím pádem klesá riziko omylu, avšak méně zkušený uživatel bez znalostí kontrolních mechanismů může mít s určením správných frekvencí potíže, zvláště při měření na kratších hranolech či válcích.

Lze tedy konstatovat, že tvůrci normy EN 14146 vycházeli ze stávajících předpisů pro zkoušení betonu a respektovali stejné teoretické principy. Proti tomu norma ČSN 73 1380 [4] se teoretickým základem rezonanční metody nezabývá. Resonanční měření je zde pouze jedním z prostředků pro posouzení míry porušení vnitřní struktury betonu. Norma se navíc omezuje pouze na stanovení příčných rezonančních frekvencí a opomíjí podélné a kroutivé kmitání. Důvodem je zřejmě skutečnost, že vlastní frekvence příčného kmitání je nejsilnější a tudíž nejsnáze měřitelná (existují však výjimky, např. při překrytí vlastních příčných a kroutivých frekvencí při měření na válci s poměrem výšky ku průměru 2:1).

Podstatně odlišný je rovněž způsob stanovení vlastní příčné frekvence. Norma [4] využívá pouze impulsní metodu vyvození kmitů. Tvar a velikost zkušebních těles vychází ze skutečnosti, že ČSN 73 1380 zahrnuje celkem tři metody zjišťování porušení vnitřní struktury. Tyto metody vycházejí ze zkušeností různých zemí a dávají podobné výsledky, žádná z nich není určena jako referenční. Jedná se o:

- Zkoušku na trámci;
- Zkoušku na desce;
- Zkoušku CIF.

Naši praxi bude zřejmě nejvíce vyhovovat zkouška na trámci, jejíž schématické uspořádání je uvedeno na obr. 1. Zkušební trámec je umístěn na podložce z měkkého absorpčního materiálu. Impulsním kladívkem vyvodíme ráz uprostřed délky tělesa shora, přičemž snímač zrychlení je umístěn rovněž uprostřed délky, ale na boku. Měření je doplněno ještě stanovením rychlosti šíření impulzů ultrazvukového vlnění – sondy umístěny v čele zkušební tělesa.



Obr. 1 Uspořádání zkoušky na trámci:

Dalším podstatným rozdílem je způsob vyhodnocení naměřených veličin. Jelikož se norma ČSN 73 1380 nezabývá teoretickým základem rezonančního kmitání a uvádí pouze zjednodušený obecný vzorec pro výpočet dynamického modulu pružnosti betonu, nelze vlastně absolutní hodnotu modulu pružnosti určit. Pro hodnocení porušení vnitřní struktury betonu tedy využívá pouze relativní změnu modulu pružnosti, která je dána poměrem druhých mocnin rezonančních frekvencí naměřených v různých fázích zmrazování tělesa.

Shrnutí odlišností jednotlivých zkušebních postupů je uvedeno v tab. 1.

Tab. 1 Pevnost v tahu ohybem a v tlaku na trácích (zlomcích) v různých fázích zkoušky

	ČSN 73 1372	ČSN EN 14146	ČSN 73 1380
Metoda zjišťování rezonančních frekvencí	Nepřerušované kmitání	Nepřerušované nebo přerušované kmitání	Přerušované kmitání
Přesnost	$\pm 1\%$	$\pm 0,5\%$	10 Hz, $s_x = 100$ Hz
Zkušební tělesa (přeforovaná)	Hranoly nebo válce s délkou alespoň 2d	Hranoly nebo válce s délkou alespoň 2d, přednostně hranoly s délkou 4d nebo válce s délkou 3 d a 4d	Hranoly 100×100×400 nebo kvádry 150×150×75
Druh kmitání	Podélné, příčné a krouživé	Podélné, příčné a krouživé	Příčné
Kontrola správnosti	a) Teoretickými poměry kmitočtů b) Vyššími vlastními kmitočty c) Kontrolou uzlových bodů	Kontrolní měření na duralovém hranolku	Není uvedena
Vypočtené hodnoty	E_{brL} ; E_{brf} ; G_{br} ; V_{br}	E_{DL} ; E_{DF} ; E_{DT} ;	Relativní změna modulu pružnosti

Na závěr rozboru norem bychom zmínili ještě jednu podstatnou skutečnost, která se netýká rezonančního měření, ale způsobu hodnocení míry porušení zkušebního tělesa při střídavém zmrazování a rozmrazování. V normě ČSN EN 12371 [2] se uvádí, že identifikační zkouška mrazuvzdornosti končí v okamžiku, kdy dynamický modul pružnosti poklesne o 30%, což znamená prokazatelné snížení kvality kamene. Norma ČSN 73 1380 [4] pro beton žádné podobné kritérium neuvádí. Důvodem je zřejmě skutečnost, že u různých druhů betonů může existovat různá závislost mezi poklesem dynamického modulu pružnosti a mírou poškození betonu, porovnatelnou např. prostřednictvím poklesu pevnosti v tlaku či v tahu za ohybu. Pokud k tomu připočteme existenci několika zkušebních metod, z nichž o žádné nelze hovořit jako o referenční a u nichž neexistuje dostatečné srovnání, pak nás čeká poměrně rozsáhlá experimentální práce.

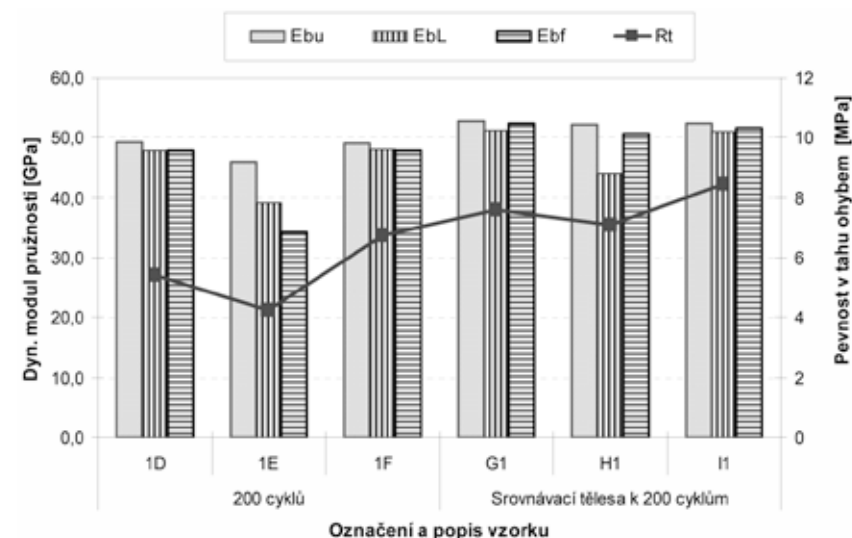
3. Možnosti metody při stanovení mrazuvzdornosti betonu

Zjišťování poruch vnitřní struktury rezonanční metodou není novinkou – již ČSN 73 1372 z roku 1981 uvádí využití výsledků zkoušky všude tam, kde se mění vlastnosti betonu v čase buď vlivem zrání, anebo působením mrazu či agresivního prostředí.

Jako ukázkou využitelnosti rezonanční metody při sledování odolnosti betonu proti zmrazování uvádíme následující experiment, při němž byl zkoušen beton třídy C 75/85 na 200 zmrazovacích cyklech. Po každých 25 cyklech bylo provedeno měření a stanovení dynamických modulů pružnosti:

- E_{bu} z rychlosti šíření ultrazvukových impulsů;
- E_{brf} z prvních vlastních frekvencí příčného kmitání;
- E_{brL} z prvních vlastních frekvencí podélného kmitání (navíc podle ČSN 73 1372).

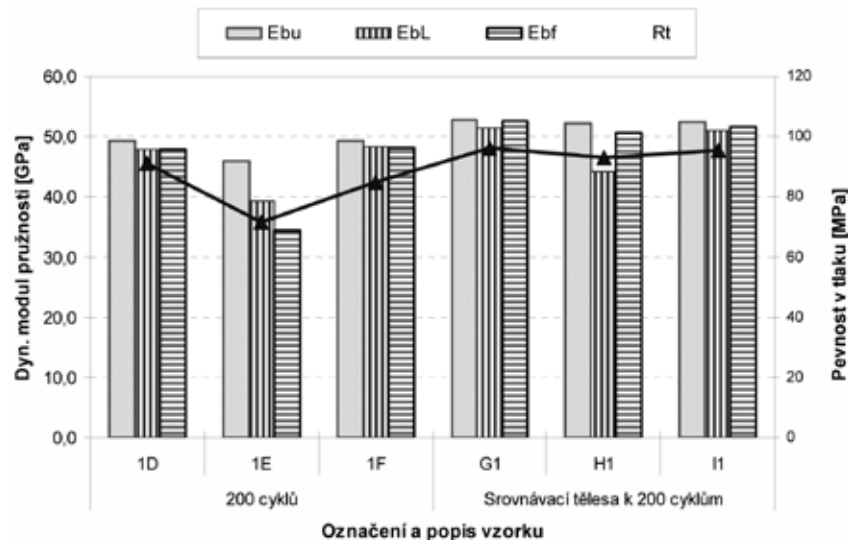
Na obr. 2 a obr. 3 je znázorněno grafické porovnání výsledků dynamických modulů pružnosti (sloupce) s pevností v tahu za ohybu a pevností v tlaku (čáry). Zkoušeny byly 2 sady zkušebních těles, z nichž jedna byla podrobena zmrazování a druhá byla srovnávací, zkoušena ve stejném stádiu.



Obr. 2 Porovnání dynamických modulů pružnosti s pevností v tahu ohybem na tělesech zmrazovaných a srovnávacích

Z obr. 2 vyplývá, že po 200 cyklech došlo k poklesu hodnot modulů pružnosti i pevnosti v tahu ohybem. U trávce 1E s nejnižší pevností v tahu ohybem byl současně naměřen i nejnižší modul pružnosti, zejména z příčného kmitání. U srovnávacích trávce byly jak pevnost tak i moduly vyšší, přesto i zde byly zaznamenány rozdíly mezi jednotlivými zkušebními tělesy. Trávce H1 byl horší než ostatní – pravděpodobně z důvodu horšího zhuštění – což se projevilo jak na pevnosti, tak i na poklesu modulu pružnosti, tentokrát z kmitání podélného.

Velmi podobná situace byla při porovnání dynamických modulů s pevností v tlaku na zlomcích trávce – viz. obr. 3.



Obr. 3 Porovnání dynamických modulů pružnosti s pevností v tlaku na tělesech zmrazovaných a srovnávacích

4. Závěr

Díky nově přijatým normám pro hodnocení mrazuvzdornosti betonu a přírodního kamene lze předpokládat větší využití rezonanční metody v naší stavební praxi. Při hodnocení nových norem však vyvstává celá řada otázek, z nichž nejzávažnější se týká chybějících kritérií pro posouzení kritické míry poškození betonu zkušebních těles. Definovat tato kritéria znamená provést značné množství měření na široké škále betonů, včetně porovnání různých metod.

Použitá prameny

- [1] ČSN 73 1372:1981 Rezanční metoda zkoušení betonu;
- [2] ČSN EN 12371 Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení mrazuvzdornosti.
- [3] ČSN EN 14146 Zkušební metody přírodního kamene – Stanovení dynamického modulu pružnosti (pomocí základní rezonanční frekvence)
- [4] ČSN 73 1380:2007 Zkoušení odolnosti betonu proti zmrazování a rozmrazování – Porušení vnitřní struktury;

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu GAČR č. 103/05/2683 a výzkumného záměru MSM 0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

EXPERIMENTÁLNÍ USPOŘÁDÁNÍ TESTU ELEKTRO-OSMOTICKÉ VODIVOSTI VE STAVEBNÍCH MATERIÁLECH

Ing. Lukáš Balík Ph.D. (1)

Ing. Tadeáš Mejdr (2)

(1) České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 721 658 217, e-mail: balik@klok.cvut.cz, Web: www.ČVUT.cz

(2) České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 224353521, e-mail: tadeas.mejdr@centrum.cz
Web: www.ČVUT.cz

Anotace:

Příspěvek se zabývá dosavadními zkušenostmi s testováním elektro-osmózy ve stavebních materiálech. Článek popisuje uspořádání vyvinuté měřicí aparatury EMIS, uspořádání měřených vzorků, specifikuje průběh zkoušek a stanoví hraniční meze měřitelnosti. Měřicí aparatura je rozdělena na základní součásti a je zde specifikována jejich funkce a výroba. U měřených vzorků je popsána materiálová a geometrická charakteristika a souvislost jejich uspořádání s praxí. Hraniční meze měřitelnosti jsou popsány na základě výsledků doposud provedených měření ve vztahu k vloženým okrajovým podmínkám. V článku jsou zúročeny dosavadní poznatky z provedených měření, jsou zde popsány výhody a nevýhody experimentálního uspořádání. Poznatky a zkušenosti vyplývají nejen z analýzy výsledků měření, ale také ze zjištěné životnosti jednotlivých komponent přístrojového vybavení, která je značně ovlivněna vzniklými elektro-chemickými procesy. Výhody a nevýhody experimentálního uspořádání jsou vztahy zejména k užité informaci získané měřením a k reálnému přiblížení zkoušek situací in situ. Článek představuje některé z výsledků měření a naznačuje budoucí směřování experimentálního vývoje. Náznorné příklady získaných dat poukazují na okruhy potenciálního zdokonalování.

1. Úvod

Jedním ze závažných problémů, který jsme často nuceni při rekonstrukcích historických objektů řešit, je otázka dodatečného odvlhčení a odsolení zdiva. Současně s vývojem nových odvlhčovacích metod a technologií narůstají požadavky na šetrnost vůči historickým konstrukcím. Z tohoto důvodu je orientace současného výzkumu nových odvlhčovacích technologií zaměřena na metody co nejméně destruktivní. Podmínky výzkumu jsou tedy jasně stanoveny účinností a nedestruktivností. Jednou z možných cest řešení tohoto problému je použití elektrického pole, které může, za určitých podmínek, vytvořit sílu, která přesune vlhkost anodicko-katodickým směrem.

2. Metodický přístup k elektro-osmotickým zkouškám

Účelem provádění zkoušek elektro-osmotické vodivosti ve stavebních materiálech je v teoretické rovině testování jednotlivých vlivů na elektro-osmotickou účinnost a v praktické rovině prokázání, zda testovaná konstrukce je vhodná pro uplatnění elektro-osmotické metody při dodatečném odvlhčení. Takto formulovaný požadavek stanovuje následující nároky na zkoušky:

1. rozhodnutí o použití vzorků vyrobených speciálně tomuto účelu či použití vzorků odebraných přímo na stavbě,
2. působení napětím, které odpovídá napětí elektro-osmotických systémů,
3. testování vzorků v okrajových podmínkách blízkých skutečnému stavu na stavbě,
4. sledování parametrů, které přímo či nepřímo poukazují na účinnost elektro-osmotického působení

Ad. 1 Je vhodné, aby vzorky odebrané na stavbě představovaly nejen zastoupení kusového staviva (cihla, pískovec, opuka aj.), ale zejména materiálové rozhraní stavivo-malta, stavivo-zemina atd. V případě vzorků odebraných na stavbě vycházíme z prostředí předem charakterizovaného u něj musíme vyhodnotit některé základní charakteristiky mezi něž patří množství základních solných iontů, pH, vlhkost aj. Výběr a počet odebraných vzorků by měl charakterizovat prostředí celé stavby. V případě laboratorních zkoušek je dominantním požadavkem co nejpřesnější charakteristika testovaného prostředí tzn. východiskem jsou materiály známého složení.

Ad. 2 Ve stavební praxi je obecně vžitá představa, že působením napětí do 6 V způsobí po všech ztrátách vznik elektro-osmotického transportu vody. Prostoru každého materiálu je natolik specifické, že nelze jednoznačně toto tvrzení podpořit, avšak lze připustit, že dochází k elektro-osmóze a k elektrolyze dohromady a v určité oblasti vzdálené od anody převládne elektro-osmóza.

Ad. 3 Základními vloženými okrajovými podmínkami jsou vlhkost vzorku, koncentrace solných iontů vloženého elektrolytu, pH vloženého elektrolytu, vložené napětí na elektrody a teplota prostředí. Charakteristika daná podstatou pevné fáze tj. ξ potenciál v místě vnější Helmholtzovy roviny.

Ad. 4 Základní sledované parametry vycházejí z procesů které nastaly díky vzniku elektro-osmotického toku a elektrolyzy a vycházejí ze vzorce (1).

$$J_V = \frac{\varepsilon \xi I}{\kappa \eta} \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \right) \quad (1)$$

kde

ε ... permitivita prostředí. ($\text{A}^2 \cdot \text{s}^4 / \text{m}^3 \cdot \text{kg}$), $\varepsilon = D \cdot \varepsilon_0$,

ξ = φ_2 ... elektrický potenciál v místě vnější Helmholtzovi roviny (V/m),

I ... celkový proud (A),

κ ... konduktivita prostředí, $\kappa = \sum |z_i| \cdot F \cdot U_i \cdot c_i$ (1/ Ωm),

η ... viskozita roztoku (Pa*s),

z_i ... náboje iontů,

F ... Faradayova konstanta 96 484,56 C/mol,

c_i ... koncentrace iontů v elektrolytu,

U_i ... elektrolytická pohyblivost, $U_i = |z_i| \cdot F \cdot u_i$,

u_i ... pohyblivost iontů,

D ... dielektrická konstanta,

ε_0 ... permitivita vakua ($8,854 \cdot 10^{-12}$ (F/m)),

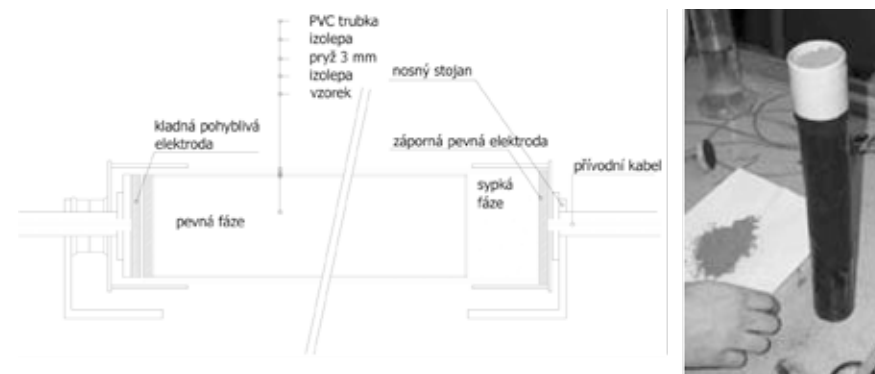
3. Uspořádání soustavy

Pro vytvoření jednotných podmínek elektro-osmotického působení na zkoušené vzorky, byla vyvinuta soustava EMIS tvořící okruh zdroj stejnosměrného napětí, vodiče, zkoušený vzorek (kartuše), snímací aparatura a ukládací paměť. Soustava je schopna obhospodařovat více kanálů najednou, lze nastavit velikost aplikovaného napětí, čas běhu a intervaly mezi uložením jednotlivých dat. K řízení chodu aparatury slouží software, který umožňuje komunikaci uživatele se soustavou EMIS prostřednictvím PC, umožňuje využití pevného disku pro ukládání dat a jejich převod do Excelu a umožňuje samostatný restart programu v případě přerušení dodávky elektrického proudu. Soustava umožňuje kontrolovat skutečné napětí na výstupu, měří a ukládá záznamy proudu v nastavených časových intervalech a podává chybová hlášení v případě přerušení chodu.

Kartuše

Kartuše je soustava skládající se ze zkoušeného vzorku, parotěsných obalů, elektrod a přívodních kabelů. Zkoušený vzorek je izolován třemi vrstvami izolepy, jednou vrstvou 3mm gumové pryže a vložen do uzavřeného PVC prostoru Obr.1,2. V případě měření pevného vzorku jsou elektrody aplikovány přímo na zkoušený vzorek. Pro případ zkoušené sypké fáze či kombinace pevné a sypké fáze je sestaven systém tzv. přítlačných elektrod u nichž lze pohybovat kladnou elektrodou a měnit přítlak na zkoušený vzorek (obr.3).

Zkoušenými vzorky jsou zvlhčené jádrové vrty prům. 50mm a délky 200 až 300mm uložené do sypké fáze. Z důvodu nekontrolovatelného odpařování jsou vzorky uloženy do parotěsného prostředí (obr. 1).



Obr. 1 Schéma kartuše – měřené soustavy

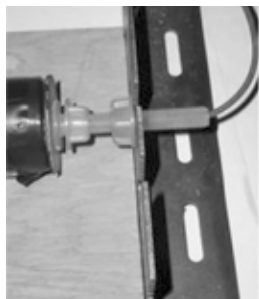
Obr. 2 Skladba a izolace vzorku

Vedení elektrického proudu mezi zdrojem a zkoušenými vzorky je zajištěno měděnými dráty CYKY 1,5mm.

Elektrody

Laboratorní podmínky vyžadují takový typ elektrod, kde je zaručen kontakt se vzorkem. Pro laboratorní testy byl vyvinut elektrovedivý tmel (vodivost - desítky Ω / cm^2), na bázi grafitu a parafinu, umožňující výrobu celoplošné elektrody. Tímto je zaručeno roznesení el. napětí z měděného drátu do plochy a zároveň dobrý kontakt se zkoušeným vzorkem.

Tmel je nanesen na nosič (dutý plastový šroub) umožňující pohyb elektrody pomocí matek (obr. 4). Pro zaručený přenos napětí do pevné fáze, je samotný materiál také opatřen tímto tmelem v tloušťce cca 5 mm. Adheze tmelu k vzorku je zaručena pomocí adhezivního můstku, který tvoří elektrovodivý, průmyslově vyráběný lak EP-02 a 3mm vrstva vodivého tmelu.



Obr. 3 Systém přítlačné elektrody



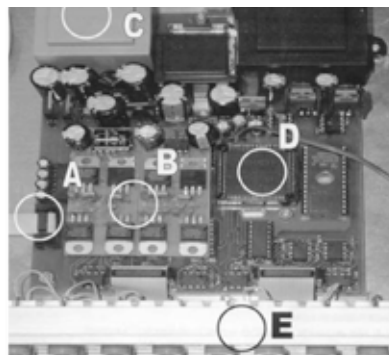
Obr. 4 Kladná elektroda

Multiplikační interface

Multiplikační interface (snímač) je přístroj, který plní funkci zdroje shodného napětí do všech kanálů, zároveň převádí analogový signál napětí na čísla, měří proudy a komunikuje s PC prostřednictvím sériové linky. Hlavními částmi přístroje jsou zdroje napětí, procesorová část a analogová část. Celý systém je galvanicky oddělen. Napětí ze sítě je zredukováno a usměrněno prostřednictvím transformátorů MT 812 (dvojitě vinutí) a MT 509 (jednoduché vinutí) a diodových usměrňovačů B4C1500. V systému existují tři typy zdrojů napětí. První typ 2.5V (označeno VCC) napájí procesor, multiplexery a paměť, a druhý typ 2.12V (označeno AVCC) napájí analogovou část. Zesilovače sériové linky a optočleny napájí zvláštní galvanicky oddělený zdroj se samostatným transformátorem. Hlavními funkcemi procesoru (80552) jsou měření vstupního napětí vztahované k referenci, převod analogového signálu napětí na čísla, vyvedení sériové linky, ukládání proměnných do registru, čtení registru a obsluha zdroje. Krystal 11.8592MHz udává rychlost procesoru. V analogové části dochází k měření proudu a jeho převedení na napětí pro soustavu a generování napětí prostřednictvím PWM systému.



Obr. 5 Snímač soustavy EMIS 03



Obr. 6 Základní deska soustavy EMIS 03 A – komunikace s PC, B – výkonná výstupní část, C – zdrojová část, D – digitální část, E – analogová výstupní část

V současné době se pro výzkumné záměry používají snímače soustav EMIS 01 až EMIS 04. Přehled základních parametrů snímačů jsou patrné z následující tabulky 1.

Tab. 1 Parametry snímačů soustav EMIS

Soustava	Počet vstupů	Rozmezí vkládaných napětí V	Rozsah měřených proudů μA	Proudové rozlišení μA	Měnitelná frekvence Hz	Další vybavení
EMIS 01	16	0,1 až 10	0 - 20	0,02	-	
EMIS 02	16	0,1 až 10	0 - 100	0,1	-	
EMIS 03	16	0,1 až 50	0 - 10000	10	0 - 5	
EMIS 04	2	± 1	0 - 10000	10	83 - 21000	Možnost sledování napětí v 6 bodech podél vzorku

Funkce PC

Hlavní funkcí PC je komunikace s procesorem snímače, čtení a filtrování proměnných, zpracování a posílání zpět údajů o napětí, ukládání proměnných a jejich import do tabulového procesoru EXCEL.

Program pro pc

Celý program je psaný pro MS-DOS, běží i v dosovském okně pod Windows. Spouští se bez jakýchkoliv parametrů příkazem osmoza.exe (příp. osmoza2.exe pro port COM2). Má jediné okno, ve kterém se vše zobrazuje najednou. Program používá ve svém adresáři soubory osmoza.exe, stat1, stat2; osmoza.ins; data1.out, data2.out; osmoza.log.

Osmoza.exe (osmoza2.exe) je vlastní tělo programu. Osmoza2 komunikuje po COM2, jinak je funkce úplně stejná.

Soubory stat1.### a stat2.### ukládají svá nastavení pro případ navázání měření po výpadku proudu.

Osmoza.ins je soubor s instrukcemi, kterými se program řídí.

Data1.out a data2.out jsou soubory s naměřenými daty (oba shodné kvůli bezpečnosti dat). Struktura dat je importovatelná tabulkovými procesory (Excel...).

Osmoza.log. je velmi důležitý soubor, kam program ukládá chybové hlášky a upozornění na důležité události za běhu.

Pokud dojde k nestandardnímu ukončení programu za běhu (např. z důvodu výpadku proudu), pokračuje program po opětovném spuštění tam, kde byl přerušen. Pokud dojde za běhu programu k chybě, uloží se její stručný popis do souboru osmoza.log a zároveň se hláška vypíše na obrazovce.

4. Sledované veličiny

Výzkum vlivů ovlivňujících elektro-osmotickou vodivost probíhá na bázi referenčních vzorků, které jsou porovnávány mezi sebou a zároveň se vzorky, na které nebylo působeno elektrickým polem. Sledované veličiny jsou patrné z následující tabulky 2.

Tab. 2 Sledované parametry při testech elektro-osmotické vodivosti

Hlavní sledované parametry	Jednotky
Relativní změna vlhkosti jednotlivých částí vzorků	%
Absolutní změna vlhkosti jednotlivých částí vzorků	%
Množství roztoku přesunutého do sytké fáze	g
Gradient lineární regrese	-
Čas působení	hod.
Vedlejší sledované parametry	
Celkový prošlý náboj soustavou	C
Relativní změna koncentrace solí jednotlivých částí vzorků	%
Změna pH jednotlivých částí vzorků	-
Elektrolyticky rozložená vlhkost	g
Doplňující sledované parametry	
Celková vypařená vlhkost	g
Teplota a vlhkost prostředí	°C
Vodivost tmelu kontaktních elektrod	Ω
Pórovitost vzorků	%
Rozložení pórové struktury vzorků	%
Objemová hmotnost vzorků	kg/m ³
Absolutní nasákavost vzorků	%

5. Rozsahy měřených veličin

Pro úspěšné provedení zkoušky elektro-osmotické vodivosti je důležité zaručené působení elektrickým napětím a nepřekročení rozsahu měřených proudů snímačů. V případě napětového působení je nezbytné provedení nezávislého kontrolního měření aplikovaných napětí na počátku každé zkoušky. Velký důraz v tomto ohledu je kladen na kontrolu zkoušek s vkládanou superponovanou složkou napětí, žádoucí frekvenci a střídou (EMIS 03 a EMIS 04). V případě proudů je nezbytné sledování jejich nárůstu v období prvních tří týdnů a jistou ochranou je zapojení testovaných vzorků do samostatných okruhů snímačů (např. u Emis 02 okruh 1 – kanály 1 až 8 a okruh 2 kanály 9 až 16). Následující tabulka 3 dokládá dosažené maximální hodnoty proudu v závislosti na nejdůležitějších vložených okrajových parametrech.

Tab. 3 Hodnoty max. proudů v závislosti na vložených okrajových podmínkách

Materiálová báze	Vložené napětí V	Koncentrace vloženého roztoku %	Zvlhčení vzorku		Max. proud μA
			pevná fáze % hm.	sytká fáze % hm.	
Nová cihla v cihelné moučce	5	0,2 % NaCl, 0,25 % NaNO ₃ , 2 % Na ₂ SO ₄	10	12	1004
Nová cihla v cihelné moučce	6	0,2 % NaCl, 0,25 % NaNO ₃ , 2 % Na ₂ SO ₄	4,9 až 8,6	6 až 18	1004
		0,075 % NaCl, 0,1 % NaNO ₃ , 0,5 % Na ₂ SO ₄	4,15 až 7,75	12	242
		0,5 % NaCl, 0,5 % NaNO ₃ , 5 % Na ₂ SO ₄	5,5 až 5,9	12	603
		0,2 % NaCl, 0,25 % NaNO ₃ , 2 % Na ₂ SO ₄	9,5	9	1500
	20	0,2 % NaCl, 0,25 % NaNO ₃ , 2 % Na ₂ SO ₄	10,5	8	3050
Pískovec v cihelné moučce	6	0,2 % NaCl, 0,25 % NaNO ₃ , 2 % Na ₂ SO ₄	5,1	6,2	600
Opuka v cihelné moučce			4,7	6,3	410
Malta VC v cihelné moučce			8 až 11	6,1 až 6,3	810
Opuka			4,4		1050
Pískovec			4,25		1550
Historická cihla			6,6 až 12,9		1050
Nová cihla			5,9 až 7,1		800
Malta VC			8 až 11		1300

7. Problematické momenty v metodice testů

V průběhu provádění testů elektroosmózy a v procesu vyvíjení metodiky lze k současnému stavu vytyčit následující problematické body:

- 1) laboratorní modelace vzorků
- 2) vlhčení vzorků
- 3) přítlak elektrod
- 4) hydrofobizace vzorku v oblasti blízké elektrodám
- 5) samovolný výpar roztoku ze vzorků

Ad 1) Zkoušky pro vyhodnocení vlastností skutečného zdiva probíhají na vzorcích odebraných přímo na stavbě. Důležitým a náročným momentem je odběr vzorků z míst a v takovém počtu, aby charakterizovaly stav celé konstrukce, která bude elektro-osmoticky sanována. Výsledky laboratorně zjištěné odpovídají stavu konstrukce v době odběru, avšak vlhkostní stav konstrukce se neustále mění. Na výsledky testů má vliv jak pevná část staviva (skelet), tak i elektrolyt (vlhkost) obsažený v pórové struktuře materiálů ve vzájemné součinnosti. Zkoušky, které probíhají na oddělených komponentech (např. skelet v destilované vodě), mají méně přesnou vypovídací hodnotu.

Experimentální zjišťování vlastností elektro-osmózy probíhá referenčně na stavebních materiálech, které byly k tomuto účelu vyrobeny a o nichž máme maximum dostupných informací. Přes snahu vytvořit fázové rozhraní, vložit roztok známé koncentrace, zvlhčit na určitou míru či nastavit požadované pH, tyto vzorky odpovídají skutečné situaci na stavbě pouze orientačně.

Ad 2) Řízené vlhčení vzorků stavebních materiálů je problematikou pro širší samostatnou práci. V rámci zkoušek je nutno kontrolovaně vlhčit (tzn. dosáhnout požadované vlhkosti) pevnou i sytkou fází. Problém začíná v okamžiku dosažení zvlhčení, kdy je nutno počítat s přesností +/- 15 % vlhkosti požadované. Z tohoto důvodu je nutná kontrola skutečného zvlhčení vzorku před izolací a také po jeho izolování a před vložením do elektrického pole. Dalším problémovým místem je nehomogenita zvlhčení v rámci samotné hmoty materiálu. Z tohoto důvodu je vhodné ponechat zvlhčenému vzorku určitou dobu na homogenizaci. Zkušenosti poukazují na rovnoměrnost vlhkosti v rámci vzorku po třítydenním uložení v rádech +/- 10%.

Ad 3) Pro objektivní vyhodnocení referenčních zkoušek je nutno věnovat pozornost kontrolovaným přítlakům elektrod. Významný vliv na elektrickou vodivost testovaným vzorkem (např. pevnou cihelnou fází, která je v kontaktu s cihelnou moučkou), zvláště v počátečním období elektrického působení, má přítlačná síla elektrody zejména na sypkou fázi. Aby byla zajištěna jednotnost referenčních zkoušek, je nezbytné dosáhnout konstantního přítlaku elektrod a konstantního ztuhnutí sypké fáze testovaného vzorku.

Ad 4) K hydrofobizaci vzorku v oblasti blízké elektrodám dochází vlivem penetrace vylouhovaného čistého parafinu z tmelu. K tomuto stavu dochází v případě, kdy se vodivý tmel nanáší ve stavu nízké viskozity (vysoké teploty). V případě nižší teploty (vyšší viskozity) k penetraci nedochází, avšak mechanická přídržnost elektrod k povrchu vzorku značně klesá. Pro optimální stav je důležitá zkušenost a znalost vlastností tmelu. Pro snížení nasákovosti povrchu v současné době používáme adhezni a izolační můstky z vodivých laků, které se aplikují před elektrodami. Testována je také vhodnost vodivých grafitových nástřiků.

5) K samovolnému výparu roztoku ze vzorků dochází ve všech fázích manipulace se vzorky tzn. v době izolace, v době homogenizace i v době působení elektrickým polem. Největší ztráta vlhkosti byla nejčastěji zaznamenána v době izolace vzorku, ke které se mj. používá smršťovací fólie, tedy při tepelném procesu. Tato ztráta může dosáhnout, při nešikovné manipulaci až 15 % vloženého roztoku. Z tohoto důvodu jsme přistoupili k pojistné izolaci vzorku izolepou, která je vytvořena po zvlhčení vzorku a před izolací smršťovací fólií. Tímto opatřením jsme se dostali na ztráty cca 1,5 % vložené vlhkosti. 5) samovolný výpar roztoku ze vzorků

Výpar v období elektrického působení nastává zejména v izolačně slabších oblastech tj. u elektrod a v místě fázového přechodu sypká/pevná fáze. Tento výpar představuje cca 0,15% za týden, což při tříměsíčním testu znamená 12 % vloženého roztoku. Tato hodnota je bohužel srovnatelná s množstvím elektro-osmoticky transportovaného roztoku za shodné období.

10. Závěr

Zkoušky elektro-osmotické vodivosti ve stavebních materiálech jsou časově a technologicky velmi náročné. Doposud provedená měření se pohybovala v řádech měsíců (průměrně cca 150 dní na každou zkoušku). Ztěžujícím faktorem je skutečnost, že úspěšný průběh zkoušky se projeví až v okamžiku samotného elektrického působení, tedy v řádech týdnů po zahájení příprav. V současné době je základním úkolem pro pokračování výzkumu zásadně snížit odpar ze zkoušených vzorků, vyvinout zařízení na konstantní přítlak elektrod a zdokonalit technologii nanášení elektrod. Zpětnou vazbou při vyhodnocení zkoušek je provedení celkové bilance vlhkosti.

Literatura

- [1] KUŽELKA, J. Technická zpráva k zařízení "MULTIPLIKAČNÍ INTERFACE" 2001-2007
- [2] MOORE, WALTER. J. Fyzikální chemie, Praha SNTL 1979
- [3] BALÍK, L. Elektrické metody používané při dodatečném vysušování zdiva. Ing. Thesis. Praha: ČVUT, 1998 163 s.
- [4] BALÍK, L. Využití elektroosmózy k dodatečnému vysušování zdiva. Ph.D. Thesis. Praha: ČVUT, 2004, 242 p.

FYZIKÁLNĚ – MECHANICKÉ VLASTNOSTI VIBROLISOVANÝCH PRVKŮ

Ing. Tomáš Melichar

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 331/95, 602 00 Brno
Tel. 541147463, e-mail: melichar.t@fce.vutbr.cz
Web: www.fce.vutbr.cz

Anotace:

Článek je zaměřen na sledování vybraných fyzikálně-mechanických charakteristik vibrolisovaných výrobků, konkrétně se jedná o vývoj pevnosti v tlaku a příčném tahu, přičemž pozornost je věnována jejich vzájemnému poměru. Tento je pak analyzován v jednotlivých časových obdobích formou odhadu vhodných regresních funkcí. Na základě této regresní analýzy je následně provedeno posouzení zda a do jaké míry jsou výše zmíněné sledované fyzikálně-mechanické parametry závislé mezi sebou a na stáří výrobků. Konkrétními výstupy tedy jsou rovnice vystihující poměr výše zmíněných sledovaných charakteristik a jejich závislost na čase.

1. Úvod

Pro vibrolisované dlažební prvky, jakožto i pro ostatní stavební dílce či konstrukce je jedním z hlavních či dokonce ve většině případů rozhodujících parametrů použitelnosti pevnost. Obvykle pevnost betonu posuzujeme jako schopnost vzdorovat vzniklým napětím. Dle způsobu namáhání pak dělíme pevnosti na různé typy, tj. pevnost v tlaku, v tahu za ohybu, v příčném tahu, ve smyku, statickou, dynamickou apod. Nejčastěji vyšetřovanou a zkoumanou je pak pevnost betonu v tlaku v normovém stáří 28 dní. Protože je v praxi většinou žádoucí, aby byly veškeré vlastnosti vztaženy k pevnosti betonu v tlaku, byla různými autory odvozena celá řada empirických vztahů vyjadřujících relaci mezi jednotlivými druhy pevností. Vzhledem k tomu, že u dlažebních bloků z vibrolisovaného betonu byla dříve stanovována pevnost v tlaku, což v dnešní době s nástupem platnosti ČSN EN 1338 již několik let neplatí, bylo by tedy účelné znát závislost mezi těmito dvěma typy pevností, což by za jistých předpokladů bylo možné obecně aplikovat na vibrolisované betonové prvky. Protože se pevnost betonu se vzrůstajícím stářím vyvíjí (tj. roste), je nasnadě posouzení zda a jak se výše zmíněná závislost mění v souvislosti s časem.

2. Příprava zkušebních vzorků

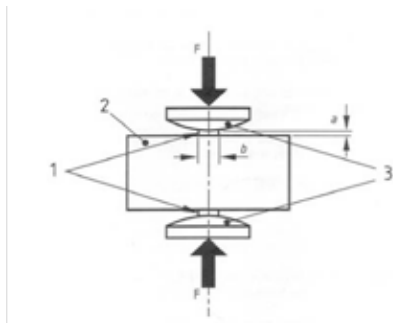
Pro účely tohoto výzkumu bylo použito (dvouvrstvých – jádro a nášlapná vrstva) dlažebních bloků z vibrolisovaného betonu o celkovém počtu 80 kusů. Jednalo se odlažební bloky tvaru písmene "H" (označení H) a tloušťky 80 mm. Z důvodu dosažení co nejpřesnějších výsledků byly zkušebními vzorkům zabroušeny povrchy jak z vrchní (nášlapné) tak ze spodní strany. Následně byly vzorky uloženy do klimatizované komory (normové prostředí, pro něž je charakteristická konstantní teplota a konstantní zvýšená relativní vlhkost), ve které setrvaly až do provedení příslušných zkoušek.

3. Stanovení pevností zkušebních těles

Zkušební tělesa byla podrobena destruktivnímu zkoušení pevnosti v tlaku a příčném tahu. Testování bylo prováděno ve stáří těles 3, 7, 14, 21 a 28 (normové stáří pro zkoušení pevnosti betonu) dní.

Vzhledem k tomu, že již neexistuje platná metodika pro zkoušení dlažebních bloků na pevnost v tlaku, byla tato stanovení provedena dle již neplatné ČSN 73 6131-1 (PŘÍLOHA A). Tato se stanovuje ve zkušebním lise pomocí ocelových přítlačných destiček definovaného tvaru a rozměrů, přičemž kontaktní plocha destiček se zkušebním tělesem je závislá na jeho tloušťce (v našem případě tl. 80 mm plocha 80 × 160 mm).

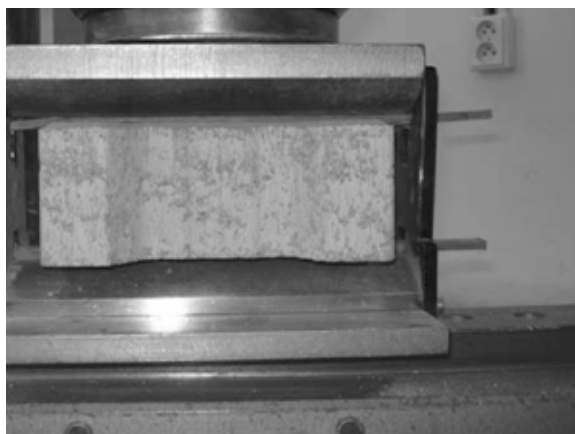
Zkoušení a vyhodnocení pevnosti v příčném tahu předepisuje norma ČSN EN 1338. Princip zatěžování je stejný jako u stanovení pevnosti v tlaku, ovšem s rozdílem použití tenkých přítlačných dřevěných destiček o výrazně menší ploše (v normě označených jako břity) na místo ocelových, čímž dojde k vyvození napětí zcela odlišného charakteru než v případě tlaku. Schéma provedení zkoušky je patrné z Obr. 1.



Legenda:

- 1 – Dřevěné destičky
- 2 – Dlažební blok
- 3 – Tuhá ložiska

Obr. 1: Uspořádání zkoušky pevnosti dlažebních bloků v příčném tahu (čelní pohled).



Obr. 2: Zkušební vzorek při provádění zkoušky v příčném tahu (boční pohled).

4. Naměřená data a vyhodnocení výsledků

Pro přehlednost naměřených dat jsou v Tab. 1 pro jednotlivá stáří uvedeny pouze střední hodnoty příslušných pevností, přičemž pro každou střední hodnotu je v tabulce uveden variační koeficient definovaný jako poměr směrodatné dchytky a absolutní hodnoty z průměru (střední hodnoty), který byl zvolen jakožto hodnotící kritérium použitelnosti hodnot pevností k regresním výpočtům. Mezní hodnota variačního koeficientu je 0,1 (tj. 10 %).

Tab. 1: Průměrné hodnoty pevností a příslušných variačních koeficientů v závislosti na stáří

t [dny]	\bar{f}_c [N.mm ²]	v_{f_c} [-]	\bar{f}_{sp} [N.mm ²]	$v_{f_{sp}}$ [-]	\bar{f}_{sp} / \bar{f}_c [-]
3	46,72	0,060	3,74	0,070	0,0800
7	54,69	0,022	4,58	0,075	0,0838
14	56,72	0,011	5,12	0,024	0,0902
21	59,22	0,045	6,00	0,073	0,0998
28	65,33	0,035	6,51	0,047	0,0996

kde: t stáří [dny]
 \bar{f}_c střední hodnota pevnosti v tlaku [N.mm²]
 \bar{f}_{sp} střední hodnota pevnosti příčném tahu [N.mm²]
 \bar{f}_{sp} / \bar{f}_c poměr středních hodnot pevnosti v tlaku a příčném tahu [-]
 v variační koeficient [-]

Vyhodnocení naměřených dat bylo provedeno formou lineární regresní analýzy. V našem případě nebyl tvar hledané regresní funkce neznámý, proto bylo zvoleno několik typů, jejichž vhodnost byla následně posouzena pomocí koeficientu determinace R². Regresní funkce byly znázorněny též graficky (Obr. 3). Obecný předpis lineární regresní funkce a její maticový zápis jsou následující:

Lineární regresní funkce:

$$y = E[Y(x_1, \dots, x_k)] = \beta_1 \cdot x_1 + \dots + \beta_k \cdot x_k = x^T \cdot \beta \quad (1)$$

Obecný maticový zápis a výpočet neznámých parametrů β :

$$X^T X \beta = X^T Y \Rightarrow \beta = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (2)$$

kde: X stáří t [dny]
 Y poměr středních hodnot pevnosti v tlaku a příčném tahu [-]

Koeficient determinace je vyjádřen vztahem:

$$R^2 = 1 - \frac{s_e}{s_t} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

kde:	R^2	koeficient determinace [-]
	s_e	reziduální součet čtverců
	s_t	celkový součet čtverců
	y_i	proměnná
	\hat{y}_i	odhad proměnné dle regresní funkce
	\bar{y}	aritmetický průměr

V modelu lineární regrese s absolutním členem leží hodnota R^2 v intervalu $<0;1>$ a udává jaký podíl rozptylu v pozorování závislé proměnné se podařilo regresi vysvětlit (větší hodnoty znamenají větší úspěšnost regrese).

Protože maticový výpočet je triviální a k jeho provedení byl využit program MS Excel, jednotlivé kroky výpočtu zde nejsou uvedeny. Celkem bylo odhadnuto pět regresních funkcí, jednalo se o lineární polynom, logaritmickou závislost, kvadratický polynom, mocninou a exponenciální funkci jednotlivých poměrů pevností v závislosti na stáří výrobků. Z těchto byly poté odvozeny rovnice vyjadřující pevnost v tlaku, jež je funkcí výše zmíněných parametrů. Dále byly stanoveny koeficienty determinace těchto funkcí.

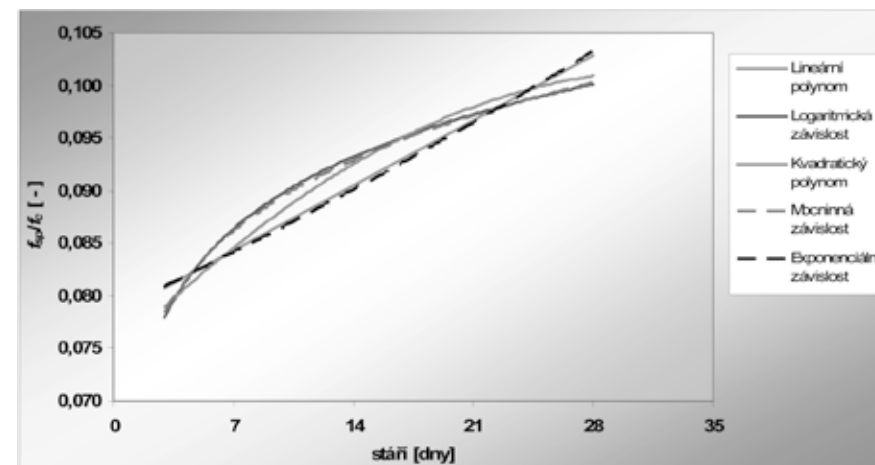
$$f_c = \frac{f_{sp}}{0,0009t + 0,0781} \quad [\text{MPa}] \quad R^2 = 0,9080 \quad (4)$$

$$f_c = \frac{f_{sp}}{0,0099 \cdot \ln(t) + 0,0671} \quad [\text{MPa}] \quad R^2 = 0,8982 \quad (5)$$

$$f_c = \frac{f_{sp}}{-3,10 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0017t + 0,0742} \quad [\text{MPa}] \quad R^2 = 0,9448 \quad (6)$$

$$f_c = \frac{f_{sp}}{0,0695t^{0,1102}} \quad [\text{MPa}] \quad R^2 = 0,9133 \quad (7)$$

$$f_c = \frac{f_{sp}}{0,0786 \cdot e^{0,0007t}} \quad [\text{MPa}] \quad R^2 = 0,9112 \quad (8)$$



Obr. 3: Graf závislosti poměru pevnosti v tlaku a příčném tahu na čase

5. Závěr

Závěrem lze tedy konstatovat, že poměr pevnosti v tlaku a příčném tahu výrobků z vibrolisovaného betonu (dlažebních bloků) závisí na jejich stáří a všechny odhadnuté regresní závislosti jsou vzhledem k dosaženým hodnotám koeficientů determinace vhodné a využitelné v praxi. Nutno ovšem podotknout, že rozpětí pevností v němž byly rovnice odvozeny je značně omezeno, přičemž v případě pevnosti v tlaku se jedná o interval $f_c <43,1;68,1>$ a v případě pevnosti v příčném tahu je interval následující $f_{sp} <3,5;7,0>$. Jako nejlepší vztah, ač nepatrně, se tedy jeví kvadratický polynom, který vykazuje nejvyšší úspěšnost regrese.

Příspěvek byl vytvořen v rámci výzkumného záměru MSM 0021630511 „Progressivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“ a GA 103/05/H044 „Stimulace vědeckého rozvoje doktorandů na oboru stavebně materiálového inženýrství“.

Literatura

- [1] Pytlík P., Technologie betonu, VUTIUM, Brno, 2000
- [2] Pierre-Claude Aïtcin, Vysokohodnotný beton, ČKAIT, Praha, 2005
- [3] ČSN 73 6131-1 – DLAŽBY A DÍLCĚ Část 1: Kryty z dlažeb
- [4] ČSN EN 1338 – Dlažební bloky a dílce

METODY MĚŘENÍ NEVRATNÉ VLHKOSTNÍ ROZTAŽNOSTI KERAMIKY

Doc. Ing. Petr Bouška, CSc. (1)
Ing. Miroslav Vokáč (2)
Doc. Ing. Vladimír Hanykýř, DrSc. (3)

- (1) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, ČR, Tel. 605 524 962, e-mail: bouska@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz
- (2) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, ČR, Tel. 605 524 962, e-mail: vokac@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz
- (3) VŠCHT v Praze, Ústav skla a keramiky, 166 28, Technická 1905, Praha 6, ČR, Tel.: 608 906 406, e-mail: Vladimír.Hanykyr@vscht.cz, Web: www.vscht.cz

Anotace

Objemové změny stavebních výrobků způsobené účinkem teploty vnějšího prostředí a účinkem vlhkosti patří k důležitým charakteristikám cihlářského střepe. Jejich velikost výrazně ovlivňuje jejich spolehlivost a trvanlivost. V příspěvku je věnována pozornost měření vlhkostní roztažnosti vypáleného keramického střepe. Vlhkostní objemové změny pórovitého cihlářského střepe jsou jak vratné, tak nevratné. Jsou popsány postupy pro stanovení nevratné vlhkostní roztažnosti keramiky.

1. Vlhkostní roztažnost pórovitého cihlářského střepe

Vratnou délkovou vlhkostní roztažnost pórovitého cihlářského střepe je možné přibližně vyjádřit obdobně jako délkovou roztažnost teplotní, tj. lineárním vztahem popisujícím změnu délky vzorku v závislosti na jeho vlhkosti.

Je vyvolána kapilární elevací vlhkosti lokalizované v pórech o velikosti póru $< 10^{-7}$ mm. Těchto pórů je ve vypáleném cihlářském střepe cca 18 %. Tato vratná vlhkostní roztažnost dosahuje hodnot zhruba 0,05 - 0,10 mm/m. Lze ji považovat za podmíněně vratnou, tj. reversibilní.

Z pohledu moderních stavebních technologií se dlouhodobá objemová stabilita cihlářského střepe řadí k jeho velmi důležitým vlastnostem. Vlivem fyzikálně-chemických reakcí pórovitého střepe dochází účinkem vlhkosti dlouhodobě k určitému zvětšování jeho objemu. Tento proces zpravidla probíhá v prvních měsících po výpalu relativně rychle a s časem se zpomaluje. Zkušenost ukazuje, že nevratná hydratace pórovitého střepe probíhá nepřetržitě po velmi dlouhou dobu, několik desítek až set roků, v závislosti na vlastnostech střepe, tj. především na jeho chemickém a mineralogickém složení a technologii výpalu. Rychlost tohoto procesu závisí na podmínkách při skladování a po zabudování keramického prvku. Takto vzniklá změna objemu je prakticky za normálních podmínek nevratná ani po dlouhodobém vysušení střepe při 105 °C. Voda vázaná ve střepe se uvolňuje až při vyšších teplotách cca až do 600 °C. Zvětšení objemu vyjádřené v hodnotách nevratné vlhkostní roztažnosti je mnohonásobně větší než to, které vyvolává vratná vlhkostní roztažnost střepe. Nevratná vlhkostní roztažnost pórovitého cihlářského střepe je výsledkem samovolného procesu, který dlouhodobě probíhá ve střepech vypalovaných z keramických směsí tvořených surovinami s relativně vysokým obsahem jílových minerálů.

3. Metody pro stanovení nevratné vlhkostní roztažnosti

Proto byly pro stanovení nevratné vlhkostní roztažnosti střepe vypracovány experimentální metody, které jsou založeny na vyvolání extrémních podmínek pro dosažení maximální rehydratace a tím i limitní nevratné vlhkostní roztažnosti keramického střepe. Vychází se z poznatku, že zvýšená teplota vody (nejlépe var), nebo prostředí nasycené vodní páry při teplotě vyšší než je var vody, vede jednoznačně k urychlení rehydratace nekystalických fází ve střepe, které jsou vůči vodě méně stabilní než jeho fáze krystalické. Tyto metody tedy umožňují stanovení maximální (limitní) hodnoty nevratné vlhkostní roztažnosti střepe, tzn. zjistit maximální zvětšení jeho objemu. To je hodnota, kterou je možné očekávat po řadě let u sledovaného cihlářského stavebního prvku.

První skupina metod, které stanovují limitní hodnotu nevratné vlhkostní roztažnosti střepe, vychází z požadavku, aby soubor vzorků (5 až 7 vzorků) o délce cca 200 mm přesně zabroušených a změřených s přesností alespoň na 0,01 mm, s označením bodu dotyku vzorku s hrotem měřidla, byla uvedena do původního stavu jako krátce po výpalu, a to dlouhodobým žiháním s výdrží (cca 4 až 5 h) na teplotě min 600 nebo 915 oC. Teplota při ohřevu je zvyšována nízkou rychlostí a také chlazení vzorků probíhá nízkou rychlostí. Délka takto vyžiháných vzorků se znovu pečlivě změní ve stejných bodech jako před žiháním. Zjistí se tak smrštění vzorků žiháním (SŽ). Toto smrštění je vlastně hodnotou, která kvantifikuje doposud proběhlou vlhkostní roztažnost v testovaném střepe. Cihlářský střepe se po vyžihání v podstatě vrátí do stavu v jakém byl těsně po provozním výpalu [1].

Vzorky známé délky jsou potom po dobu 5 h vařeny v autoklávu v prostředí nasycené vodní páry při teplotě 180 oC. Tomu odpovídá tlak vodní páry 1,0 MPa [2]. Druhá metoda je založena na nepřetržitém varu vzorků pod vodou po dobu 24 h za normálního tlaku (0,1 MPa).

Smrštění žiháním vzorků (SŽ) se vypočte podle vztahu:

$$SŽ = (P1 - P2) \cdot 1000 / P1 \text{ [mm/m]}$$

a nevratná vlhkostní roztažnost vzorků (Air) podle vztahu:

$$Air = (P3 - P2) \cdot 1000 / P2 \text{ [mm/m]}$$

kde P1 je průměrná délka vzorku po kondicionování před měřením (mm), P2 je průměrná délka vzorku po vyžihání (mm) a P3 je průměrná délka vzorku po varu v autoklávu (mm).

Další metodou prováděnou podle normových postupů australské a novozélandské normy AS/NZS 1156.11 [3]. Tato norma umožňuje stanovit vlhkostní roztažnost nejen čerstvě vypáleného cihlářského střepe, ale i střepe, u kterého již vlhkostní roztažnost částečně proběhla. Finální hodnota nevratné vlhkostní roztažnosti jak čerstvě vypáleného střepe, tak střepe již delší dobu používaného, se stanovuje jako funkce přírůstku podélné nevratné deformace vzorků zjištěná po 4 hodinovém varu ve vodní páře při 100 oC. Doba varu se upravuje v závislosti na teplotě varu (závislejší na nadmořské výšce laboratoře), přibližně o 15 minut na změnu bodu varu vody o 1 K. Při testu se hodnotí 5 vzorků.

U střepe, u kterého již vlhkostní roztažnost částečně proběhla se vzorek připravuje vyžiháním na teplotu 915 oC po dobu 5 hodin a následně se stanoví hodnota vlhkostní roztažnosti po varu ve vodní páře. Z odečtených změn délek vzorku po obou procedurách se vypočtou hodnoty nevratné vlhkostní roztažnosti jak proběhlé, tak finální.

Jinou metodou, nepodloženou normovým postupem, je metoda dilatometrická. Touto metodou lze stanovit jak hodnotu již proběhlé, tak limitní nevratné vlhkostní roztažnosti střepe. Na vzorku testovaného střepe ve tvaru válečku nebo trámečku vloženém do dilatometru,

při ohřevu konstantní rychlostí (cca 5 oC/min.) až na teplotu cca 650 oC, se kontinuálně zaznamenávají délkové změny v závislosti na teplotě. Naměří se tak dilatační křivka původního testovaného vzorku. Na této křivce jsou zaznamenány všechny vratné i nevratné změny délky měřeného vzorku, tedy včetně změn vyvolaných uvolněním vody vázané ve střepe v důsledku jeho samovolné rehydratace. Dilatační křivka zaznamenaná při samovolném ochlazení vzorku v dilatometru již registruje pouze vratné změny např. modifikační přeměny některých krystalických fází střepe. Odečtením rozdílu obou dilatačních křivek, původní z fáze ohřevu a následně ze samovolného chlazení vzorku při počáteční pokojové teplotě, je možné již zjistit orientační hodnotu proběhlé nevratné vlhkostní roztažnosti v testovaném vzorku. Zpřesnění této hodnoty je možné dosáhnout opakováním přesného měření jeho délkových změn, při konstantní rychlosti ohřevu, na stejném právě změřeném a ochlazeném vzorku bez jeho vyjmutí z dilatometru, pouze s nastavením změněné délky vzorku na nulovou hodnotu. Obě dilatační křivky po odečtení ze společného bodu při max. teplotě ohřevu poskytnou na ose Y při pokojové teplotě hodnotu smrštění žiháním, tedy hodnotu ve střepe proběhlé vlhkostní roztažnosti. (Při společném výchozím bodu křivek při pokojové teplotě se rozdíl odečte při shodné max. teplotě měření). Hodnotu finální vlhkostní roztažnosti je možné zjistit opět z rozdílu mezi dilatační křivkou zaznamenanou po rehydrataci testovaného vzorku střepe po 24 h varu ve vodě nebo 5 h varu při 180 oC v autoklávu a opakovanou křivkou vzorku po jeho měření v dilatometru na teplotu 650 oC. Velkou výhodou této metody je, že pro zkoušku se využívají malé vzorky o délce pouze několika desítek mm (20 - 30 mm). Zkouška je však náročná vzhledem k vysokým investičním požadavkům na přístrojové vybavení, mohou jí proto využívat pouze specializované laboratoře (Obr. 1, 2).

Podle užívané klasifikace se nevratná vlhkostní roztažnost střepe rozděluje na:

- nízkou Air < 0,4 mm/m
- střední Air < 0,4 až 0,8 mm/m
- vysokou Air > 0,8 mm/m.

Jednotlivé naměřené hodnoty Air po nepřetržitém dlouhodobém varu (24 h) vzorků střepe za atmosférických podmínek dosahují zhruba cca 50 až 70 % hodnot získaných po krátkodobém varu vzorků za vysokého tlaku v autoklávu. Z uvedeného lze tedy předpokládat, že rehydratace střepe v autoklávu poskytuje mezí hodnoty objemových změn, ke kterým může, ale i nemusí ve střepe dojít [4-7]. Skutečné hodnoty, které byly zjištěny u cihlářských stavebních výrobků vyjmutých ze stavebních konstrukcí, dosahují cca 30 až 50 % finálních hodnot nevratné vlhkostní roztažnosti střepe naměřené po jeho urychlené rehydrataci autoklávuovou metodou.

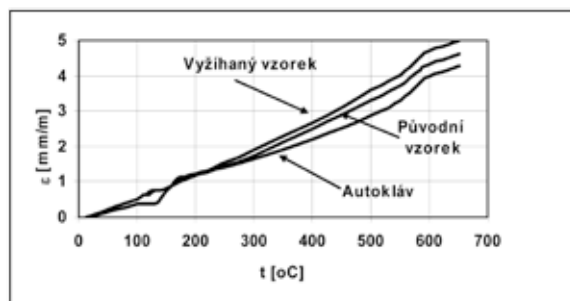
Závěr

Nevratná vlhkostní roztažnost je jednou z důležitých vlastností cihlářského střepe. Je projevem stárnutí, vyvolaného fyzikálně chemickými reakcemi vlhkosti s pórovitým cihlářským střepe. Zvolený způsob urychlené rehydratace střepe nezbytně ke zjištění limitní hodnoty nevratné vlhkostní roztažnosti ovlivňuje i její hodnotu. Hodnota vratné vlhkostní roztažnosti střepe dosahuje zlomku jeho nevratné vlhkostní roztažnosti.

Podklady

- [1] NF P 13 – 302 Entrevous en terr cuite pour planchers a poutrelles préfabriquées, AFN, Paris, 1983
- [2] ČSN EN 772 – 19 Část 19 Stanovení vlhkostní roztažnosti velkých podélně pálených děrovaných zdících prvků, ČNI, Praha, 2001
- [3] AS/NZS 1156.11:1997 Masonry units and segmental pavers – Method of test Method 11: determining coefficients of expansion, SA, 1997
- [4] Stanovení vlhkostního nárůstu varnou metodou, Neglazované obkladové prvky, ČSN EN 155 (1994)
- [5] Bouška, P.; Hanykýt, V., Pume, D.: Volume Instability of the Clay Products and its Consequences. Brittle Matrix Composites 6, Edited by A.M.Brandt, V.C.Li and I.H.Marshall, Institute of Fundamental Technological Research, Polish Academy of Sciences, Cambridge and Warsaw 2000, pp.416-419
- [6] Albenque M.: Action de la vapeur d'eau sur les silicates ayant pris naissance à la cuisson de pâtes céramiques, Theses Presentees pour du titre de docteur de L'Université de Paris (1974)
- [7] Hanykýt V., Kutzendörfer J.: Technologie keramiky, Silis Praha, Vega Hradec Králové, 2000

Příspěvek byl připraven za podpory Grantu GAČR 103/07/1082.



Obr. 1. Průběh délkových změn vzorku pórovitého střeptu při měření vlhkostní roztažnosti dilatometrickou metodou



Obr. 2. Laboratorní sestava dilatometru

METODIKA MĚŘENÍ ŠÍŘKY TRHLIN V BETONOVÝCH KONSTRUKCÍCH

Ing. Petr Klimeš (1)
 Doc. Ing. Petr Bouška, CSc. (2)
 Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc. (3)

- (1) SSŽ a.s., závod Řevnice, Rybní 795, 252 30 Řevnice, Tel. 731 601 689, e-mail: klimesp@ssz.cz, Web: www.ssz9.cz
- (2) ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, ČR, Tel. 605 524 962, e-mail: bouska@klok.cvut.cz, Web: www.cvut.cz
- (3) ČVUT v Praze, Stavební fakulta, 166 29 Praha 6, ČR, Tel. 604 791 474, e-mail: vladislav.hrdousek@fsv.cvut.cz, Web: www.cvut.cz

Anotace:

Řada standardů předepisuje limitní šířku trhliny v nosných i nenosných betonových konstrukcích. Dosud chybí jednoznačný popis, který by určoval metodiku měření. Jednotlivé postupy se liší. Z uvedeného důvodu může být problematické zajistit objektivně srovnatelné výsledky. Příspěvek uvádí návrh metodického postupu měření šířky trhlin, zpracovaný pro nosné konstrukce mostů pozemních komunikací.

1. Úvod

Monitorování trhlin má za cíl dokumentovat rozmístění trhlin (mapování), měření šířky a hloubky trhlin na konstrukci nebo dílci a jejich dlouhodobé sledování. Současně je třeba sledovat teplotu prostředí a vlastní konstrukce, které mohou trhliny ovlivňovat. Monitorování trhlin umožňuje posoudit, zda stav trhlin je stabilizovaný nebo dochází v dlouhodobém časovém období ke změnám. Šířka trhliny se vyhodnocuje pro posouzení vlivu trhlin na životnost konstrukce, případně pro posouzení spolehlivosti konstrukce. Limitní šířky trhlin jsou z hlediska životnosti konstrukce definovány v příslušných předpisech platných obecně, případně jsou upřesňovány pro konkrétní stavby. Všeobecně dochází k zpřísňování požadavků na maximální šířku trhlin. Přitom je nutné si uvědomit, že splnění požadavku dodržení zmenšené šířky trhlin při návrhu železobetonového průřezu (v projektu) se může projevit především nárůstem vyztužení, což má dopad na cenu stavby. Znamená to připustit v průřezu pouze velmi nízká napětí ve výtuzi. V případě překročení povolených šířek trhlin se rozhoduje o dalších opatřeních, tato opatření mohou být poměrně nákladná.

Rozdíly v měřeních získané různými měřicími prostředky jsou často značné. Není též definován jednotný postup měření. Někdy se však uvažuje s natolik malými šířkami trhlin, že mohou být na hranici přesnosti měřících zařízení.

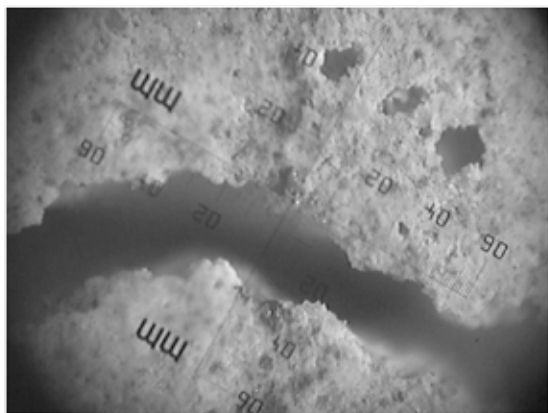
Z výše uvedených důvodů bylo potřebné řešit problematiku monitorování trhlin. Pozornost byla věnována přesnosti měřených šířek trhlin, přesnosti měřících zařízení a výběru měřidla pro sledování trhlin.

Pro metodiku měření se připravují Technické podmínky, jako výstup e-projektu MD ČR.

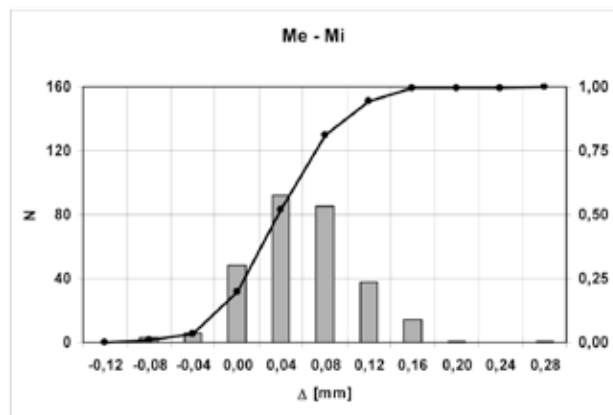
2. Šířka trhliny

Význam přesného definování šířky trhliny je pro měření zásadní a vzrůstá i s požadavkem na přesnosti měření. Přesnější přístroje (mikroskop) umožňují detailnější zobrazení trhliny.

Šířka trhliny je definována jako nejmenší kolmá vzdálenost okrajů trhliny. Šířka se uvažuje bez případných rozšíření těsně u povrchu, lokálních nerovností apod. Trhliny v betonových konstrukcích jsou nepravidelného tvaru, při detailním zobrazení se projeví značně nerovný okraj (obr. 1). To vyžaduje vždy určité zjednodušení průběhu okraje trhliny, což v důsledku snižuje celkovou přesnost dosaženou citlivějším zařízením.



Obr. 1. Pohled na trhlínu mikroskopem



Obr. 2. Histogram rozdílů měření mikroskopem a měřítkem trhlin

3. Přesnost měření

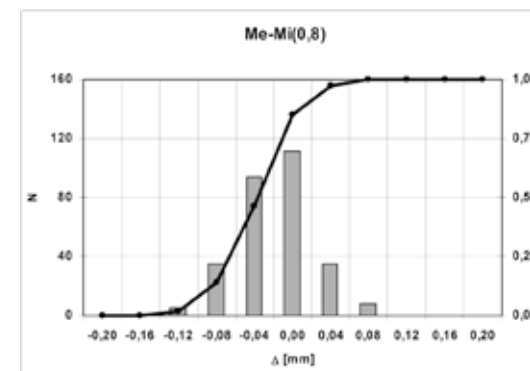
Při použití různých měřicích zařízení dochází, při měření trhliny za stejných podmínek, k nezanedbatelným rozdílům ve výsledcích. Tyto rozdíly jsou dány přesností měřicích zařízení, problémy při stanovení hrany trhliny pro přesné měření vzdálenosti, nepřesností při určení místa opakovaného měření (i malý posun vzhledem k členité hraně může vést k odlišnému výsledku).

Z obr. 2 jsou patrné rozdíly zjištěné při použití různých měřicích přístrojů během poměrně rozsáhlého ověřovacího pokusu. Vliv změny měřicích přístrojů na výsledky je zřejmý. Přesnost jednotlivých měřicích zařízení byla posuzována a zjištěná šířka trhliny porovnávána s průměrnou šířkou, získanou na počítači analýzou digitální fotografie, pořízené pomocí mikroskopu. Při zpracování byla uvažována délka trhliny 0,8 mm. Příklad obrázku trhliny připravené k zpracování na počítači je uveden na obr. 3.

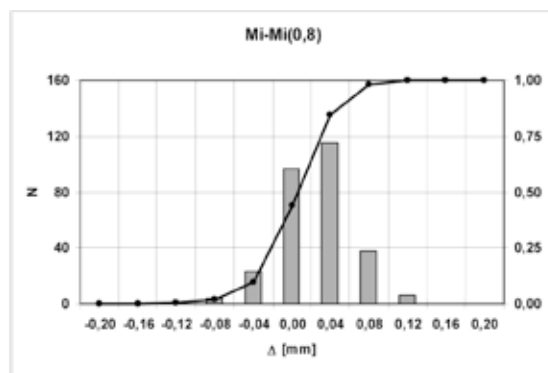


Obr. 3. Tvar trhliny – zpracování fotografie pořízené pomocí mikroskopu na počítači

Porovnání pro měřítko a mikroskop je patrné z obr. 4 a 5.



Obr. 4. Histogram rozdílů měření měřítkem a mikroskopem (digitálním zpracováním obrazu)



Obr. 5 - Histogram rozdílů měření mikroskopem (odečítáním okem) a mikroskopem (digitálním zpracováním obrazu)

Z výsledků ověřovací pokusu lze usuzovat, že měření měřítkem nevykazuje závažné nedostatky oproti lupě nebo mikroskopu. Přitom měření měřítkem je nejméně pracné. Tyto závěry byly zohledněny v návrhu metodiky.

4. Vlastní metodika

Před zahájením měření je potřebné vyhodnotit údaje a požadavky vznesené při zadání měření. Jedná se především o účel měření, sledované veličiny, způsob a přesnosti měření, místa měření, čas měření.

Je nutno definovat rozsah mapování trhlin, vybrat mapované (referenční) plochy, rozhodnout o způsobu mapování (fotograficky nebo ručním zakreslením trhlin), projednat postup s odběratelem, stanovit harmonogram měření.

Při monitorování trhlin je značná pozornost věnována problematice mapování trhlin. Vzhledem k dostupnosti digitálních fotoaparátů je třeba podrobně popsat postup při využití této techniky. Na konstrukci se vyberou vhodné referenční plochy, ty se dále dělí na jednotlivé záběry (fotografie). Značení záběrů musí být jednoznačné pro přesnou identifikaci měřeného místa. To je patrné z následující fotografie (obr.6).

Měření šířky trhliny mikroskopem je doporučeno pro přesná měření. Přesná měření slouží jako podklad pro speciální výpočetní posouzení konstrukce, vědecké účely, sledování neobvyklých konstrukcí. Jedná se o případy, které jsou nad rámec běžného monitorování při realizacích konstrukcí.

Pozornost je třeba věnovat definici šířky trhliny. Měřené místo bude označeno čarou kolmou (ve směru měření šířky trhliny) k trhlíně tužkou, případně jiným dlouhodobě trvanlivým způsobem. Čára je zakreslena ve střední části trhliny, případně v místě, kde se předpokládá její největší šířka (místo je stanoveno kvalifikovaným odhadem). Měření šířky trhliny se provádí přímo v označeném místě.



Obr. 6 - Fotografie- referenční plocha A, záběr 1, (trhlina č. 1, měřené místo č. 1)

Toto místo je určeno teoretickým průsečíkem osy rysky – čáry a teoretickou osou trhliny. Měřena je nejmenší – kolmá vzdálenost určená při pohledu mikroskopem. Měření se nesmí provádět v místě, kde jsou výrazné lokální poruchy hrany trhliny (výstupky, ostrůvky apod.). Měřená šířka se uvažuje bez případného rozšíření trhliny těsně u povrchu (zkosení hrany, rozšíření, olámaní hrany trhliny apod. – pokud šířku trhliny bez rozšíření lze jednoznačně určit, jinak se toto rozšíření zanedbá, což ovšem vede k nepřesnosti měření).

Měření měřítkem je určeno pro běžná měření prováděná při realizacích staveb. Postupuje se stejně jako u přesného měření, zjednodušení plyne z menšího rozlišení této metody. Značení měřeného místa musí umožnit opakovatelnost měření pro danou trhlínu na stejném místě ve stejném směru měření. Měřené místo se označuje číslem trhliny a číslem měřeného místa (např. 1-1, viz obr. 6).

Během měření je nezbytné měřit teplotu. Teplota ovzduší a teplota konstrukce bude průběžně měřena digitálním teploměrem během celého měření. Mimo uváděné běžné měřicí přístroje existuje celá řada speciálních měřicích zařízení, ta vyžadují specializované zkušební s příslušným vybavením. Většinou se jedná o nákladné metody. Tato měření jsou v současnosti určena především pro výzkumné úkoly, případně pro speciální konstrukce, nikoli pro ověřování konstrukcí v běžné stavební praxi.

5. Závěr

Návrh metodiky vychází ze zkušeností s měřením trhlin a ověřování navržených postupů v praxi. Závěry prezentované v článku, týkající se přesnosti jednotlivých metod měření, vycházejí z poměrně rozsáhlého ověřovacího pokusu. Návrh metodiky bude připomínkovan, uvedené závěry budou předmětem odborné diskuse.

Příspěvek vznikl za podpory projektu MD ČR 1F55A/072/120.

Podklady

- [1] Hrdoušek V., Bouška, P. Klimeš, P. Vokáč, M.: Metodický pokyn pro zpracování pasportu trhlin v mostní konstrukci, KÚ ČVUT, Praha 2004
- [2] Vokáč M., Bouška P., Novotný, T.: Komplexní metodika měření a dlouhodobého sledování trhlin v betonu, KÚ ČVUT, 2005, Rajecké Teplice

RADIOGRAFICKÁ KONTROLA VÝZTUŽE POMOCÍ Co60 – MOŽNOST PŘESNÉHO URČENÍ TYPU VÝZTUŽE V ZÁVISLOSTI NA PROZAŘOVANÉ TLOUŠŤCE

Ing. Ondřej Anton

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví,
Veveří 95, 662 37 Brno
Tel. 541 147 823, e-mail: anton.o@fce.vutbr.cz.
Web: www.fce.vutbr.cz

Anotace:

V současnosti základní metodou pro zjištění polohy a profilu ocelové výztuže v železobetonu je radiografická metoda, prozařování pomocí izotopu Co60. Pracovištěm s největšími zkušenostmi v používání této metody v České republice je Středisko radiační defektoskopie, Ústavu stavebního zkušebnictví, FAST VUT v Brně. V příspěvku je zachyceno experimentální stanovení problematiky, která byla dosud řešena spíše na základě odhadu a zkušeností, tedy přesné stanovení možnosti zaregistrování výztuže a schopnosti přesně určit její typ, v závislosti na tloušťce prozařovaného betonu a hloubce uložení výztuže (a v závislosti na typu výztuže a jejím průměru). Při experimentu byla použita řada různých typů výztuže, různých průměrů.

1. Úvod

Jednou ze základních podmínek pro dosažení plánovaných vlastností železobetonových konstrukcí je dodržení projektovaného množství a profilu výztuže, jejich rozmístění a krytí. Tyto údaje je důležité ověřit i u objektů, u kterých se nedochovala technická dokumentace. V současné době se pro toto zjišťování používá několik metod s různým stupněm úspěšnosti. Tyto metody můžeme obecně rozdělit na metody destruktivní a nedestruktivní. Základní nedestruktivní metodou pro zjištění polohy a profilu ocelové výztuže je metoda nazývaná radiografie. Tato metoda je založená na zeslabení záření gama nebo rentgenového záření při průchodu materiálem (míra zeslabení je úměrná tloušťce materiálu a hustotě, respektive objemové hmotnosti). Záření prošlé materiálem dopadá na radiografický film, přičemž zčernání filmu je úměrné obdržené dávce záření. Tím je umožněno zobrazení jakýchkoliv nehomogenit uvnitř materiálu, tedy i přesné zobrazení ocelové výztuže v železobetonu. Radiografie je v současnosti jedinou ideálně přesnou metodou k přesnému zjištění vyztužení konstrukce. I ta má ale několik omezení, která se týkají jednak náročností na zabezpečení místa prozařování (což je dáno škodlivostí ionizujícího záření pro lidský organismus) a zejména omezení dané maximální tloušťkou prozařovaného materiálu v závislosti na použitém zdroji záření a ještě akceptovatelné době expozice.

2. Cíle

V současnosti s největší zkušeností v používání radiografie ve stavebnictví v České republice má Středisko radiační defektoskopie, Ústavu stavebního zkušebnictví, Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně. Jeho pracovníci již aplikovali tuto metodu při průzkumu konstrukcí ve stovkách případů. Většina těchto radiografií je však navrhována na základě zkušeností pracovníků, neopírá se

o výsledky rozsáhlejšího výzkumu a do jisté míry nemá ani kvalitní oporu v technických normách. Navíc ve většině případů jde o prozařování maximálně přes 300 mm železobetonu a je zobrazována výztuž do hloubky uložení cca 150 mm.

Jediná technická norma, zabývající se radiografií, byla ČSN 73 1376 (její platnost skončila v roce 2006), nicméně její využitelnost byla velmi diskutabilní díky faktu, že byla vytvořena v době, kdy byla radiografie stavebních konstrukcí teprve v počátcích a řada partií byla víceméně upravena ze stávajících strojařských norem pro prozařování oceli. V důsledku toho byly některé její pasáže v porovnání s praxí a zkušenostmi velmi diskutabilní.

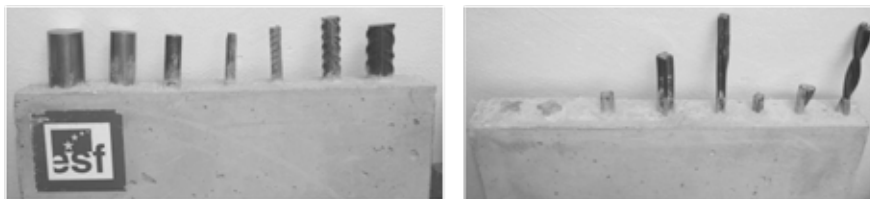
V posledních letech se objevila řada požadavků na prozařování nestandardních konstrukcí a byla vznesena řada dotazů na možnost prozařování větších tloušťek betonu a zjištění výztuže a objektů uložených ve větší hloubce pod povrchem betonu.

V poslední době probíhaly experimenty vedoucí k řešení této problematiky. Cílem bylo zjistit možnosti prozařování železobetonu větších tloušťek a zjištění výztuže uložené ve větší hloubce, přičemž byly jako parametry vyhodnocení použitelnosti sledovány: možnost rozlišení výztuže různých průměrů a různých typů v závislosti na tloušťce betonu a hloubce uložení. Současně byla věnována pozornost tomu, zda je ještě možno rozlišit typ výztuže. Okrajově byly výsledky a průběh experimentů porovnávány se zmíněnou ČSN 73 1376, z čehož vyplynula jistá polemika s touto normou. V závěru byly výsledky experimentů porovnávány s výsledky řady radiografických kontrol v terénu. Při experimentech byl jako zdroj záření využit izotop Co60, jež je pro svou výhodnou energii a další vlastnosti standardně používán pro radiografii železobetonových konstrukcí.

3. Plán experimentu

Experiment se skládá z několika částí. V první fázi bylo nutné vyrobit betonové desky, které slouží k vytvoření různých konfigurací a simulaci různých tloušťek betonových konstrukcí a také měrky dle normy ČSN 73 1376. Potom následoval výpočet doby expozice a volba geometrie prozařování. Dalším krokem bylo samotné prozařování, vyvolávání filmů a jejich vyhodnocování.

Pro experiment bylo vyrobeno celkem dvanáct desek z prostého betonu sloužících k vytvoření různých konfigurací a simulaci různých tloušťek betonových konstrukcí. Dále byly vyrobeny dvě desky a do nich zabetonovány různé druhy výztuže. Do první desky byla umístěna výztuž používaná v dnešní době. Jsou to tři pruty žebírkové výztuže 10 505 o průměrech 10, 20 a 28 mm a čtyři pruty výztuže hladké 10 216 o průměrech 10, 18, 25 a 36 mm. Do druhé desky byly zabetonovány charakteristické typy výztuže používané v minulosti – dva pruty výztuže Isteg (průměrů 7 a 8 mm) a šest prutů výztuže Roxor (průměry: 12, 14 a 26 mm). Výztuže Roxor byly v desce umístěny vždy dvě od každého průměru, a navzájem pootočený o 45°, neboť při radiografii se budou různě pootočené výztuže zobrazovat rozdílně (vzhledem k tomu, že nemají kruhový průřez).



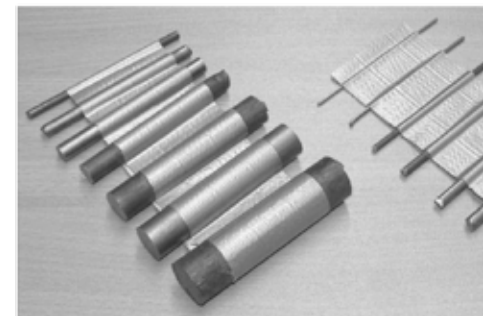
Obr. 1 Desky s vloženou výztuží různých typů a průměrů

Dalším krokem byla výroba měrek sloužících ke kontrole rozeznatelnosti obrazu. Drátové měrky se skládají ze sedmi ocelových drátů odstupňovaných průřezů.

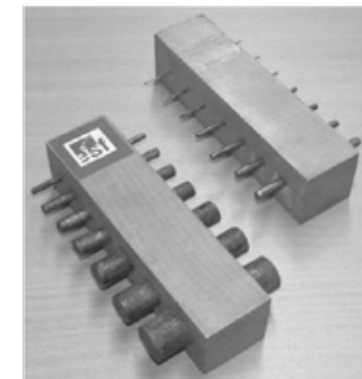
Norma ČSN 73 1376 předepisuje zabetonování drátů do betonových trámečků o rozměrech 40 x 40 x 160 mm s přesahem drátů 20 mm na každou stranu trámečku. Měrky by měly být připevněny na prozařovanou oblast na stranu ke zdroji záření.

V experimentu bylo zvoleno alternativní řešení. Především bylo rozhodnuto o umístění měrek na obě strany konstrukce, to proto, že při velkých tloušťkách materiálu lze předpokládat, že měrka umístěná na straně zářiče nebude rozeznatelná díky geometrii její projekce.

Pro měrku umístěnou na lici konstrukce pod filmem byly dráty pouze spojeny lepicí fólií (viz obr. 2), neboť umístění v trámečku by vzdálilo film od povrchu konstrukce (což by bylo v přímém rozporu se zásadami správné radiografie), na stranu kde je umístěn zářič byla vyrobena měrka dle normy, ale beton trámečku byl zaměněn dřevem (viz obr. 3), neboť beton by výrazně ovlivnil rozeznatelnost měrky navýšením tloušťky materiálu (dřevo má výrazně menší objemovou hmotnost, a proto podobný efekt nehrozí).



Obr. 2 Drátové měrky spojené lepicí fólií



Obr. 3 Drátové měrky uložené do dřevěného trámečku

Pro experiment bylo zvoleno 36 různých prozařovacích konfigurací.

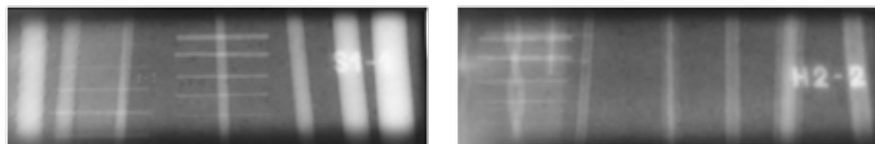
Konfigurace zahrnovaly jednak tloušťky betonu od 50 mm do 650 mm a v rámci jednotlivých tloušťek byla měněna poloha desky s výztuží, což simulovalo hloubku uložení výztuže. Maximální hloubka uložení výztuže byla stanovena na 250 mm. Výztuž ve větší hloubce by vzhledem ke geometrii prozařování byla na filmu zobrazena v rozměrech, které by velmi obtížně umožňovaly následné kvalitní vyhodnocení polohy výztuže ve větší ploše konstrukce (vzhledem k velikosti standardně používaných radiografických filmů). I tak bylo nezbytně nutné provádět prozařování konfigurací s větší hloubkou uložení výztuže na dvě, respektive tři expozice, aby byly kvalitně zobrazeny všechny pruty výztuže umístěné ve vzorku.

Pro expozice byla standardně zvolena ohnisková vzdálenost (vzdálenost mezi zdrojem záření a radiografickým filmem) 1m (návrh ohniskové vzdálenosti dle staré normy se ukázal jako zcela nevhodný), to přineslo poměrně dlouhé doby expozice, (až 12 hodin). Prozařováno bylo na v současnosti nejcitlivější dostupné radiografické filmy Agfa D7, formátu 300x400 mm, pro zkrácení doby expozice byly použity olověné zesilovací folie.

Při výpočtu expozice byla na základě zkušeností volena cílová velikost zčernání filmu v hodnotě 2,5 – 2,8 (i když zmíněné ČSN postačovalo zčernání 0,8, což se ukázalo jako krajně nevhodné).

Na vyvolaných filmech byla pro každou konfiguraci prozařování a každý typ výztuže určována následující kritéria

- zda je prut výztuže ještě patrný
- zda je možno určit typ výztuže
- okrajově byl určován i kontrast (rozdíl zčernání mezi dvěma sousedními zčernáními na filmu, tedy v místě kde záření prošlo přes výztuž a mimo něj)
- rozeznatelnost radiogramu dle metody drátových měrek dle zmíněné ČSN – ukázalo se bezpředmětné



Obr. 4 Příklad výsledných radiogramů s patrným zobrazením drátových měrek

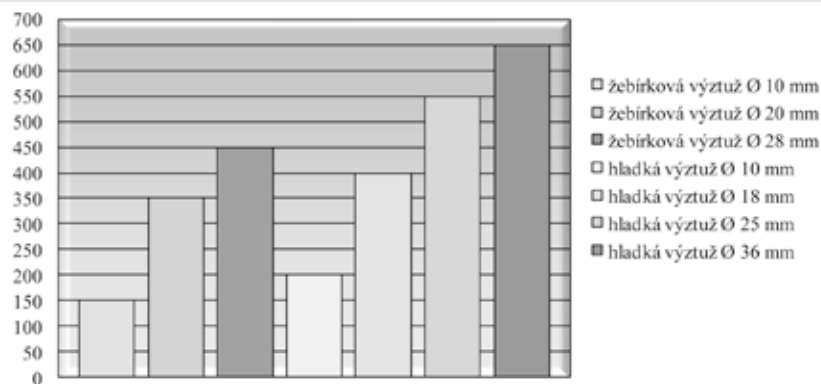
4. Výsledky měření

Výsledkem experimentu bylo zjištění, při jaké prozařované tloušťce betonu a při jaké poloze výztuže je ještě možno identifikovat výztuž a případně ji vůbec zaregistrovat.

4.1 Shrnutí vyhodnocení snímků současné výztuže

Všechny výsledky, které vyšly z jednotlivých snímků, byly vyneseny do grafu. Na svislé ose jsou umístěny prozařované tloušťky, jednotlivé sloupce představují použité výztuže a schopnost identifikovat jejich profil.

Pomocí radiografie lze tedy určit žebírkovou výztuž až do prozařované tloušťky 450 mm (v závislosti na průměru prutu), výztuž hladkou až do tloušťky 650 mm (zde je také patrná závislost na průměru výztuže).



Obr. 5 Graf možnosti identifikace současné výztuže

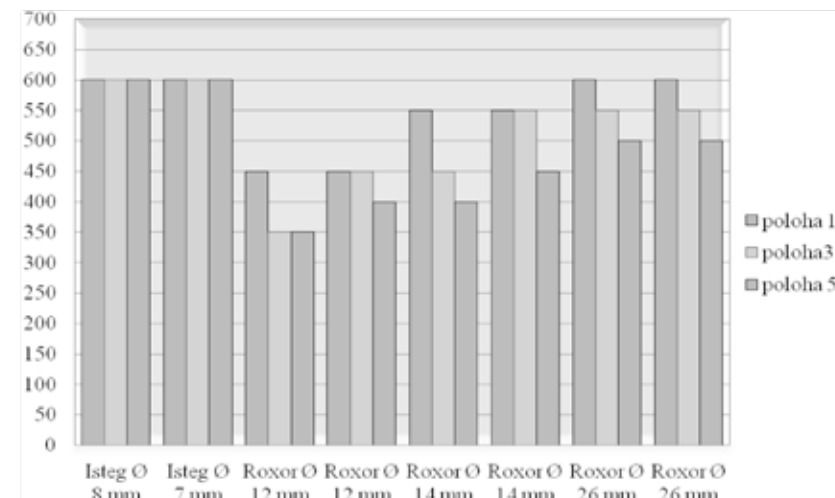
4.2 Shrnutí vyhodnocení snímků historické výztuže

Graf vyhodnocení výsledků experimentů s historickou výztuží je na rozdíl od grafu rozdělen podle polohy uložení desky s výztuží v prozařované konfiguraci, protože vliv tohoto uložení se při práci s historickou výztuží ukázal důležitý.

Na svislé ose jsou umístěny (stejně jako u současné výztuže) prozařované tloušťky, jednotlivé sloupce představují použité výztuže a schopnost identifikovat jejich typ.

Pomocí radiografie lze tedy určit výztuž Isteg až do prozařované tloušťky 600 mm. U výztuže Roxor je rozhodující průměr daného prutu, ale i také její umístění v betonové desce. V grafu jsou výztuže seřazeny stejně jako v desce H.

Výskyt výztuží použitých v experimentu šel pomocí radiografie zjistit i při prozařované sířce 700 mm bez problémů.



Obr. 6 Graf možnosti identifikace historické výztuže

Pozn: V grafu Poloha 1- krytí výztuže 50 mm, poloha 3 – krytí výztuže 150 mm, poloha 5 – krytí výztuže 250 mm.

Výsledky experimentu byly současně ověřeny na několika desítkách radiografických expertiz konstrukcí, které v minulosti provedlo středisko radiální defektoskopie. Výsledky se zcela přesně shodují.

5. Závěr

Z laboratorních experimentů je patrné, že pomocí radiografie jsme schopni určit vyztužení konstrukce tloušťky 650 mm (větší tloušťky nebyly v rámci práce prozařovány, lze předpokládat, že rozsah použití bude ještě větší), tzn. určit počet prutů a jejich uložení a s jistou přesností i stereometricky vyhodnotit jejich průměry.

Pokud se bude v konstrukci vyskytovat žebírková výztuž průměru 10 mm, lze pomocí

radiografie určit její typ až do tloušťky 150 mm, u průměru žebírkové výztuže 20 mm do tloušťky 350 mm a pro průměr žebírkové výztuže 28 mm se limitní hodnotou ukázala šířka 450 mm.

Pro hladkou ocel 10 216 jsou maximální šířky prozařování (aby bylo možno určit typ výztuže) 200, 400, 550 mm pro průměry 10, 18 a 25 mm. Pro průměr výztuže 36 mm nelze pomocí tohoto experimentu limitní hodnotu určit, protože v konfiguraci s tloušťkou 650 mm typ identifikovatelný byl a lze předpokládat, že i při větších tloušťkách by to bylo možné.

Výztuže Isteg průměru 7 a 8 mm byl identifikovatelný při všech zkoušených tloušťkách. U výztuže typu Roxor se ukázala důležitá její poloha v konstrukci a samozřejmě průměr profilu. Prut zobrazený na filmu jako hladká výztuž s tmavým pruhem uprostřed bylo možné rozlišit do větších prozařovaných tloušťek. Pro Roxory v této poloze (poloha výztuže vůči filmu nejnepříznivější) a jejich průměry 12, 14 a 26 mm se za mezí ukázaly hodnoty 400, 450 a 500 mm. Pro pruty stejných průměru (jen v desce otočené o 45°) jsou maximální tloušťky (pro které je možno určit, že se jedná o Roxor) 350, 400 a 500 mm.

Výsledky práce jasně specifikují, ve kterých případech při terénní radiografii se můžeme spolehnout na určení typu zobrazené výztuže a kdy je přesné určení nemožné a v případě potřeby je třeba radiografii doplnit destruktivním ověřením typu zjištěné výztuže. Výsledky experimentů byly v tomto směru zcela přesně potvrzeny konfrontací s několika případy radiografie prováděné na reálných konstrukcích.

Z práce také vyplynuly určité nedostatky normy ČSN 73 1376. Výpočet ohniskové vzdálenosti pomocí normy se ukázal nepoužitelný v praxi, protože při použití těchto vzdáleností by se hodnoty expozičních dob vyšplhaly ke dnům. Také předepsané použití měrek a následné vyhodnocení rozeznatelnosti snímku se ukázalo bezpředmětné. Rozeznatelnost nemá vypovídací hodnotu a měřky naopak v některých případech ztížily vyhodnocení filmu. Také normou daná hodnota zčernání se jeví nepřesně, snímky mají větší vypovídací hodnotu při zčernání v rozmezí 2,5 – 3.

Při vyšších tloušťkách materiálu se jediným problémem jeví nárůst délky expozičních hodin až desítky hodin, což při prozařování v terénu může působit komplikace dané mimo jiné potřebou bezpečného zajištění prostoru - tzv. Přechodného kontrolovaného pásma.

Tento příspěvek vznikl za podpory projektu GAČR 103/06/0891.

ZKUŠEBNÍ METODY ZDIVA A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

Ing. Dimitrij Pume, DrSc., Kloknerův ústav ČVUT

1. Úvod

Cílem předkládaného příspěvku je seznámit přítomné účastníky konference s metodami zkoušení mechanických vlastností

- a) zdících prvků,
- b) vzorků různých druhů zdiva a
- c) prvků zděných konstrukcí (včetně několika detailů zděných konstrukcí).

Zdivo je kompozitní stavební materiál, není homogenní. Základními komponenty zdiva jsou dvě stavební hmoty: zdící prvky (podle dříve platné terminologie: kusová staviva) a malta. Hlavní úlohu malty je spojovat zdící prvky a taktó vytvářet žádaný komposit: zdivo a podílet se souběžně na potřebné modifikaci vlastností zdiva – vytvářet prvky zděných konstrukcí jiných vlastností – zejména prvky tepelně nebo zvukově izolační.

V průběhu mnoha staletí až do druhé poloviny 20. století se na území Evropy používaly v nosných stěnách obytných budov dva druhy zdiva – kamenné zdivo (zejména v reprezentačních budovách) a cihelné zdivo z plných pálených cihel a malty vápenné, později též vápenocementové (ve staticky více namáhaných stěnách). V průběhu posledních 60 let se počet druhů zdiva nebyvale zvětšil v důsledku zavedení nových druhů zdících prvků, lišících se od dosud vyráběných použitou surovinou a novým uspořádáním tvaru těchto prvků a otvorů v nich a velmi často též jiným uspořádáním ve zdivu.

2. ČSN EN 1052-1 Zkušební normy pro zdivo – Část 1: Stanovení pevnosti v tlaku

Tato norma se od předchozí normy ČSN 73 2061-2 liší ve stanovení velikosti zatěžovacích stupňů, v postupu stanovení charakteristické pevnosti zdiva v tlaku a v možnosti úpravy průměrné pevnosti zdiva v tlaku.

Podstata zkoušky

Pevnost zdiva v tlaku kolmo na ložné spáry se odvodí z pevnosti v tlaku zděných zkušebních těles (nízkých zděných stěn) zatěžovaných až do porušení. Materiály ve zkušebních tělesech, způsob zdění a vazba zdiva musí odpovídat postupům provádění skutečných konstrukcí.

Zkušební tělesa se zatěžují rovnoměrným tlakem. Z každého tělesa se zaznamená největší hodnota zatěžovací síly F_{max} . Charakteristická pevnost zdiva v tlaku se odvodí z hodnot pevností v tlaku jednotlivých zkušebních těles.

Jestliže pevnosti zdících prvků nebo malty nedosahují deklarovaných hodnot, lze měřené hodnoty v určitém rozsahu upravit podle přílohy A. Tato úprava musí být jednoznačně uvedena ve zprávě o zkoušce.

Materiály**Zdicí prvky****Odběr prvků**

Všechny zdicí prvky pro zkoušky těchto prvků a pro zhotovení zděných zkušebních těles se odebírají ze stejné dodávky.

Uložení zdicích prvků

Podmínky uložení zdicích prvků před vyzdíváním zkušebních těles. Zaznamená se stáří neautoklávaných betonových tvárnic v den zkoušky těles. Stanoví se hmotnostní vlhkost porobetonových tvárnic a vápenopískových zdicích prvků podle prEN 772-10.

Zkoušky

Stanoví se pevnost v tlaku zdicích prvků podle prEN 772-1.

POZNÁMKA – Jestliže se pevnost zdicích prvků bude v čase měnit, zkoušky jejich pevností v tlaku se mají uskutečnit v den zkoušek zdíva.

Malta

Vlastnosti malty, způsob její přípravy a hodnota rozlití musí splňovat požadavky prEN 998-2, pokud není stanoveno jinak, a musí být uvedeny v protokolu o zkoušce.

Z malty připravené pro zdění se odeberou vzorky, zhotoví se zkušební tělesa a stanoví se hodnota rozlití čerstvé malty podle prEN 1015-3 a obsah vzduchu v čerstvé maltě podle prEN 1015-7. Pevnost malty v tlaku se stanoví podle prEN 1015-11 současně se zkouškami zdíva.

Zkušební zařízení

Zkušební zařízení musí na zděné zkušební těleso vyvozovat zatížení tak, aby přetvoření zdíva bylo po celé zatěžované ploše rovnoměrné. Jestliže tlačné desky zařízení jsou kratší než délka zděného zkušebního tělesa, použijí se roznášecí nosníky s délkou větší, než je délka zkušebních těles, a výškou větší nebo rovnou délce přesahu zděného zkušebního tělesa přes tlačné desky. Zkušební stroj musí být vybaven samouzavíracím uložením na kouli.

Tabulka 1 – Požadavky na zkušební zařízení

Největší přípustná odchylka opakovaného zatížení od udávané hodnoty %	Největší přípustná střední hodnota odchylky zatížení od udávané hodnoty %	Největší přípustná hodnota odchylky nulového zatížení v procentech maximálního zatížení %
2,0	±2,0	±0,4

Příprava zděných zkušebních těles**Zděná zkušební tělesa**

Zkouší se nejméně tři tělesa s rozměry uvedenými v tabulce 2 a na obrázku 1.

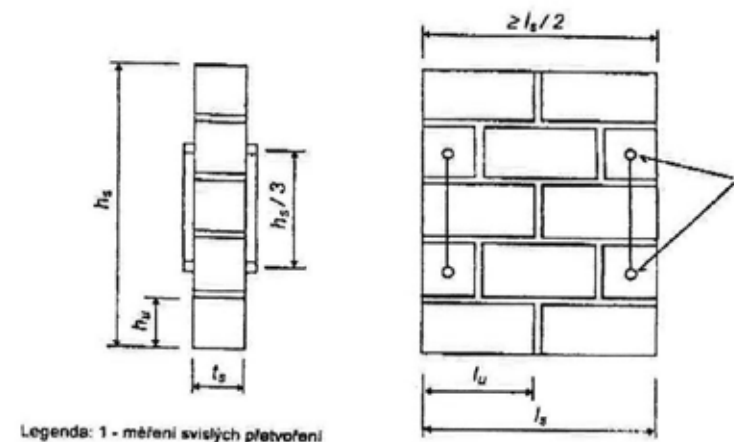
Tabulka 2 – Rozměry zděných zkušebních těles pro zkoušky pevnosti zdíva v tlaku

Lícové rozměry zdicího prvku		Rozměry zděného zkušebního tělesa			
Délka l_u (mm)	Výška h_v (mm)	Délka l_s	Výška h_s (mm)		Tloušťka t_s (mm)
=300	=150	=2 l_u	=5 h_u	=3 t_s	= t_u
	>150		=3 h_u		
>300	=150	=1,5 l_u	=5 h_u	=15 t_s	
	>150		>3 h_u	= t_s	

Jestliže výška zděného zkušebního tělesa, určená podle tabulky 2, by byla větší než 1000 mm, je přípustné zmenšit rozměry tělesa (kromě zkušebních těles ze zdicích prvků s otvory kolmými na směr působícího tlaku) použitím zdicích prvků s výškou zmenšenou řezáním v dolní a horní vrstvě za předpokladu, že

$$l_s \geq 400 \text{ mm a } l_s \geq l_u;$$

- ve střední vrstvě tělesa se zachová nejméně jedna styčná spára uprostřed tělesa □
- výška seříznutých zdicích prvků v horní a dolní vrstvě nebude menší než tloušťka zkušebního tělesa (t_s);
- k ložným spárám budou přiléhat původní (neseříznuté) ložné plochy zdicích prvků.



Obrázek 1 - Zděné zkušební těleso

Zhotovení a uložení zděných zkušebních těles

Zděná zkušební tělesa se zhotoví na vodorovné ploše. Učiní se vhodná opatření, aby tělesa nevyschla během prvních tří dnů po zhotovení, např. se zakryjí polyetylenovými fóliemi. Potom se zkušební tělesa ponechají v laboratorním prostředí nepříkryta.

Je nutné zajistit, aby tlačené plochy těles byly rovné a planoparalelní a kolmé na hlavní osu tělesa. Toho lze dosáhnout např. použitím ocelových desek pod a nad vzorkem se zabroušenou plochou, na kterou dosedají tlačné desky zkušebního zařízení a popř. s tenkou vyrovnávací vrstvou vhodného materiálu, např. sádrové nebo jiné malty. Jestliže se desky nepoužijí hned po zhotovení tělesa, např. až při osazování tělesa do zkušebního zařízení, musí malta použitá pro tento účel dosáhnout v době zkoušky zděného zkušebního tělesa nejméně takové pevnosti v tlaku, jakou má malta v tělese.

Zkušební tělesa se podrobí zkoušce v době, kdy pevnost malty v tlaku bude v rozsahu hodnot uvedených v sloupci 3 tabulky 3. Pevnost malty se určí podle prEN 1015-11 postupně v různém stáří (pro určení dne zkoušky zděných těles) a rovněž v době zkoušky těles. Jestliže se však zděná tělesa mají zkoušet v dané době po zhotovení, např. ve stáří 28 dnů, pevnost malty v tlaku se stanoví v době zkoušky zděných těles.

Tabulka 3 – Přípustný rozsah hodnot pevnosti malty v tlaku pro zkoušky zděných těles

Pevnostní třída malty	Deklarovaná pevnost malty v tlaku f_{md} (N/mm ²)	Průměrná pevnost malty v tlaku v době zkoušky f_m (N/mm ²)
M 1	1,0	$1,0 \leq f_m < 2,5$
M 2,5	2,5	$2,5 \leq f_m < 5,0$
M 5	5,0	$5,0 \leq f_m < 7,5$
M 7,5	7,5	$7,5 \leq f_m < 10,0$
M 10	10,0	$10,0 \leq f_m < 12,5$
M 12,5	12,5	$12,5 \leq f_m < 15,0$
M 15	15,0	$15,0 \leq f_m < 20,0$
M 20	20,0	$20,0 \leq f_m < 30,0$
M 30	30,0	$30,0 \leq f_m < 40,0$

Postup zkoušení**Osazení zděných zkušebních těles do zkušebního zařízení**

Zkušební tělesa se osazují do zkušebního zařízení dostředně. Přitom se zajistí, aby tlačné desky plně dosedaly na horní a dolní plochu zkušebního tělesa případným použitím tenké vyrovnávací vrstvy.

Zatěžování

Zatížení působí rovnoměrně na horní a dolní plochu tělesa. Zatížení se stejnoměrně zvyšuje tak, aby porušení tělesa nastalo po 15 až 30 minutách od začátku zatěžování.

Poznámka: Rychlost zatěžování, která je požadována pro dosažení porušení zděného tělesa v doporučeném čase, závisí na pevnosti zdiva. Doba nezbytná pro dosažení porušení první

ho tělesa sady je směrodatná pro stanovení rychlosti zatěžování dalších těles téže sady. Přibližně platí, že rychlost zatěžování je v rozsahu od 0,15 N/mm².min pro tělesa ze zdících prvků nízké pevnosti, do 1,25 N/mm².min. pro tělesa ze zdících prvků vysoké pevnosti. Jestliže se má stanovit modul pružnosti, postupuje se takto. Na zděná zkušební tělesa se podle obrázku 1 osadí deformetry pro měření přetvoření ve vsmíslém směru. Zatěžovací síla se postupně zvyšuje nejméně ve třech stejných stupních až do dosažení 0,5násobku očekávané pevnosti v tlaku. Po dosažení každého stupně působí po dobu 2±1 minut konstantní síla, aby se zaznamenaly údaje deformetru. Po dokončení měření na posledním stupni se zatěžovací síla dále zvyšuje konstantní rychlostí až do porušení. Jestliže lze kontinuálně zaznamenávat přetvoření během zatěžování, zvolí se konstantní rychlost zatěžování nebo přetvoření tak, aby se únosnosti tělesa dosáhlo po 15 až 30 minutách.

Měření

Zaznamenávají se tyto hodnoty:

- rozměry zatěžovaného průřezu tělesa s přesností ±1 mm,
- maximální zatížení $F_{i,max}$ v N, zaokrouhlené na nejbližší 1 kN,
- zatížení, při němž vzniknou první viditelné trhliny,
- doba od začátku zatěžování až do porušení tělesa.

Jestliže se má stanovit modul pružnosti, měří se poměrná přetvoření ve čtyřech místech (viz obrázek 1) s přesností ±25.10-6 až do dosažení přibližně poloviny maximálního zatížení.

Výpočty**Výpočet hodnot pevnosti v tlaku**

Pevnost v tlaku f_i každého zkušebního tělesa se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,1 N/mm² ze vztahu:

$$f_i = \frac{F_{i,max}}{A} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (1)$$

Výpočet hodnot modulu pružnosti

Sečnový modul pružnosti E_i zdiva každého zkušebního tělesa se vypočítá z průměrné hodnoty poměrných přetvoření ve čtyřech měřených místech tělesa pro napětí rovné jedné třetině pevnosti v tlaku ze vztahu:

$$E_i = \frac{F_{i,max}}{3\delta_i A} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2)$$

Vyhodnocení výsledků zkoušek**Průměrná pevnost v tlaku**

Průměrná pevnost v tlaku f zdiva zkušebních těles se vypočítá zaokrouhlená na nejbližší 0,1 N/mm². Jestliže pevnosti v tlaku zdících prvků a malty se v době zkoušky odchylojí od deklarovaných hodnot, přepočítají se výsledky zkoušek podle přílohy A.

Charakteristická pevnost v tlaku

Charakteristická pevnost zdiva v tlaku f_k zaokrouhlená na nejbližší 0,1 N/mm² se rovná větší hodnotě ze dvou hodnot vypočtených podle odstavců a) a b):

a) menší hodnota z následujících dvou:

$$f_k = f/1,2 \quad \text{nebo} \quad f_k = f_{i,\min} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (3)$$

nebo při uvažování upravených hodnot vypočítaných podle přílohy A menší hodnota z následujících dvou:

$$f_k = f_d/1,2 \quad \text{nebo} \quad f_k = f_{id,\min} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (4)$$

b) jestliže je v sadě 5 nebo více vzorků, vypočítá se 5 % kvantil pro konfidenci 95 %.

Průměrný modul pružnosti

Je-li požadováno, vypočítá se hodnota průměrného modulu pružnosti E zaokrouhlená na nejbližších 100 N/mm².

Úprava průměrné pevnosti v tlaku

Jestliže pevnosti v tlaku zdicích prvků a/nebo malty se v době zkoušky zděných zkušebních těles liší od deklarovaných pevností zdicích prvků f_{bd} nebo malty f_{md} , musí se pevnost zdíva v tlaku stanovená zkouškou f_i přepočítat na pevnost zdíva příslušející deklarovaným pevnostem zdicích prvků a malty podle vztahu:

$$f_{id} = f_i \left(\frac{f_{bd}}{f_b} \right)^{0,65} \left(\frac{f_{md}}{f_m} \right)^{0,25}$$

Upravená pevnost zdíva v tlaku f_d je aritmetickým průměrem jednotlivých hodnot f_{id} .

Úprava hodnot pevnosti zdíva v tlaku je přípustná jen tehdy, když zkouškami stanovená průměrná pevnost v tlaku použitých zdicích prvků se od deklarované pevnosti odchyluje nejvýše o ± 25 %, pevnost malty v tlaku leží v přípustném rozsahu hodnot podle tabulky 3 a byla použita obyčejná malta.

ČSN EN 1052-2 Zkušební metody pro zdívo – Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

Tato norma se od předchozí normy ČSN 73 2061-3 liší ve stanovení rozměrů zkušebních zděných těles a v metodě výpočtu charakteristické pevnosti zdíva v tahu za ohybu.

1. Podstata zkoušky

Pevnost zdíva v tahu za ohybu se odvodí z pevnosti v tahu za ohybu malých zkušebních zděných těles zatěžovaných až do porušení při čtyřbodovém uspořádání zkoušky. U každého tělesa se zaznamená největší hodnota celkové zatěžovací síly $F_{i,\max}$. Charakteristická hodnota vypočtená z maximálních napětí jednotlivých zkušebních těles je charakteristickou pevností zdíva v tahu za ohybu.

2. Materiály

Kondicionování zdicích prvků

Zaznamenají se podmínky kondicionování zdicích prvků před vyzdíváním zděných zkušebních těles. Stanoví se hmotnostní vlhkost pórobetonových tvárníc a vápenopískových zdicích prvků podle EN 772-10. Zaznamená se stáří neautoklávovaných betonových tvárníc v den zkoušky těles.

Zkoušky

Stanoví se pevnost v tlaku zdicích prvků podle EN 772-1. Pevnost v tlaku neautoklávovaných betonových tvárníc se stanoví v den zkoušek těles.

Malta

Vlastnosti malty, způsob její přípravy a hodnota rozliti musí splňovat požadavky prEN 998-2, pokud není stanoveno jinak, a musí být uvedeny v protokolu o zkoušce.

Z malty připravené pro zdění se odeberou vzorky, zhotoví se zkušební tělesa (trámečky) a stanoví se hodnota rozliti čerstvé malty podle EN 1015-3 a obsah vzduchu v čerstvé maltě podle EN 1015-7. Průměrná pevnost malty v tlaku se stanoví zkouškami zkušebních těles podle EN 1015-11 současně se zkouškami těles.

3. Zkušební zařízení

Zkušební stroj musí splňovat požadavky uvedené v tabulce 1 a být schopen se přizpůsobit nerovnoměrnostem zkušebního tělesa. Zkušební stroj musí mít dostatečný rozsah, avšak musí se zvolit takový, aby velikost zatížení při dosažení únosnosti tělesa byla větší než jedna pětina zvoleného rozsahu. Zkušební stroj musí být vybaven regulací rychlosti zatěžování nebo jiným ekvivalentním zařízením, umožňujícím zvyšovat zatížení předem určenou rychlostí. Podpory musí být uspořádány tak, aby zaručovaly plný dotek se zkušebním tělesem po celé jeho šířce, např. se použijí duté gumové podložky s tloušťkou stěn nejméně 7 mm a s rozměrem otvoru 10 mm, v němž je uložena ocelová tyč o průměru 8 mm. 1)

Tabulka 1 – Požadavky na zkušební stroje

Největší dovolená odchylka opakovaného zatížení od udávané hodnoty %	Největší dovolená střední hodnota odchylky zatížení od udávané hodnoty %	Největší dovolená hodnota odchylky nulového zatížení v procentech maximálního zatížení %
2,0	$\pm 2,0$	$\pm 0,4$

4. Příprava zděných zkušebních těles

Zděná zkušební tělesa

Při zatěžování ve směru každé z obou hlavních os se zkouší nejméně pět těles uspořádaných podle obrázku 1 s rozměry uvedenými v tabulce 2. Rozměr zděného zkušebního tělesa se musí stanovit tak, aby vzdálenost mezi vnitřní a vnější podporou nebyla menší než tloušťka zkušebního tělesa. Tloušťka zkušebního tělesa se musí rovnat hodnotě t_u , pokud není stanoveno jinak.

Tabulka 2 – Rozměry zděných těles pro zkoušky pevnosti zdiva v tahu za ohybu

Směr	h_u (mm)	B (mm)	Doplnující podmínky
Pevnost v tahu za ohybu v rovině porušení rovnoběžné s ložnými spárami	libovolná	≥ 400 a $\geq 1,5 l_2$	nejméně 2 ložné spáry v mezích l_2
Pevnost v tahu za ohybu v rovině porušení kolmé na ložné spáry	≤ 250	≥ 250 a $\geq 3 h_u$	nejméně 1 styčná spára v každé vrstvě v mezích l_2
	> 250	≥ 1000	nejméně 1 ložná spára a nejmeně 1 styčná spára v každé vrstvě v mezích l_2

Zhotovení a uložení zděných zkušebních těles

Zděná zkušební tělesa se zhotoví během 30 minut po kondicionování zdících prvků. Použije se malta připravená nejvýše před hodinou, pokud se nepoužije malta s prodlouženou dobou zpracovatelnosti. Ve zkušebních tělesech se dodrží stanovená vazba. Zkušební tělesa se zhotoví plynule bez přerušování.

Bezprostředně po zhotovení se každé zkušební těleso zatíží rovnoměrným tlakem, který vyvodí v tělese svislé napětí v mezích od 2,0.10⁻³ N/mm² do 5,5.10⁻³ N/mm². Potom se zkušební tělesa ponechají v uložení bez vnějších zásahů až do doby zkoušky. Pokud se použijí jiné malty než vápenné, učiní se vhodná opatření, aby tělesa během uložení nevyuschla, např. se těsně zakryjí polyetylenovými foliemi, a pokud není stanoveno jinak, ponechají se takto uložené až do doby zkoušky. Každé zkušební těleso se zkouší ve stáří 28 ± 1 dnů, pokud není stanoveno jinak, a současně se podle EN 1015-11 stanoví pevnost malty v tlaku. U vápenných malt bývají nutné jiné způsoby a jiná doba uložení, což je nezbytné předem stanovit.

5 Postup zkoušení

Umístění zděných zkušebních těles ve zkušebním zařízení

Zděná zkušební tělesa se zatíží ve svislé poloze čtyřbodovým ohybem (viz obrázek 1). Vzdálenost mezi vnější podporou a koncem zkušebního tělesa se musí rovnat nejméně 50 mm. Vzdálenost mezi vnitřními podporami lze měnit s přihlédnutím k rozměrům zkušebních těles, avšak tato vzdálenost se musí rovnat 0,4 až 0,6 násobku vzdálenosti vnějších podpor. Vnitřní podpory se musí podle možností umístit tak, aby půlily vzdálenost mezi nejbližšími maltovými spárami, které jsou rovnoběžné s podporami.

Je nutno zajistit, aby v úložné ploše zděného zkušebního tělesa nepůsobilo tření, např. tak, že se těleso uloží na dvě polytetrafluoretylenové fólie, mezi nimiž je mazivo, nebo na kuličky, jehlová nebo válcová ložiska.

Zatěžování

Napětí v tahu za ohybu se zvyšuje rychlostí od 0,03 N/mm² za minutu do 0,3 N/mm² za minutu.

Měření a pozorování

Zaznamenávají se tyto hodnoty:

- stáří neautoklávaných betonových tvárců,
- rozměry průřezu tělesa rovnoběžného s osami podpor, se zaokrouhlením na nejbližší 1 mm,
- vzdálenost vnějších a vnitřních podpor v mm,
- největší dosažené zatížení $F_{i,max}$ se zaokrouhlením na nejbližších 10 N, vyřadí se výsledek tělesa, v němž nedojde k porušení mezi vnitřními podporami,
- doba od začátku zatěžování až do porušení tělesa,
- náskry trhlín.

Opakování zkoušek

Jestliže nastane porušení mezi vnitřními podporami u méně než 5 těles, musí se vykonat další zkoušky, aby se získal soubor 5 platných výsledků.

6. Výpočty

Pevnost v tahu za ohybu f_{xi} každého zděného zkušebního tělesa se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,01 N/mm² ze vztahu:

$$f_{xi} = \frac{3F_{i,max}(l_1 - l_2)}{2bt_w^2} \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

Průměrná pevnost v tahu za ohybu f_{mean} se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,01 N/mm².

7. Vyhodnocení výsledků zkoušek

Charakteristická pevnost v tahu za ohybu f_{xk} se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,01 N/mm² buď podle a) nebo podle b).

Jestliže je v souboru 5 zkušebních těles $F_{xk} = f_{mean}/1,5$,

Jestliže je v souboru více než 5 zkušebních těles s výsledky $f_{x1}, f_{x2}, f_{x3}, \dots, f_{xn}$, vypočítají se hodnoty $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ ze vztahu $y_i = \log_{10} f_{xi}$ a hodnota $y_{mean} = \pm \sum y_i/n$,

Potom $y_c = y_{mean} - k \cdot s$,

Kde s je směrodatná odchylka souboru hodnot logaritmu

k součinitel závislý na počtu n těles podle tabulky 3

n počet zkušebních těles v souboru

Tabulka 3 – Vztah mezi počtem těles n a součinitelem k

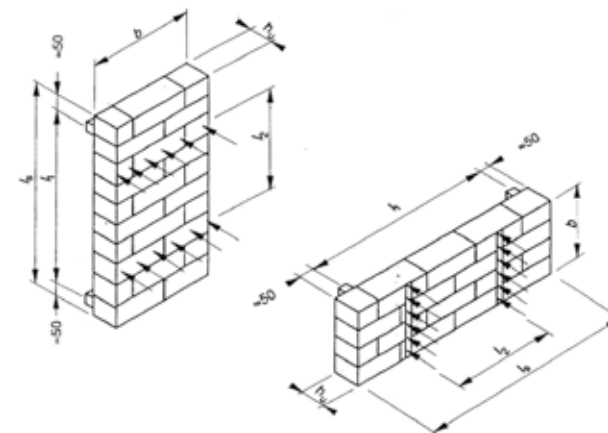
n	k
6	2,18
7	2,08
8	2,01
9	1,96
10	1,92

Charakteristická pevnost v tahu za ohybu f_{xk} se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,01 N/mm² ze vztahu:

$$f_{xk} = anti \log_{10}(y_c) \quad (\text{N/mm}^2)$$

2) NÁRODNÍ POZNÁMKA Obvyklejší zápis vztahu: $f_{xk} = 10y_c(\text{N/mm}^2)$

Rozměry v mm

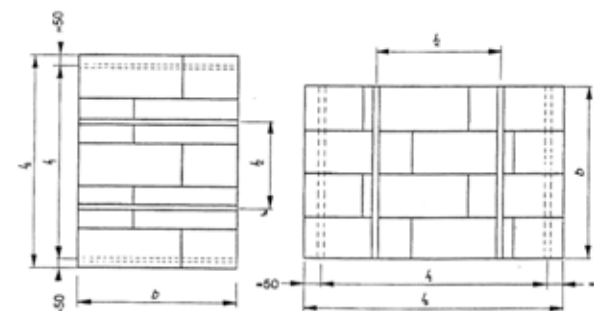


a)

$b = 2 \ell_v$, $a \geq 400$ mm; $h_v \leq 250$ mm;
více než 2 ložné spáry v mezích ℓ_2
Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení rovnoběžné s ložnými spárami

$b = 4 h_v$, $a \geq 240$ mm; $h_v \leq 250$ mm;
nejméně 1 styčná spára v mezích ℓ_2
Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení kolmé na ložné spáry

Rozměry v mm



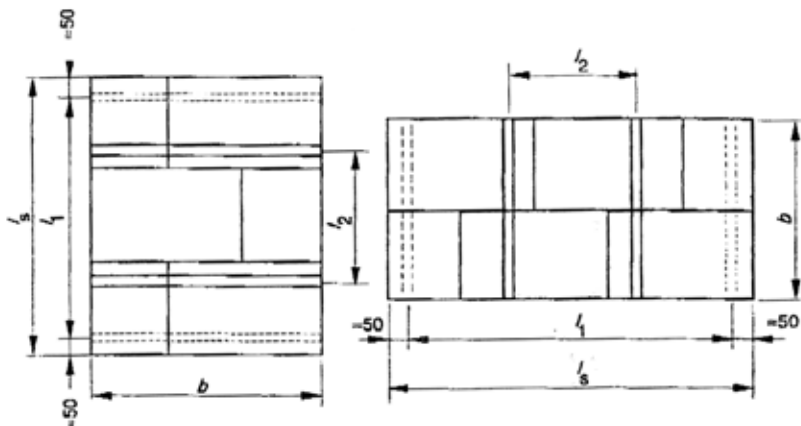
b)

$b = 1,5 \ell_v$, $a \geq 400$ mm; $h_v \leq 250$ mm;
2 ložné spáry v mezích ℓ_2
Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení rovnoběžné s ložnými spárami

$b = 4 h_v$, $a \geq 240$ mm; $h_v \leq 250$ mm;
nejméně 1 styčná spára v mezích ℓ_2
Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení kolmé na ložné spáry

Obrázek 1 – Typické příklady zděných zkušebních těles splňujících požadavky uvedené v tabulce 2

Rozměry v mm



c)

$b = 1,5 l_2$, a $b > 400$ mm;
2 ložné spáry v mezích l_2

Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení rovnoběžné s ložnými spárami

$b \geq 1\,000$ mm; $h_0 > 250$ mm;
nejméně 1 stybná spára a 1 ložná spára
v mezích l_2

Pevnost v tahu za ohybu v rovině
porušení kolmé na ložné spáry

Obrázek 1 – Typické příklady zděných zkušebních těles splňujících požadavky uvedené v tabulce 2 (pokračování)

ČSN EN 1052-3 Zkušební normy pro zdivo – Část 3: Stanovení počáteční pevnosti ve smyku

Tato norma byla vypracována Technickou komisí CEN/TC125 „Zdivo“, jejíž sekretariát zajišťuje British Standards Institution.

1 Podstata zkoušky

Počáteční pevnost zdiva ve smyku se odvodí z pevnosti malých zkušebních zděných těles zatěžovaných až do porušení. Zděná tělesa jsou čtyřbodově uspořádání zkoušky namáhána smykem v ložné spáře nebo v ložných spárách a předpětím v tlaku působícím kolmo na ložné spáry. – Výsledné hodnoty se stanoví zkouškami těles se čtyřmi možnými různými způsoby porušení. Počáteční pevnost ve smyku je určena souřadnicí bodu regresní přímky, příslušejícího hodnotě normálového předpjetí v tlaku, která se rovná nule.

2 Materiály

Kondicionování zdicích prvků

Zaznamenají se podmínky kondicionování zdicích prvků před vyzdíváním zděných zkušebních těles. Stanoví se hmotnostní vlhkost pórobetonových tvárníc a vápenopískových zdicích prvků podle EN 772-10. Zaznamená se stáří neautoklávaných betonových tvárníc v den zkoušky těles.

Zkoušky

Stanoví se pevnost v tlaku zdicích prvků podle EN 772-1. Pevnost v tlaku neautoklávaných betonových tvárníc se stanoví v den zkoušek.

Vlastností malty, způsob její přípravy a hodnota rozliti musí splňovat požadavky EN 998-2, pokud není stanoveno jinak, a musí být uvedeny v protokolu o zkoušce.

Z čerstvé malty připravené pro zdění se odeberou vzorky, zhotoví se zkušební tělesa (trámečky) a stanoví se hodnota rozliti čerstvé malty podle EN 1015-3 a obsah vzduchu v čerstvé maltě podle EN 1015-7. Průměrná pevnost malty v tlaku se stanoví zkouškami zkušebních těles podle EN 1015-11 současně se zkouškami těles.

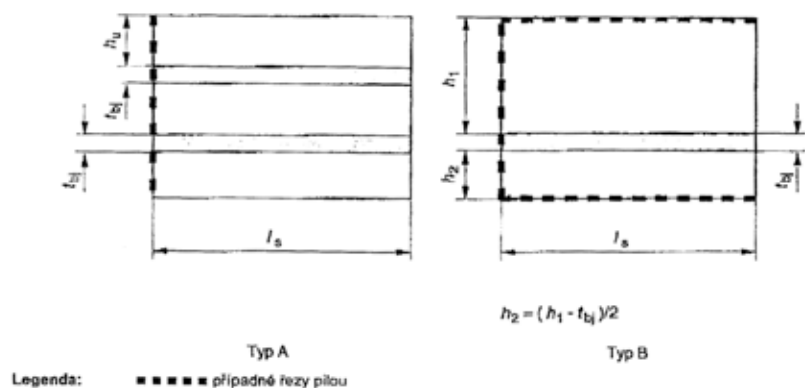
Zkušební stroje

Zkušební stroje vyvozující ve spárách zdiva smykové síly a předpětí v tlaku musí splňovat tyto požadavky. Stroje musí mít dostatečný rozsah, avšak musí se zvolit takový, aby velikost zatížení při porušení tělesa byla větší než jedna pětina zvoleného rozsahu. Zkušební stroj musí být vybaven regulací rychlosti zatěžování nebo jiným ekvivalentním zařízením, umožňujícím zvyšovat zatížení předem určenou rychlostí.

Zhotovení a uložení zděných zkušebních těles

Zhotovení zděných zkušebních těles

Zhotoví se nejméně devět zděných zkušebních těles s rozměry podle tabulky 1 a obrázku 1. Pokud je $h_u \leq 200$ mm, zhotoví se tělesa typu A podle obrázku 1, pokud je $h_u > 200$ mm, zhotoví se tělesa typu B podle obrázku 1.



Obrázek 1 – Rozměry zděných zkušebních těles

Tabulka 1 – Rozměry a typy zděných a zkušebních těles

Rozměry zdicího prvku		Typy a rozměry zděných zkušebních těles	
l_u mm	h_u mm	Typ podle obrázku 1	Rozměry mm
≤ 300	≤ 200	A	$l_s = l_u$
> 300	≤ 200	A	$l_s = 300$
≤ 300	> 200	B	$h_2 = 200$ $h_2 = l_u$
> 300	> 200	B	$h_2 = 200$ $l_s = 300$

Zděná zkušební tělesa se zhotoví během 30 minut po skončení kondicionování zdicích prvků. Použije se malta připravená nejvýše před 1 hodinou, pokud se nejedná o maltu s delší přípustnou dobou použití.

Nosné plochy zdicích prvků se otřením zbaví částic prachu. Dolní zdicí prvek se musí uložit na čistou vyrovnanou plochu. Další zdicí prvek se musí uložit tak, aby tloušťka spáry při použití obyčejné malty byla od 8 mm do 15 mm a při použití malty pro tenké spáry byla od 1 mm do 3 mm. Poloha uložených zdicích prvků se kontroluje zednickým trojúhelníkem a vodováhou. Malta vyčnívající z lícových ploch těles se setře zednickou lžící. U zděných zkušebních těles podle obrázku 1A se tento postup opakuje až do ukončení vyzdívání těles(a).

Ošetřování zděných zkušebních těles

Ihned po vyzdění se každé zděné zkušební těleso zatíží rovnoměrně rozděleným svislým tlakem, který v tělese vyvodí svislé normálové napětí od $2,0 \cdot 10^{-3}$ N/mm² do $5,0 \cdot 10^{-3}$ N/mm². Potom se zděná zkušební tělesa ošetřují a chrání před poškozením. Zděná zkušební tělesa s jakoukoliv maltou s výjimkou vápenné malty se chrání před vysycháním tak, že se co nejtěsněji obalí polyetylenovou fólií a ponechají se v tomto stavu až do okamžiku zkouš-

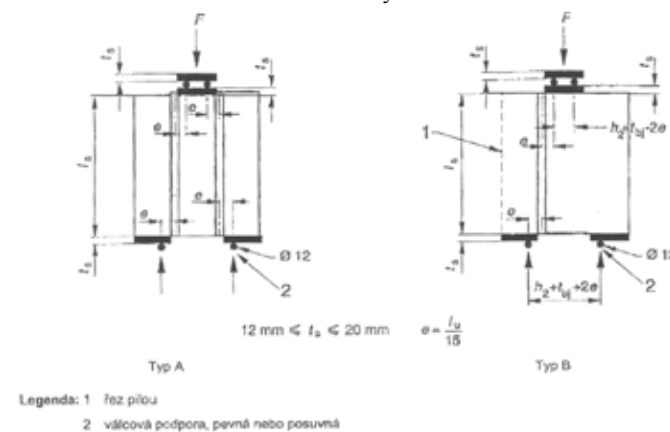
ky, pokud není stanoveno jinak. Každé zděné zkušební těleso se zkouší ve stáří 28 ± 1 dnů, pokud není u těles s vápennou maltou stanoveno jinak. Pevnost malty v tlaku se stanoví v den zkoušky podle EN 1015-11.

Postup zkoušení

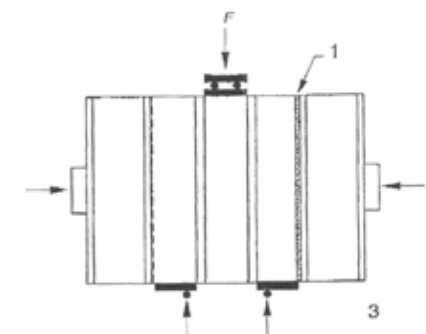
Umístění zděných zkušebních těles ve zkušebním stroji

Prslušné dolní zdicí prvky každého zděného zkušebního tělesa se ve zkušebním stroji opatří podporami podle obrázku 2. Použijí se ocelové desky tloušťky nejméně 12 mm a podle potřeby se desky osadí do vrstvy vyrovnávací hmoty, aby se dosáhlo plného dotyku. Průměr válcových podpor musí být nejméně 12 mm, jejich délka se musí rovnat nejméně rozměru tu.

Tlaková zatěžovací síla působí na zděné zkušební těleso prostřednictvím kulového kloubu umístěného ve středu horní ocelové tlačné desky.



Obrázek 2 – Zatěžování zděného zkušebního tělesa smykem



Obrázek 3 – Zatěžování s předpínáním

Zatěžování

Pro každou ze tří hodnot vodorovného předpětí v tlaku se zkouší vždy nejméně tři zděná zkušební tělesa. Vodorovné předpínací síly mají ve spárách zděného zkušební tělesa ze zdících prvků s pevností v tlaku větší než 10 N/mm² vyvozovat předpětí v tlaku přibližně 0,2 N/mm², 0,6 N/mm² nebo 1,0 N/mm² a ve spárách tělesa ze zdících prvků s pevností v tlaku menší než 10 N/mm² vyvozovat předpětí v tlaku přibližně 0,1 N/mm², 0,3 N/mm² nebo 0,5 N/mm². Hodnota tohoto předpětí se nesmí během zkoušky odchýlit od původní hodnoty o více než ±2 %.

Předpínací síla působí na zděné zkušební těleso podle obrázku 3. Tuhost nosníků určených pro přenášení předpínací síly musí být taková, aby napětí ve spárách bylo rozděleno rovnoměrně. Pokud tlačné desky zkušební stroje jsou kratší, než délka zděného zkušební tělesa l_u , výška těchto nosníků se musí rovnat nejméně vzdálenosti mezi okrajem tlačné desky a okrajem zděného zkušební tělesa.

Napětí ve smyku v ložných spárách zděného zkušební tělesa se má zvyšovat rychlostí od 0,1 N/mm² za minutu do 0,4 N/mm² za minutu.

Zaznamenají se tyto hodnoty

- stáří neautoklávaných betonových tvárníc,
- plocha průřezu zděného zkušební tělesa A_i rovnoběžného se směrem smykové síly s přesností 1 %,
- hodnota síly $F_{i,max}$ při porušení zděného zkušební tělesa,
- předpínací síla F_{pi} ,
- způsob porušení zděného zkušební tělesa (viz přílohu A).

Opakování zkoušek

Pokud se zděné zkušební místo poruší usmyknutím zdícího prvku rovnoběžně s ložnou spárou (viz obrázek A.3) nebo rozdrčením nebo rozštípnutím zdících prvků (viz obrázek A.4), buď se zkoušce podrobí následně další zděná zkušební tělesa, až se získají pro každou hodnotu předpětí výsledky zkoušek těles porušených podle obrázku A.1 nebo obrázku A.2, nebo se získaný výsledek považuje za nízkou hodnotu pevnosti zdiva ve smyku při působícím předpětí.

Uvedené nízké hodnoty se nemají používat při vyhodnocení výsledků zkoušek podle kapitoly 10. Podle potřeby se pro dosažení porušení ve spárách použijí jiné velikosti předpětí.

Výpočty

Pevnost ve smyku f_{vol} pro každé předpětí v tlaku jednotlivého zděného zkušební tělesa se vypočítá se zaokrouhlením na nejbližší 0,01 N/mm² ze vztahu

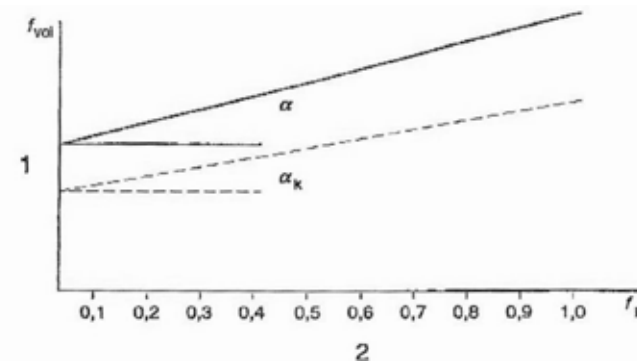
$$f_{vol} = \frac{F_{i,max}}{2 A_i} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Předpětí v tlaku se vypočítá ze vztahu

$$f_{pi} = \frac{F_{pi}}{A_i} \quad (\text{N/mm}^2)$$

Vyhodnocení výsledků zkoušek

Hodnoty pevnosti ve smyku f_{vol} jednotlivých zděných zkušební těles se graficky znázorní v závislosti na normálovém předpětí v tlaku F_{pi} podle obrázku 4. Skupinami bodů se proloží regresní přímka. Z rovnice regresní přímky se vypočte průměrná počáteční pevnost ve smyku f_{vo} při nulovém normálovém napětí s přesností 0,01 N/mm² a hodnota úhlu vnitřního tření α jehož tangenta je směrnici této přímky zaokrouhlená na nejbližší 1°.



Legenda: 1 pevnost ve smyku (N/mm²)
2 předpětí v tlaku (N/mm²)

Obrázek 4 – Pevnost ve smyku a úhel vnitřního tření

Charakteristická hodnota počáteční pevnosti ve smyku zdiva s hydroizolací je f_{vko} , kde $f_{vko} = 0,8 f_{vo}$, a charakteristický úhel vnitřního tření se vypočte ze vztahu $\text{tg } \alpha_k = 0,8 \text{ tg } \alpha$.

ČSN EN 1052-4 Zkušební normy pro zdivo – Část 4: Stanovení pevnosti ve smyku zdiva s hydroizolací

Tato norma byla vypracována Technickou komisí CEN/TC 125 „Zdivo“, jejíž sekretariát zajišťuje British Standards Institution.

Podstata zkoušky

Pevnost ve smyku zdiva s hydroizolací se odvodí z pevnosti ve smyku malých zděných zkušební těles zatěžovaných až do porušení. Ve dvou vodorovných ložných spárách zděných zkušební těles se při třibodovém uspořádání zatěžování vyvozuje napětí ve smyku a současně též předpětí v tlaku. Pevnost ve smyku je určena hodnotou počáteční pevnosti ve smyku a součinitelem tření.

2. Materiály

Kondicionování zdících prvků

Zaznamenají se podmínky kondicionování zdících prvků před vyzdíváním zděných zkušební těles. Stanoví se hmotnostní vlhkost pórobetonových tvárníc a vápenopískových

zdicích prvků podle EN 772-10. Zaznamená se stáří neautoklávovaných betonových tvárníc v den zkoušky těles.

Zkoušky

Stanoví se pevnost v tlaku zdicích prvků podle EN 772-1. Pevnost v tlaku neautoklávovaných betonových tvárníc se stanoví v den zkoušek těles.

Malta

Ustanovení týkající se vlastností malty, způsobu její přípravy, zhotovení zkušebních těles (trámečků) a stanovení její pevnosti v tlaku jsou totožná s příslušnými ustanoveními, uvedenými v kapitole, která pojednává o normě ČSN EN 1052-3.

Zkušební stroje

Ustanovení týkající se zkušebních strojů jsou totožná s příslušnými ustanoveními, uvedenými v kapitole, která pojednává o normě ČSN EN 1052-3.

Zhotovení a uložení zděných zkušebních těles

Zhotovení zděných zkušebních těles

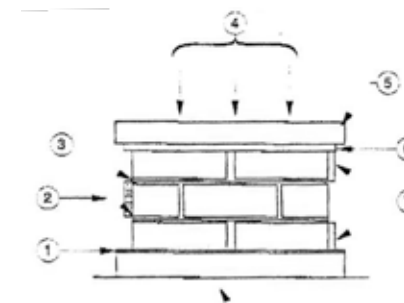
Zhotoví se nejméně devět zděných zkušebních těles s rozměry podle obrázku 1. Délka těles musí být větší než 400 mm a menší než 700 mm. Poměr výšky k tloušťce (h/w) musí být větší než 2. V každé vrstvě zdiva těles má být aspoň jedna svislá styčná spára.

Hydroizolační skládaná vrstva se umístí mezi ložnými maltovými spárami. Prohlubně a otvory ve zdicích prvcích mají být obráceny dovnitř zkušebního tělesa nikoliv směrem ven.

Zděná zkušební tělesa se vyzdí na rovné vodorovné ploše. Zdicí prvky a malta ložných spár se ukládají tak, aby tloušťka spár z obyčejné malty byla 8 mm až 15 mm a tloušťka tenkých spár 1 mm až 3 mm. Malta vyčnívající z lícových ploch se setře zednickou lžící. Tento postup se opakuje až do ukončení vyzdívání tělesa.

Ošetřování zděných zkušebních těles

Ihned po vyzdění se každé zděné zkušební těleso zatíží rovnoměrně rozděleným svislým tlakem, který v tělese vyvodí svislé normálové napětí od $2,0 \cdot 10^{-3}$ N/mm² do $5,0 \cdot 10^{-3}$ N/mm². Potom se zděná zkušební tělesa ošetřují a chrání před poškozením. Zděná zkušební tělesa s jakoukoli maltou s výjimkou vápenné malty se chrání před vysycháním tak, že se co nejtěsněji obalí polyetylenovou fólií a ponechají se v tomto stavu až do okamžiku zkoušky, pokud není stanoveno jinak. Každé zděné zkušební těleso se zkouší ve stáří 28 ± 1 dnů, pokud není u těles s vápennou maltou stanoveno jinak. Pevnost malty v tlaku se stanoví v den zkoušky podle EN 1015-11



Obrázek 1 Umístění zděných zkušebních těles ve zkušebním stroji

Legenda:

- 1 – lepenka
- 2 – zatížení vyvolující smyk ve 2 ložných spárách
- 3 – hydroizolační pásy
- 4 – zatížení vyvolující tlak ve svou spárách
- 5 – horní tlačná deska
- 6 – vyrovnávací materiál
- 7 – Tuhé podpory horní a dolní vrstvy zdicích prvků
- 8 – dolní tlačná deska

Vyhodnocení výsledků zkoušek

Hodnoty pevnosti ve smyku f_{vi} jednotlivých zděných zkušebních těles se graficky znázorní v závislosti na normálovém předpětí v tlaku podle obr. 2 normy EN 1052-3. Třemi skupinami bodů se proloží regresní přímka. Z rovnice regresní přímky se vypočte průměrná počáteční pevnost ve smyku f_{vo} a hodnota úhlu vnitřního tření α , jehož tangenta je směrnici této přímky, zaokrouhlená na nejbližší 1° .

Charakteristická hodnota počáteční pevnosti ve smyku zdiva s hydroizolací je $f_{vck} = 0,8 f_{vo}$ a charakteristický úhel vnitřního tření se vypočte ze vztahu $tg \alpha_k = 0,8 tga$.

Literatura

1. Pume D. Základní poznatky o tvorbě Eurokódu 6
Kapitola 1. Organizace tvorby Eurokódu 6. Kapitola 7. Terminologie v Eurokódu 6. Kapitola 10. Navrhování nevyztužených zděných konstrukcí podle Eurokódu 6. Kapitola 11. Navrhování vyztužených zděných konstrukcí podle Eurokódu 6. Sborník ke 3. dni semináře „Eurocode 6“ – Vyd. PROCON ve spolupráci s Kloknerovým ústavem ČVUT, FSv. Praha a FAST Brno, Praha, říjen 1993
2. Pume D.: Výpočtové modely prvků a styků betonových a zděných konstrukcí. Auto-referát doktorské disertační práce. ČVUT Praha 1997. 54 stran.
3. Bouška P., Hanykýř V., Pume D.: Volume Changes of Clay Products – Symposium „Theoretical and Experimental Research in Structural Engineering“, Prague, June 2000. – CUT Reports, Vol. 4, Praha 2000, No. 2, pp. 11-16.
4. Bouška P., Hanykýř V., Pume D.: Volume Instability of Clay Products and its Consequences. – Brittle Matrix Composites – Institute of Fundamental Technological

- Research, Polish Academy of Sciences. Cambridge and Warsaw, 2000, pp. 416-419.
5. Bouška P., Hanykýř V., Pume D.: Experimental Investigation of Fired Clay Units Properties – CTU Reports. Proceedings of Workshop 2003. Part A. CTU in Prague. February 2003, Vol. 7, pp. 606-607.
 6. Pume D.: Evropské normy pro zdivo a zděné konstrukce – Sborník ke 3. konferenci „Zděné a smíšené konstrukce 2004.“ – Česká betonářská společnost ČSSI. Praha, 2004, str. 80-83.
 7. Procházka, M.: Výrobky pro zděné konstrukce: Ověřování vlastností, zkoušení a certifikace podle evropských předpisů. – Sborník ke 3. konferenci „Zděné a smíšené konstrukce 2004.“ – Česká betonářská společnost ČSSI. Praha 2004, str. 56-59.
 8. Čabrák M., Szabad Z.: Efekt navrhovania murovaných nosných konštrukcií z muriva na maltu pro tenké škáry. – Sborník ke 3. konferenci „Zděné a smíšené konstrukce 2004. – Česká betonářská společnost ČSSI. Praha 2004, str. 96-103.

MOŽNOSTI VYUŽITÍ RADIOGRAFIE PŘI POSUZOVÁNÍ STAVU ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.
Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
Veveří 95, 602 00 Brno
Tel. 541147836, e-mail: hobst.l@fce.vutbr.cz

Anotace:

Jedním z nejdůležitějších parametrů, potřebných pro posouzení stavu železobetonových konstrukcí, je určení počtu, druhu a rozmístění výztuže v jednotlivých průřezech konstrukce bez jejího porušení. K tomuto účelu bylo vyvinuto několik nedestruktivních metod kontroly, které však mají určitá omezení v dosahu a interpretaci výsledků. Jako metoda kontroly s nejvyšší vypovídací schopností se již po řadu let jeví radiografická metoda, jejíž vývoj stále pokračuje.

Klíčová slova: radiografická kontrola, železobetonové konstrukce, ocelová výztuž

1. Úvod

Snaha po z hospodárnění investičního zajištění technického vývoje společnosti vede stále ve větším měřítku k navrhování rekonstrukcí starších průmyslových objektů, aby v nich bylo možné zavádět nové technologie. Významné jsou i návrhy rekonstrukcí starších dopravních a inženýrských staveb, které musí být v mnoha případech dodatečně zesilovány přídatnou výztuží, aby vyhověly moderním nárokům na dopravu. Rekonstruují se v zásadě stavby fyzicky nebo morálně opotřebované, anebo stavby, ve kterých se mění účel jejich využívání. Před každým návrhem rekonstrukce je třeba zjistit, zda nedošlo ke změně původní únosnosti stavebních konstrukcí, popř. zda je možné zvýšit užitečné zatížení. Pro přesné zodpovězení těchto otázek chybí ve většině případů projektová dokumentace, podle které byly konstrukce, určené k rekonstrukci, vystavěny. Mimo to je třeba počítat také s rozdílným stupněm opotřebování konstrukcí a jejich částí, a to v závislosti na jejich stáří, údržbě, instalovaném technologickém zařízení a v neposlední řadě i na pečlivosti, s jakou tyto stavby byly vystavěny.

Vzhledem k tomu, že posouzení inženýrských a průmyslových objektů probíhá obvykle ve značném časovém předstihu před vlastní rekonstrukcí, tj. v době, kdy u nich nelze omezit stávající provoz (resp. výrobu), nelze průzkum uskutečnit jinak, než některou z metod nedestruktivního zkušebnictví. Metody nedestruktivního zkušebnictví se však uplatňují i u novostaveb, u kterých mnohdy vznikají poruchy vlivem chybné nebo neodborné výstavby, a je nutno bez poškození konstrukce stanovit příčiny těchto poruch.

Jedním z nejdůležitějších parametrů, potřebných pro statický přepočet, je znalost množství, rozložení a profilu ocelové výztuže v železobetonové konstrukci a její aktuální stav. K získání těchto informací bylo vyvinuto několik nedestruktivních metod – georadar, magnetický indikátor výztuže, radiografie a.j. Právě radiografie umožňuje z nedestruktivních metod nejlépe stanovit veškeré požadované parametry. Jejím vývojem a praktickým využitím se

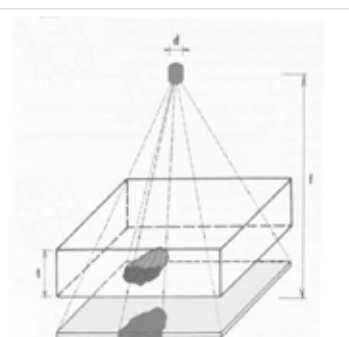
již po mnoho let zabývá Ústav stavebního zkušebnictví Fakulty stavební Vysokého učení technického v Brně (Česká republika).

2. Základní údaje o radiografii železobetonových konstrukcí

Radiografická metoda je běžně využívána při kontrole vad svarů a odlitků ve strojírenství. Dá se však s výhodou využít i pro kontrolu makrostruktury železobetonových konstrukcí. Radiografická kontrola uložení a profilu výztuže se používá především v silně vyztužených železobetonových konstrukcích, v nichž jsou jednotlivé pruty výztuže uloženy relativně těsně vedle sebe, popř. v několika vrstvách nad sebou a v průřezech, kde ocelová výztuž má velké krytí betonem.

2.1 Principy a zásady radiografického zjištění polohy a profilu výztuže

Radiografická metoda kontroly výztuže je založena na specifických vlastnostech rentgenového záření, záření gama a brzdného záření betatronů a lineárních urychlovačů. Záření je zeslabováno prostředím, kterým prochází a míra zeslabení je závislá na tloušťce a objemové hmotnosti prostředí, na jeho chemickém složení, na energii záření apod. Je tedy zeslabováno výrazněji ocelovou výztuží než betonem. Míra zeslabení záření po průchodu materiálem je obvykle zaznamenávána na rentgenový film, který po vyvolání určuje makrostrukturu kontrolovaného místa. U železobetonu se rozložení výztuže v prozařované části konstrukce projevuje světlejšími stopami zmenšeného zčernání na rentgenovém filmu. Přitom dochází ke geometrickému zkreslení, které je způsobeno centrálním průmětem výztuže na rentgenový film (Obr. 1). Při kontrole železobetonových konstrukcí je výhodné volit gamazářič s velkou energií E, s velkým poločasem rozpadu $T_{1/2}$ a velkou aktivitou A. Těmto požadavkům vyhovuje radioaktivní kobalt Co 60 ($E=1,25$ MeV, $T_{1/2} = 5,3$ roku). Gamazářič je umístěn v krytu, který se v současné době nejčastěji zhotovuje z ochuzeného uranu (Obr. 2). Velikost krytu limituje aktivitu zářiče. Gamazářiči je možno prozařovat železobetonové konstrukce až do celkové tloušťky 400 až 500 mm. Velkou předností gamazářičů je jejich mobilnost a nezávislost na zdrojích energie. Pomocí dálkového ovládní lze zářič zasunout i do špatně přístupných míst.



Obr. 1 Centrální průmět nehomogenit na radiografický film



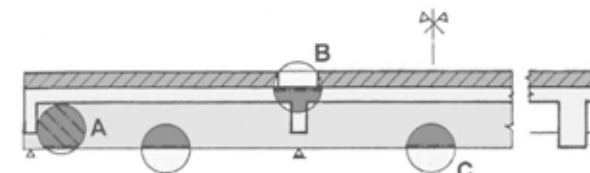
Obr. 2 Radiografický kryt TECH/OPS, Mod. 741 pro 1 TBq Co60

Rentgenové filmy používané při kontrole stavebních konstrukcí mají zpravidla rozměry 300 x 400 mm. Jsou umísťovány buď do kovových kazet, nebo se od výrobce dodávají v denním balení. Doba expozice se určuje z expozičního nomogramu, nebo počítaně na základě vstupních údajů, kterými jsou: energie a expoziční vydatnost záření, ohnisková vzdálenost, tloušťka prozařovaného betonu a citlivost použitého filmu.

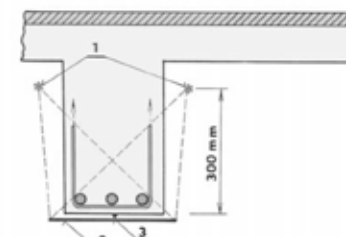
2.2 Volba míst a způsob radiografické kontroly na železobetonové konstrukci

Místa kontroly se volí v průřezech, kde na konstrukci působí největší ohybové momenty nebo posouvající síly.

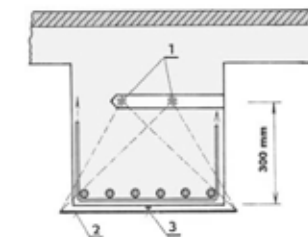
U prostých trámů, popř. desek, se proto kontroluje nejčastěji pouze dolní tahová výztuž uprostřed rozpětí a smyková výztuž u podpory. U spojitých trámů a desek se zjišťuje navíc horní tahová výztuž nad podporou (Obr. 3).



Obr. 3 Volba míst radiografické kontroly na konstrukci (A-smyková výztuž, B-výztuž nad podporou, C- výztuž uprostřed rozpětí trámu)



Obr. 4 Snímkování trámu do šířky 250mm
1- ohnisko zářiče, 2 – radiografický film, 3- olověná značka



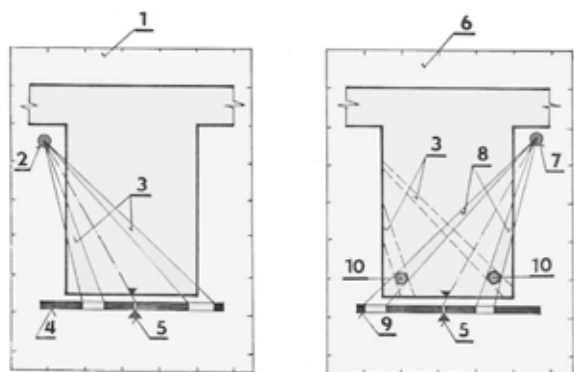
Obr. 5 Snímkování trámu nad 250 mm
1- ohnisko zářiče, 2 – radiografický film, 3- olověná značka

Přesné uložení a profil jednotlivých prutů výztuže se stanoví stereoskopickým snímkováním kontrolovaného průřezu postupně ze dvou ohnisek. U trámů o šířce 200 až 250 mm se zářič obvykle umísťuje na povrch konstrukce (Obr. 4). Při větších šířkách trámů je možné zkrátit dobu expozice tak, že se zářič umístí do otvorů vyvrtaných do trámu tak, aby vzdálenost ohnisek byla minimálně 200 mm (Obr. 5). Tímto způsobem se dají kontrolovat trámy bez omezení šířky (šířka trámů je omezena pouze délkou vrtáků pro vývrt otvoru). Pro úspěšné finální vyhodnocení radiogramů je nutno u spodního líce trámu připevnit jednu nebo více fixačních olověných značek. Při každém snímkování se rentgenové filmy připevní těsně na konstrukci v místech předpokládaného průběhu výztuže. Smyková výztuž u podpory se zjišťuje bočním prozářením trámu při vzdálenosti rentgenového filmu od ohniska zářiče alespoň 800 mm (Obr. 6). Při kontrole smykové výztuže se stereoskopická metoda nepoužívá, protože profil výztuže je již znám.

U desek železobetonových stropů o tloušťce 100 až 200 mm postupujeme tak, že podlahu na desce odstraníme alespoň na ploše 800 x 600 mm. Na tuto plochu, označenou olověnými značkami, rozmístíme 4 rentgenové filmy. Pod desku umístíme ohnisko zářiče tak, aby bylo ve vzdálenosti 800 mm od filmu (obr. 7). Pro přesné stanovení výztuže v desce používáme opět stereoskopickou metodu. Po zhotovení základního snímku posuneme zářič alespoň o 200 mm a při ponechaných olověných značkách pořídíme druhý snímek na vyměněnou čtveřici filmů.

2.3 Závěrečné vyhodnocení radiogramů

Konečným procesem radiografické kontroly je vyvolání a následné vyhodnocení radiogramů,



Obr. 8 Postup při vyhodnocování radiogramů (1-první středová projekce, 2-první ohnisko středového promítání, 3-první středový průmět výztuže na obrys trámu, 4-první radiogram, 5-průmět olověné fixační značky, 6-druhá středová projekce, 7-druhé ohnisko středového promítání, 8-druhý středový průmět výztuže na obrys trámu, 9-druhý radiogram, 10-vyhodnocená poloha výztuže)

kteří většinou probíhá v laboratořích ústavu. Rozložení výztuže v průřezu se zjišťuje graficky vynesáním geometrie, při které byl průřez snímkován, na papír. U menších průřezů se volí měřítko 1:1, u větších průřezů 1:2. Na vynesení profilu se zaznačí fixační body z radiogramu (zobrazené olověné značky na filmu) a od nich se na obě strany začnou vynášet stopy výztuže, zaznamenané na rentgenových filmech. Stopy výztuže se pospojují s oběma ohnisky. Na průsečících příslušných spojnic dostáváme polohu a profil kontrolované výztuže (Obr. 8).

3 Praktické využití radiografie při kontrole poruch skladové haly

Od poloviny devadesátých let 20. století dochází k intenzivnímu pronikání nadnárodních obchodních řetězců do České republiky. V okolí velkých měst vznikaly průmyslové a obchodní zóny, ve kterých se urychleně začaly stavět velkoplošné skladové, výrobní a obchodní haly a to jak z oceli, tak ze železobetonu. Pro jejich výstavbu se volily různé stavební postupy a technologie, mnohdy ještě nové a dostatečně neozkoušené. Po určité době se na některých z těchto staveb začaly objevovat závažné technické nedostatky, způsobené nekvalitní výrobou stavebních prefabrikátů, nebo nesprávným postupem při samotné montáži na stavbě. Právě při kontrole příčin poruch těchto hal byla s výhodou použita radiografie.



Obr. 9 Skladová hala na okraji Prahy

3.1 Popis zjištěných poruch na skladové hale

Skladová hala v jihovýchodní části obchodní zóny Prahy (hlavní město České republiky) byla dokončena a odevzdána do užívání v červenci 2004 (Obr. 9). Zastřešení je zhotoveno ze střešních plnostěnných vazníků tvaru T, o celkové výšce 900 mm a rozpětí 13,35 m. Konce nosníků byly opatřeny okovanou botkou nasazenou v úrovni horní pásnice, tvořící úložnou část nosníku. Na botku byly navařeny dva šikmé pruty $\text{Ø}18$ mm, jako hlavní prvek vyztužení smykové oblasti vazníků. Vyztužení bylo podle projektu doplněno pravidelně rozloženými třmínky $\text{Ø}8$ mm.

Necelý půlrok, po uvedení skladové haly do provozu se objevily ve smykové oblasti jednoho z vazníků široké trhliny (o šířce cca 10 mm). Poškozený vazník byl provizorně podepřen ocelovou konstrukcí (Obr. 10) a byla přijata opatření na zjištění příčiny vzniklé poruchy.

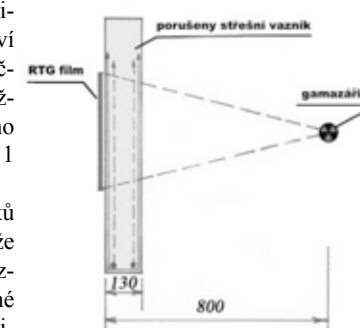


Obr. 10 Zjištěná trhlina ve smykové oblasti střešního vazníku

3.2 Průzkum konstrukce a diagnostika poruch

Na zjištění rozsahu a příčiny poruch byli přizváni odborníci Ústavu stavebního zkušebnictví Vysokého učení technického v Brně. Již počáteční prohlídka konstrukce vedla ke zjištění závažných trhlin ve smykové oblasti u tří, z celkového počtu 25 vazníků. Jejich šířka dosahovala od 1 do 10 mm.

V doplňující fázi průzkumu se u všech vazníků ověřovalo krytí 2 prutů šikmé smykové výztuže $\text{Ø}18$ mm a také velikost krytí a správnost rozložení třmínků ve smykové oblasti. Uvedené parametry byly zjišťovány magnetickými indikátory výztuže. Takto bylo prověřeno 36 průřezů. Požadavkům ČSN 73 1201 a ČSN 73 2400 vyhovělo pouze 19% zkoumaných průřezů. Magnetická kontrola současně naznačila pravděpodobnost nepřijatelných odchylek polohy výztuže čel vazníků od projektu. Ukázalo se nezbytně nutným zdokumentovat rozložení výztuže v této oblasti radiograficky.



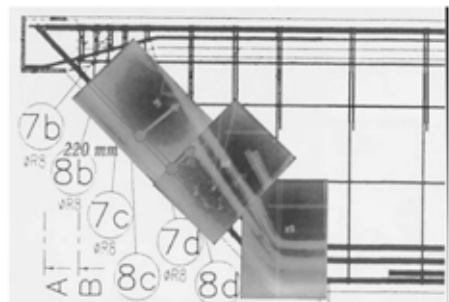
Obr. 11 Geometrie prozařování střešního vazníku

3.3 Radiografická kontrola polohy smykové výztuže

Detailní poloha prutů smykové výztuže v čelech vybraných vazníků byla zjištěna radiograficky. Zdrojem záření byl radioaktivní zářič $\text{Co}60$, o aktivitě 0,450 TBq, přepravovaný v defektoskopickém krytu TECH/OPS. Výsledky radiografického průzkumu byly zaznamenány na filmy Foma Indux D7+Pb. Použilo se boční projekce (Obr. 11), která zaručovala určení polohy výztuže ve staticky důležitých částech smykové oblasti vazníku. Celkem byla výztuž kontrolována a vyhodnocena v pěti průřezech.

Byly zjištěny hrubé odchylky polohy prutů ocelové výztuže od polohy projektovaného sta-

vu. U dvou nejvíce poškozených vazníků bylo zjištěno, že šikmé pruty výztuže byly posunuty směrem do pole o 190 až 220 mm (místo 25 mm – krycí vrstva betonu). Tento posun smykové výztuže se zdá být příčinou trhlin vazníku ve smykové oblasti. V jednom případě bylo dokonce na snímcích patrné, že šikmé pruty výztuže byly na konci opatřeny půlkruhovým hákem ohnutým směrem do pole (Obr. 12).



Obr. 12 Výsledky radiografické kontroly – posun výztuže vzhledem k projektované poloze

Na základě radiografického průzkumu bylo konstatováno, že zjištěná chyba ve vyztužení vazníků je chyba systémová, a proto byl vznesen požadavek na 100% opravu všech vyrobených vazníků.

Statický výpočet prokázal, že chybějící smyková výztuž ve vaznicích může být nahrazena přiloženými ocelovými táhly z vnější strany nosníku. Táhla byla ukotvena ve vývrtech zhotovených ve stojinách vazníků a zabezpečovala přes šikminu v čele vazníku plné přenášení tahového zatížení do okované úložné botky (Obr. 13).



Obr. 13 Oprava porušené části střešních vazníků ocelovými táhly

4 Perspektivy dalšího rozvoje radiografických metod kontroly

Další vývoj radiografie je zaměřen do dvou oblastí. Jednak je to vývoj nových, mobilních vysokoenergetických zdrojů ionizujícího záření a též se zaměřuje na vývoj záznamových prostředků radiografického obrazu.

4.1 Využití záření o vysoké energii

Jeden ze zásadních požadavků radiografie je možnost prozařovat stále větší tloušťky železobetonových konstrukcí.

Při použití gamazářičů, jako zdrojů záření, se vývoj zaměřil na zvyšování stínících schopností radiografických krytů, které by umožnily přepravovat a manipulovat se zářiči (nejčastěji Co 60) o co největších aktivitách. Významným vývojovým krokem bylo použití ochuzeného uranu jako stínícího materiálu (měrná hmotnost $\rho = 19\,300 \text{ kg/m}^3$). To umožnilo zhotovovat radiografické kryty přenosné (hmotnost do 150 kg) pro aktivitu Co 60 do 1 TBq (30 Ci). Další zvyšování aktivity zářiče a tím i hmotnosti radiografického krytu by bylo na úkor mobilnosti krytu.

Další vývoj radiografie bylo proto nutno zaměřit na oblast využití vyšších energií záření nežli má Co 60 ($E=1,25 \text{ MeV}$). K tomu mohou být použity mobilní betatrony a lineární urychlovače, jejichž vývoj ve světě dále pokračuje. Poslední typy mobilních betatronů, jako je např. MegaScanTM7,5, umožňují díky vysoké energii ($E=7,5 \text{ MeV}$) prozařovat betonové konstrukce až do tloušťky 1500 mm.

4.2 Nové záznamové prostředky radiografického obrazu

V posledních letech byly vyvinuty nové citlivé materiály, ze kterých jsou zhotoveny deskové převaděče obrazu, schopné zaznamenat vysokoenergetické záření gama od kobaltu Co60, nebo brzdného záření betatronů a lineárních urychlovačů. Právě oblast záznamu a digitalizace radiografického obrazu je náplní vědecko-výzkumné činnosti Ústavu stavebního zkušebnictví a tyto práce by se měly rozšířit v rámci zapojení ústavu do Výzkumných záměrů a grantů v letech 2005 až 2010.

Ve vývoji jsou prakticky tři systémy, které umožňují digitalizaci radiografického obrazu s následným počítačovým zpracováním a archivací:

4.2.1 Digitalizace stávajících radiografických filmů scannery

Byly vyvinuty speciální scannery, které umožňují digitalizovat snímky do vysokých hodnot zčernání $D=4$. Cílem digitalizace není přítom jenom archivace radiografických snímků, ale i následné počítačové zpracování obrazu, poskytujícím možnost upravit některé parametry obrazu, např. zvýšit kontrast.

4.2.2 Využití polovodičových detektorů

Polovodičové detektory se jeví jako nejperspektivnější zobrazovací systémy. Jejich nevýhodou je vysoká cena a vysoké nároky na zacházení. Navíc jsou také ovlivňovány teplotou pracovního prostředí. Podle způsobu zobrazování se rozlišují systémy s přímou konverzí záření (na bázi amorfního selenu) nebo nepřímou konverzí záření (na bázi amorfního silicia).

Obecně platí, že polovodičové detektory na bázi amorfního silicia mají větší rozlišení, avšak proti detektorům na bázi amorfního selenu mají menší dynamiku (dynamikou se rozumí citlivost v široké oblasti energií).

4.3 Paměťové folie

Paměťové folie, tj. folie na bázi fosforu, se vkládají do kazet, obdobně jako rentgenové filmy. Při dopadu rentgenového nebo gama záření jsou na nich vybudeny elektrony v krystalické struktuře folie a ty se posouvají do vyšších energetických vrstev, kde zůstávají v kvazistabilním stavu. Ve speciálním scanneru, do kterého se exponovaná folie vkládá, se tyto elektrony pomocí laserového svazku uvolňují, takže ve fluorescenční vrstvě vznikne viditelný obraz, který je sejmut a digitalizován. Paměťové folie mají velkou dynamiku, což je výhodné při prozařování materiálů o různých tloušťkách. Právě tato jejich vlastnost dává předpoklad, že paměťové folie budou při zkouškách stavebních konstrukcí vhodnou náhradou radiografických filmů.

5 Závěr

Předpisy, které umožňují využívat ionizující záření jak v průmyslu, tak v energetice se celosvětově rok od roku zpřísňují. Promítají se do nich jednak racionální výsledky výzkumu z oblasti ochrany obyvatel proti účinkům ionizujícího záření, ale též iracionální obavy části obyvatelstva před možnými následky radiačních katastrof. Pro ionizující záření platí v plné míře přísloví, že je „dobrým služebníkem, ale zlým pánem“. Je proto na pracovních defektoskopických pracovištích, zabývajících se diagnostikou stavebních konstrukcí, aby využívali pozitivních vlastností ionizujícího záření a s respektem se chránili před jeho, negativními účinky.

Radiografická metoda kontroly stavebních konstrukcí, doplněná ostatními nedestruktivními metodami (např. kontrolou magnetickým indikátorem výztuže), umožňuje rychle a přesně stanovit rozložení výztuže v kontrolovaných kritických průřezích železobetonových konstrukcí. Je proto dobrým pomocníkem při posuzování stavu a zachovalosti železobetonových konstrukcí a měla by v praxi nacházet stále větší uplatnění.

Poděkování: Příspěvek vznikl v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování stavebních konstrukcí CIDEAS – 1M0579 a za podpory projektu GAČR 103/06/0891

Literatura:

- [1] Hobst, L.: The Radiographic Monitoring of Reinforcing Materials in Concrete Structures. Konference RILEM „Long Term Observation of Concrete Structures“, Sborník konference I, s. 226-235, 1984, Budapest, MLR
- [2] Hobst, L., Mencl, V.: Radiography of Prestressed Concrete Structures. Konference „In Situ Behaviour of Structures“, Sborník konference I, s. 19-26, 1986, Constanta, RSR
- [3] Hobst, L.: Radiography of Prestressed Concrete Bridges. Konference „Zerstörungsfreie Prüf- und Messmethoden in Bauwesen“, sborník konference, s. 15-16, 1986, Leipzig
- [4] Hobst, L., Hönig, A., Janeček, B.: Complex Investigation of the Reinforced Concrete Structure of the Therapeutic Building IRMA in Piešťany Spa. Konference „In Situ Behaviour of Buildings“, sborník konference, 1988, Arad, RSR
- [5] Hobst, L., Hönig, A., Valošek, P.: Radioscopy of Reinforced Concrete Panels. Mezinárodní konference „Diagnosis of Concrete Structures“, 1991, Bratislava, sborník, s. 122 – 125
- [6] Hobst, L.: Non Destructive Testing Used in Searching Explosive Charges. Konference DAMSTRUC 98, Rio de Janeiro, Brazílie, 1998, CD – ROM
- [7] Hobst, L., Víttek, L., Anton, O.: The Application of Non-destructive Testing to Reinforced Concrete Structures for a Ferrocement Sailing Boat . Konference DAMSTRUC 2002, Rio de Janeiro, Brazílie, 2002, CD-ROM
- [8] Hobst, L., Víttek, L., Anton, O., Štěpánek, P.: Critical Defects, Diagnostics and Repair of Roof Trusses in Industrial Hall . Konference DAMSTRUC 2005, Joao Pessoa, Brazílie, 2005, CD-ROM

METODY ZKOUŠENÍ TRVANLIVOSTNÍCH VLASTNOSTÍ BETONU

Barbara Kucharczyková (1)
Iveta Plšková (2)
Jiří Adámek (3)

- (1) VUT – FAST, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, 541147800, kucharczykova.b@fce.vutbr.cz
- (2) VUT – FAST, Ústav stavebního fyziky, Veveří 95, 602 00 Brno, 541147800, plskova.i@fce.vutbr.cz
- (3) VUT – FAST, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, 541147800, adamek.j@fce.vutbr.cz

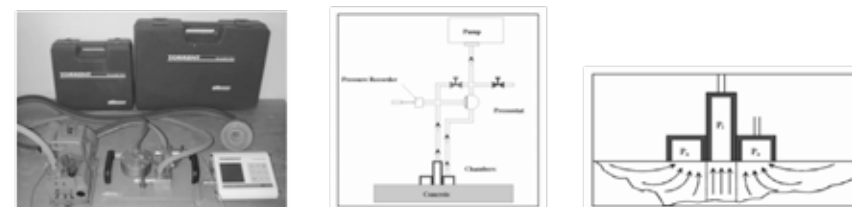
Anotace

Trvanlivost konstrukcí ovlivňují primární a sekundární faktory. Primárním faktorem je návrh složení, uložení a ošetřování použitého betonu, sekundárním faktorem je pak schopnost betonu odolávat působení vnějších vlivů. V tomto článku budou uvedeny některé metody, které popisují kvalitu povrchové vrstvy betonu z hlediska její propustnosti pro vodu a plyny.

1. Určení vzduchové propustnosti

Přístroj na zkoušení permeability TORRENT je měřicí přístroj, který je vhodný pro nedestruktivní stanovení vzduchové nepropustnosti krycí vrstvy betonu. Přístroj pracuje ve spojení s vakuovým čerpadlem a může být použit k měření jak na stavbě, tak v laboratoři. Princip stanovení vzduchové propustnosti betonu spočívá ve vytvoření vakua při povrchu betonu a měření průtoku vzduchu masou betonu do měřicího zařízení během stanoveného časového úseku.

Základními prvky měřicího systému, na kterých je založena metoda měření TORRENT, jsou dvoukomorová vakuová buňka a regulátor tlaku, které obstarávají proudění vzduchu do vnitřní komory směřované kolmo k povrchu. Měřicí metoda spočívá v možnosti výpočtu koeficientu permeability k_T na základě stanoveného teoretického modelu. Schéma měřicího přístroje je převzato z původního manuálu (viz obr. 1), popis a teoretické předpoklady jsou uvedeny v literatuře [1]. Během experimentů bylo postupně zjištěno, že hodnota součinitele vzduchové propustnosti je výrazně ovlivněna různými faktory, které je nutno zahrnout do celkového vyhodnocení této veličiny. Jako nejpodstatnější faktor ovlivňující permeabilitu betonu se jeví vlhkost uzavřená ve vnitřní struktuře betonu.



Obr. 1 Torrent Permeability Tester

2. Stanovení propustnosti oxidu uhličitého

Propustnost oxidu uhličitého je vyjadřována, jako množství oxidu uhličitého v gramech, které pronikne za jeden den zkušebním vzorkem o ploše jedné metr čtvereční při definovaném parciálním tlaku nebo definovaném koncentračním rozdílu.

Cílem je stanovení difúzního koeficientu odporu (koeficient udávající, kolikanásobně je daný zkušební vzorek za stejných podmínek odolnější proti průniku oxidu uhličitého než statická vzduchová vrstva stejné tloušťky). Z praktického hlediska je vhodné pomoci bezrozměrného koeficientu difúzního odporu vyjádřit schopnost materiálu klást odpor proti transportu v závislosti na jeho tloušťce. Je zřejmé, že odpor libovolného materiálu poroste s jeho tloušťkou.

Postup měření předepisuje norma ČSN EN 1062-6 [2]. Zkušební tělesa jsou utěsněna v měřicích nádobách (viz obr.2), které obsahují látku absorbující oxid uhličitý (v našich experimentech se jedná o KOH), a vystavena proudění oxidu uhličitého. Oxid uhličitý, který proniká zkušebním vzorkem, se měří kvantitativně. Dokonale utěsněné nádoby se udržují v atmosféře suchý oxid uhličitý/vzduch při teplotě (23 ± 2) °C a jsou váženy v pravidelných intervalech po 24 hodinách. Propustnost oxidu uhličitého se určí z nárůstu hmotnosti KOH. Stanovení propustnosti oxidu uhličitého je ukončeno, po dosažení ustáleného stavu (přírůstek hmotnosti zkušební nádoby je během dvou následných časových intervalů konstantní). Současně se zkušebními vzorky se pro kontrolu hodnotí i referenční film o známé propustnosti oxidu uhličitého. Na obr.2 je fotografie měřicí aparatury.



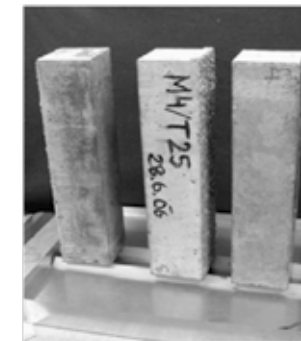
Obr. 2 Zařízení pro měření difúze oxidu uhličitého

3. Určení vzlínivosti

Pro určení této veličiny je možno použít metodiku dle ČSN 73 1316 [3] nebo dle C.Hall [4]. Měření vzlínivosti předepsané normou ČSN se provádí na trámcích o rozměru 100x100x400 mm vysušených do ustálené hmotnosti. Každý zkušební vzorek se zváží a poté se svisle postaví na podložky do ploché nádoby s vodou tak, aby byl ponořen na výšku 10 mm, přičemž hladina vody se udržuje stále ve stejné výšce.

Druhá metodika se liší od první hlavně v úpravě zkušebních těles, kdy se zkušební trámce vysušené do ustálené hmotnosti opatří vodotěsným nátěrem. Natřené jsou všechny čtyři podélné strany, přičemž obě čela zůstávají nenatřena. Trámce se umístí na podložky ve svislé poloze tak, aby spodní část trámce byla ponořena ve vodě cca 2 mm (viz obr.3). V obou

případech se zaznamenávají hmotnosti vzorků, případně výška vzlínání a to v předepsaných časových intervalech. U druhé metodiky lze navíc tuto veličinu vyjádřit v g/mm². Velikost vzlínivosti je vyjádřena v procentech a určuje se po každém vážení. Uspořádání zkoušky je na obr. 3.



Obr. 3 Uspořádání zkoušky vzlínivosti

4. Určení navlhavosti a vysychavosti

Navlhavost a vysychavost jsou sorbní vlastnosti materiálu a jejich určení je předepsáno normou ČSN 73 1327 [5]. Zkušební tělesa jsou upravena tak, že se jedna plocha zabrousí tak, aby byla rovná a ostatní se opatří vodotěsným nátěrem. Navlhavost se zkouší na vzorcích vysušených do ustálené hmotnosti. Poté se vzorky umístí do prostředí s teplotou 20°C a relativní vlhkostí 98%. Pro vytvoření stabilního uložení je použit exsikátor s nasyceným roztokem síranu draselného (K₂SO₄). Podstatou zkoušky je zaznamenávání hmotnostních přírůstků až do ustáleného stavu (tzn., že přírůstek hmotnosti během dvou po sobě jdoucích měřeních je menší než 0,1%).

Vysychavost se zkouší na nasycených vzorcích. Vzorky jsou umístěny v exsikátoru s teplotou 20°C a relativní vlhkostí 30%. Pro vytvoření tohoto prostředí lze použít nasyceného roztoku chloridu hořečnatého (MgCl₂). Podstatou zkoušky je zjištění úbytku hmotnosti těles vážením. Hmotnostní úbytky jsou zaznamenávány v předepsaných intervalech a vážení je ukončeno po dosažení ustálené hmotnosti. Uspořádání obou zkoušek je znázorněno na obr. 4.



Obr. 4 Uspořádání zkoušky navlhavosti a vysychavosti

5. Stanovení propustnosti pro vodu - GWT, ISAT

5.1. GWT - *Germanns Water Permeability Test*

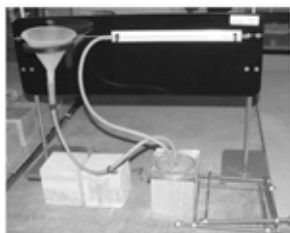
Tento test slouží pro zjišťování lokálních mikro trhlin a porozity betonového povrchu. Principu testu spočívá v připevnění utěsněné tlakové komory k povrchu betonu, která se naplní vodou. Postupným dotahováním horního uzávěru komory je na povrch betonu vyvozen předepsaný tlak. Pro udržení konstantního tlaku slouží mikrometr (umístěný na boční straně komory) s připojeným kolíkem dosahujícím až do komory. Zkouška může být prováděna jak na horizontální tak i na vertikální ploše. Získané výsledky, ve většině případů, reprezentují kombinaci vlivu tří faktorů – porozity povrchu, propustnosti vody a absorbce. Výsledky testu se vyhodnocují vždy dle naplánovaných zkušebních podmínek závisících na účelu zkoušky [6]. Schéma přístroje je znázorněno na obr. 5.



Obr. 5 Zřízení pro měření metodou GWT

5.2. ISAT – *Initial Surface Absorption Test*

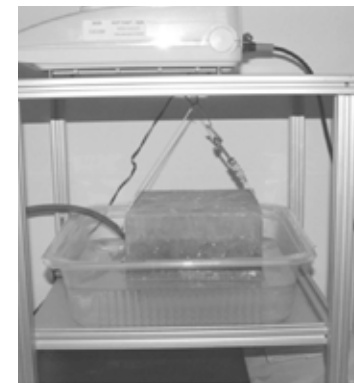
Test pro stanovení počáteční povrchové nasákavosti betonu je jednoduchý test pro získání dat k indikaci průtoku vody do suchého a rovného povrchu betonu. Test je časově závislý a slouží ke srovnávání kvality povrchové vrstvy betonů. Zkušební vzorky jsou před zkouškou vysušeny do ustálené hmotnosti. Princip testu spočívá v určení času, za který voda proteče kalibrovanou skleněnou trubičkou do vymezené plochy betonového povrchu. K udržení konstantního tlaku během doby testu musí být úroveň vody v nálevce udržována na výšce 200 mm nad betonem. Kapilární test výtoku vody se vykonává v předepsaných časových intervalech, přičemž po každém testování se uzavře ventil, doplní se voda a nálevka se otevře v čase další zkoušky. V průběhu testu dochází ke zvyšování obsahu vlhkosti v betonu a kapilární póry se zaplňují vodou. Po 10-ti minutách od zahájení měření se stanoví míra propustnosti povrchové vrstvy betonu, poté měření pokračuje dle předepsaného režimu nebo je beton označen za nepropustný a zkouška je ukončena [7]. Uspořádání zkoušky je na obr. 6.



Obr. 6 Zařízení pro měření metodou ISAT

6. Stanovení počáteční nasákavosti a sorptivity

Sorptivita charakterizuje schopnost materiálu absorbovat a přenášet vodu kapilárním sáním. Pro tyto zkoušky se používají vzorky vysušené do ustálené hmotnosti, jejichž boční strany jsou natřeny vodotěsným nátěrem do předepsané výšky. Pro měření hmotnosti se používají váhy se spodním závěsným hákem a nádoba s vodou. Vzorek je zavěšen na háku tak, aby hladina vody v nádobě sahala cca 2 mm nad spodní okraj vzorku. Zaznamenávají se hmotnosti v předepsaných časových intervalech a výsledkem je sorptivita určena v $\text{g/mm}^2/\text{min}^{0,5}$. Uspořádání obou zkoušek je znázorněno na obr. 7. Nově zavedená metoda pro stanovení počáteční nasákavosti a sorptivity je popsána v zahraniční literatuře [4], [8], [9], [10].



Obr. 7 Uspořádání zkoušky sorptivity a povrchové nasákavosti

Příspěvek byl zpracován díky podpoře projektů GAČR č. 103/06/0685, č. 103/05/2683 a projektů MŠMT č. 0021630511 a č. 1M06005.

5. Literatura

- [1] Technický a zkušební ústav stavební Praha. Přístroj na měření permeability TORRENT – návod k používání.
- [2] ČSN EN 1062-6. Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a betony - Část 6: Stanovení propustnosti oxidu uhličitého. ČNI, 2002.
- [3] ČSN 731316. Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vztlínivosti betonu. ČNI, 1990.
- [4] Procedure for measuring the hydraulic sorptivity. Test procedure. In Appendix of the contribution : C.Hall.; Water sorptivity of mortars and concretes: a review, Magazin of Concrete Research 41, (147), 1989, pp. 51-61.
- [5] ČSN 73 1327. Stanovení sorbčních vlastností betonu. ČNI, 2003.
- [6] Gomes, A.M., Costa, J.O., Albertini, H., Aguiar, J.E.: Permeability of Concrete: A Study Intended for the „in situ“ Valuation Using Portable Instruments and Traditional Techniques. In International Symposium NDT – CE 2003.

- [7] British Standard BS 1881-208. Testing Concrete – Recommendations for the determination of the initial surface absorption of concrete. BSI, 1996.
- [8] Sabir, B.B., Wild, S., O'Farrell, M. A water sorptivity test for mortar and concrete, materials and structures, Vol. 31, October 1998, pp. 568-574.
- [9] Patrol, L.J. Water absorption in cover concrete, Materials and Structures 25 (149), 1992, pp. 284-292.
- [10] Dhir, R. et al. Near-surface characteristic of concrete: assessment and development of „in situ“ test methods, Magazin of Concrete Research 39, 1987, pp. 183-195.

ZVUKOVÁ POHLTIVOST VYBRANÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Ing. Dušan Fojtů (1)
 Petr Hřebačka (1)
 prof. Ing. Lubomír Lapčík, Ph.D. (2)

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav fyziky a materiálového inženýrství, Nad Stráněmi 4511, 766 05, Zlín
 (1) Tel. +420 576 035 117, e-mail: fojtu@ft.utb.cz
 (2) Tel. +420 576 035 110, e-mail: lapcik@ft.utb.cz
 Web: www.ft.utb.cz/czech/ufmi

Anotace:

Byla naměřena závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci vybraných stavebních materiálů. Pro měření byly vybrány materiály: sádkokarton, minerální vlna, extrudovaný polystyren a papírová tapeta s PVC povrchem.

Měření bylo provedeno na dvoumikrofonové impedanční Kundtově trubici společnosti Brüel&Kjaer v rozsahu 16 - 6300 Hz.

Z těchto měření byla vyhodnocena vhodnost materiálů pro aplikaci vzhledem k jejich akustickým vlastnostem. Vybrané materiály patří mezi takové, s nimiž se lze v průmyslové praxi často setkat.

Byla navržena kombinace těchto materiálů za účelem získání lepších tlumících charakteristik s ohledem také na mechanické vlastnosti a celkovou pevnost vrstvy.

1. Úvod

Vliv hluku a jeho nežádoucí účinky na člověka byl zřejmý už dávno, ale nebyla mu věnována dostatečná pozornost. Řešení akustických problémů a hluku jako nežádoucího se začalo projevovat až v několika posledních letech. Dříve se na akustické izolace nekladl téměř žádný důraz a řešil se pouze problém izolace tepelné. V poslední době se však faktor negativního působení hluku na člověka ukázal jako velmi významný, a proto znalost akustických vlastností materiálů představuje důležitou roli při výběru pro aplikace ve stavebním průmyslu. Tento výběr ovšem také podstatně ovlivňují mechanické a tepelné vlastnosti daných materiálů. Právě pro stavební aplikace je totiž důležité, aby zvolený materiál akceptoval kompromis mezi dobrým tepelně izolačním prvkem a prvkem mechanickým.

Výběr materiálů pro tento příspěvek tudíž není orientován na materiály z vynikajícími akustickými vlastnostmi, ale na materiály nejrozšířeněji používané pro konstrukce stavebních příček a izolace interiérů staveb.

Fyzikální veličinou, které je v tomto příspěvku věnována největší pozornost je koeficient zvukové pohltivosti. Tato veličina může nabývat hodnot 0 -1, kdy hodnota 0 znamená téměř žádné pohlcení zvuku dopadajícího na rovinnou stěnu místnosti a naopak hodnota 1 představuje úplné pohlcení hluku materiálem.

Na základě závislosti koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci, bylo vyhodnoceno, který z měřených stavebních materiálů má nejlepší tlumící vlastnosti, a který naopak.

V závěru příspěvku je navržena optimální kombinace studovaných materiálů takovým způsobem, jaký je pro běžnou praxi nejrozšířenější.

2. Pohlcování zvuku

Při dopadu zvuku o akustickém výkonu P_0 [W] na překážku se část tohoto výkonu P_r [W] odrazí a část P_a [W] pohltí. Pohlcený výkon se pak rozdělí na část výkonu P_l [W], která se ztratí (je odvedena konstrukcí mimo sledované místo nebo se promění v jiný druh energie) a na část P_t [W], která projde stěnou a je vyzářena do vedlejšího prostoru. Lze definovat činitele odrazu α , činitele pohltivosti α_i a činitele prostupu (průzvučnosti) α_t . Tito tři činitele jsou bezrozměrná čísla, která mohou nabývat hodnot od nuly do jedné.

Zvuková pohltivost A_i [m²] povrchu konstrukce (i-tého povrchu) je dána součinem plochy povrchu S_i [m²] a činitele pohltivosti α_i [-]. Celková zvuková pohltivost místnosti A [m²] je součtem zvukové pohltivosti všech ploch, které tuto místnost ohraničují, případně též zvukové pohltivosti předmětů a osob, které se v místnosti nacházejí. Je nutno poznamenat, že činitel pohltivosti α [-] a tudíž i pohltivost A [m²] jsou veličiny závislé na kmitočtu zvuku, a proto všechny jevy související se zvukovou pohltivostí je nutno sledovat a počítat v jednotlivých kmitočtových pásmech, obvykle oktávových.

Pohltivost zvuku nezávisí jen na materiálu a jeho tloušťce, ale i na odsazení (tloušťce vzduchové mezery) od tvrdého povrchu stropu nebo stěny.

3. Příprava vzorků a měřící zařízení

Pro měření koeficientu zvukové pohltivosti byly vybrány následující stavební materiály:

- Sádrokarton tloušťky 10 mm.
- Tepelná izolace z minerální vlny Rotaflex super TP03040 tloušťky 10-50 mm (jmenovitá tl. 40 mm, tepelná vodivost $\lambda=0,04$ W.m⁻¹.K⁻¹).
- Zateplovací tlustá EPS deska tloušťky 28 mm (jmenovitá tloušťka 30 mm).
- Papirová tapeta s PVC povrchem Bohemia Vavex – VELATI vzor č.1881804 tloušťky cca 0,13 mm s jemným vytlačovaným profilem cca 0,05mm.

Bylo připraveno 10 vzorků každého materiálu kruhovitěho tvaru o průměrech 30 a 100 mm.

Měření probíhalo na zařízení společnosti Brüel&Kjaer – dvoumikrofonová impedanční Kundtova trubice Brüel & Kjaer typ 4206 (viz. obr. 1), která se používá ke zjišťování koeficientu zvukové pohltivosti pro malé vzorky. Skládá se ze dvou trubic o průměru 100 a 30 mm umožňující měření ve frekvenčním rozsahu od 16 Hz do 1.6 kHz pro velkou trubici (100 mm) a od 50 Hz do 6.3 kHz pro malou trubici (30 mm). Pro samotnou analýzu využívá dvoukanálový signální analyzátor Brüel & Kjaer typ 2034 a aplikační software BZ5050 zabezpečující jednoduchou obsluhu prostřednictvím PC.

Výsledkem měření je textový soubor obsahující údaje o závislosti koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci.



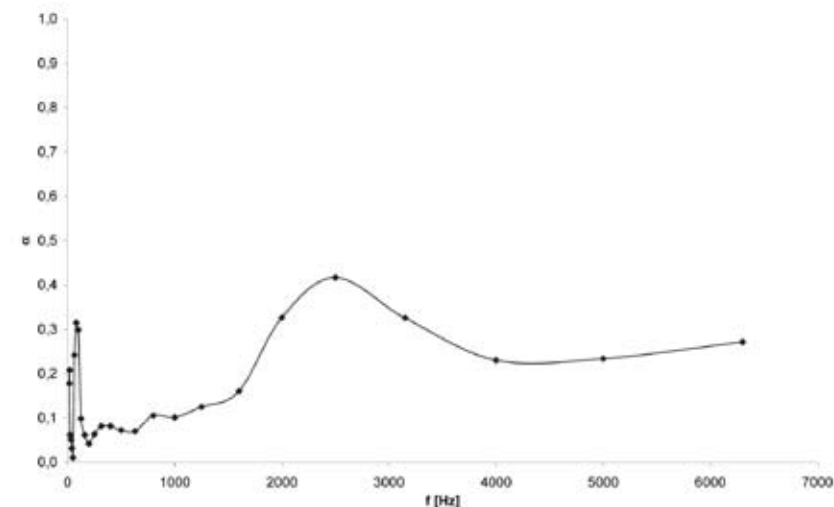
Obr. 1. Zařízení Brüel & Kjaer typ 4206

4. Vyhodnocení měření koeficientu zvukové pohltivosti vybraných stavebních materiálů

Pro vyhodnocení tlumících vlastností vybraných materiálů je ze závislosti koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci uvažována oblast od 100Hz do 6300 Hz.

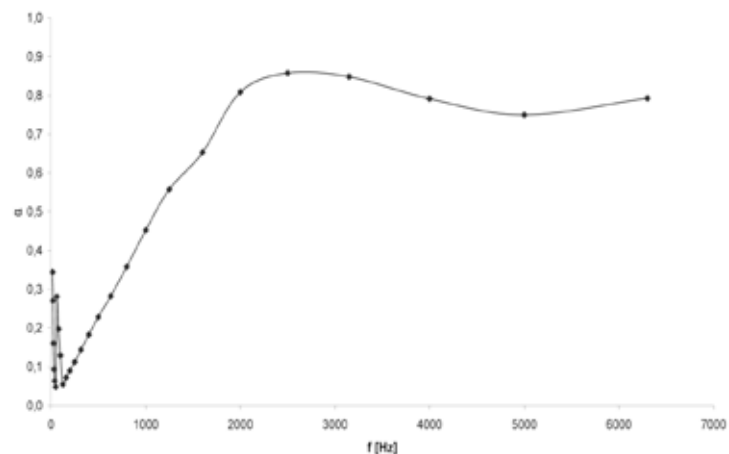
Ze závislosti koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro sádrokarton (viz. graf č.1) lze vyhodnotit, že tento stavební materiál dosahuje nejvyšší hodnoty koeficientu zvukové pohltivosti $\alpha = 0,42$ při frekvenci 2500 Hz.

Graf č. 1. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro materiál sádrokarton



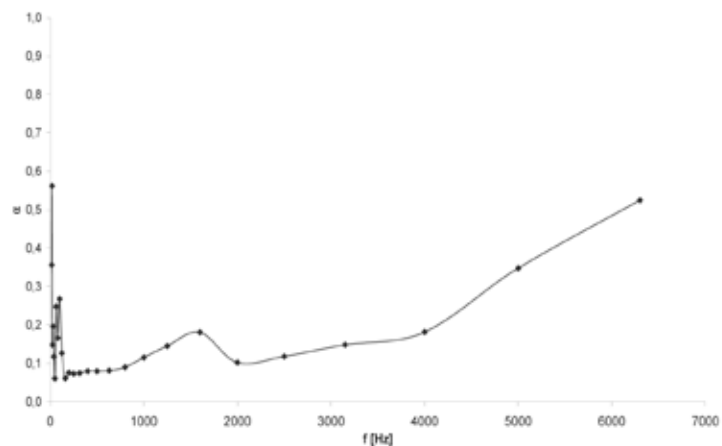
Minerální vlna (viz. graf č.2) dosahuje lepších hodnot koeficientu zvukové pohltivosti, přičemž nejvyšší hodnota $\alpha = 0,86$ byla naměřena při frekvenci 2500 Hz.

Graf č. 2. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro materiál minerální vlna



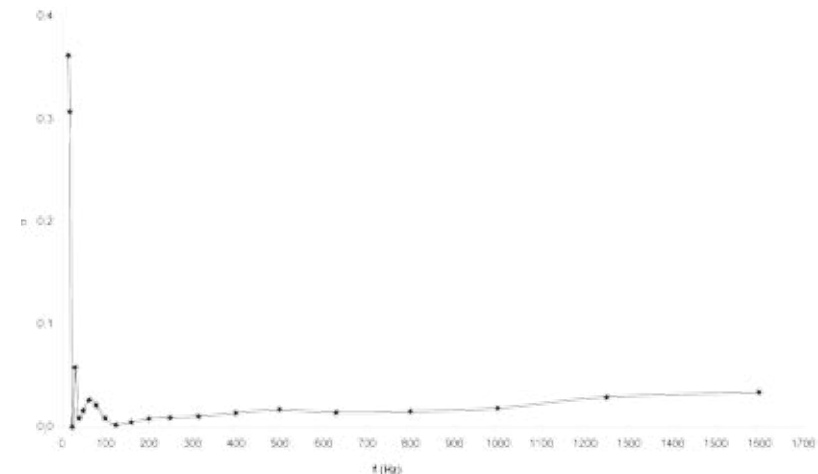
Extrudovaný polystyren o tloušťce 60 mm (viz. graf č.3) dosahoval maximální hodnoty koeficientu zvukové pohltivosti $\alpha = 0,53$ při frekvenci 6300 Hz.

Graf č. 3. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro materiál extrudovaný polystyren



Materiál papírová tapeta s PVC povrchem (viz. graf č.4) dosahoval maximální hodnoty koeficientu $\alpha = 0,034$ při frekvenci 1600 Hz.

Graf č. 4. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro materiál papírová tapeta s PVC povrchem



Měření probíhalo při teplotě okolí $t = 23^{\circ}\text{C}$.

Ze získaných měření lze vyhodnotit, že z použitých materiálů je materiálem s nejlepšími akustickými vlastnostmi minerální vlna, kdy koeficient zvukové pohltivosti nabýval při středních a vyšších frekvencích větších hodnot než u ostatních měřených materiálů.

Koeficient zvukové pohltivosti sádrokartonu nedosahuje tak vysokých hodnot, ale pro svoje mechanické vlastnosti představuje při konstrukci stavebních příček krycí vrstvu.

Z naměřených charakteristik lze extrudovaný polystyren vyhodnotit jako materiál ne zcela vhodný pro odhlučnění, ale pro jeho tepelné vlastnosti a užitné vlastnosti (nízká měrná hmotnost, zpracovatelnost, atd.) je pro aplikace ve stavebním průmyslu poměrně široce používán.

Nejhorší akustické vlastnosti vykazoval materiál papírová tapeta s PVC povrchem, což je způsobeno plastovým povrchem materiálu.

5. Vyhodnocení měření koeficientu zvukové pohltivosti kombinací stavebních materiálů

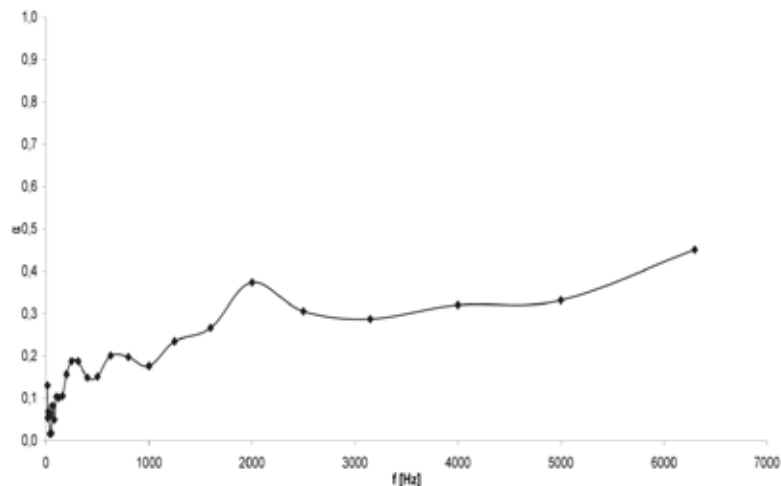
Na základě výše uvedených výsledků koeficientu zvukové pohltivosti pro vybrané stavební materiály byly navrženy kombinace tak, aby splňovaly jak požadované akustické tak i mechanické vlastnosti stavebních konstrukcí.

Byla navržena kombinace:

- minerální vlna + sádrokarton
- extrudovaný polystyren (tl. 60 mm) + sádrokarton.

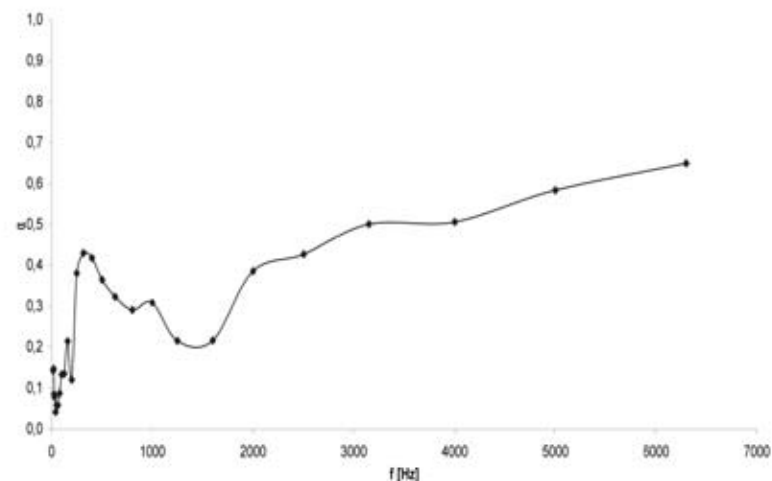
Ze závislosti koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro kombinaci extrudovaný polystyren + sádrokarton (viz. graf č.5) lze vyhodnotit, že tato kombinace stavebních materiálů dosahovala nejvyšší hodnoty koeficientu zvukové pohltivosti $\alpha = 0,45$ při frekvenci 6300 Hz.

Graf č. 5. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro kombinaci materiálů extrudovaný polystyren + sádrokarton



Pro kombinaci minerální vlna + sádrokarton (viz. graf č.6) byl vyhodnocena nejvyšší hodnota koeficientu zvukové pohltivosti $\alpha = 0,65$ při frekvenci 6300 Hz.

Graf č. 6. - Závislost koeficientu zvukové pohltivosti na frekvenci pro kombinaci materiálů minerální vlna + sádrokarton



Z těchto výsledků lze konstatovat, že pro akustickou izolaci je vhodnější kombinace minerální vlna a sádrokarton.

6. Závěr

Tento příspěvek se zabývá akustickými vlastnostmi vybraných stavebních materiálů – minerální vlny, sádrokartonu, extrudovaného polystyrenu a papírové tapety s PVC povrchem.

Byly experimentálně stanoveny hodnoty koeficientu zvukové pohltivosti při frekvenci 100 – 6300 Hz pro výše uvedené materiály a byla vyhodnocena vhodnost pro aplikace ve stavebnictví. Jako materiál s nejlepšími akustickými vlastnostmi byla vyhodnocena minerální vlna.

Dále byly experimentálně stanoveny hodnoty koeficientu zvukové pohltivosti kombinací vybraných stavebních materiálů s ohledem na požadované jak akustické tak i mechanické vlastnosti těchto materiálů. Nejlepší akustické vlastnosti byly vyhodnoceny pro kombinaci sádrokarton + minerální vlna.

V praxi zvolené materiály pro tento příspěvek patří mezi nejběžněji používané pro akustickou a tepelnou izolaci staveb. U většiny staveb se již při návrhu klade důraz spíše na tepelnou izolaci než na akustickou s cílem dosažení co nejlepší pevnosti konstrukce s ohledem na minimalizaci nákladu, tzn. tloušťky stěny.

Ne ve všech případech, zvláště při realizaci velkých bytových sídlišť, je možné používat speciální akustické obklady pro dosažení co nejlepších tlumících parametrů celé stavby.

Z těchto důvodů je tato práce zaměřena na nejběžněji dostupné materiály s hledáním jejich optimální kombinací tak, aby splňovaly jak tepelné a mechanické požadavky, ale také zvukově izolační.

7. Použitá literatura

- [1] NOVÝ R.: "Hluk a chvění", Učební texty vysokých škol. ČVUT Praha (2000), 1-389. 2.vydání (ISBN 80-01-02246-3).
- [2] KAŇKA J.: "Stavební fyzika I – Zvuk a denní světlo v architektuře". Učební texty vysokých škol. ČVUT Praha (2006), 1-118, (ISBN 80-01-02645-0). /
- [3] JULINA J.: "Akustické vlastnosti vybraných stavebních materiálů", Bakalářská práce, FT UTB Zlín, 88 str., 2007.

ZKOUŠENÍ A POSUZOVÁNÍ SHODY V OBLASTI KERAMICKÝCH OBKLADOVÝCH PRVKŮ.

Ing. Hana Kotorová

Technický a zkušební ústav stavební s.p. Praha, pobočka Plzeň, Zahradní 15, 326 00 Plzeň
Tel. 377 243 331, 608 511 083, e-mail: kotorova@tzus.cz
Web: www.tzus.cz

Anotace: Příspěvek je věnován zkoušení keramických obkladových prvků podle harmonizované normy ČSN EN 14411 podle zkušebních postupů uvedených v přílohách ZA, ZB této normy. Současně na tomto příkladu je rozebrán postup posuzování shody výrobků podle příslušných legislativních nařízeních. Jedná se jednak o podklady k CE označení (výrobky deklarované podle harmonizované normy) a jednak o podklady pro výrobky stanovené podle nařízení vlády (výrobky nedeklarované podle harmonizované normy). V příspěvku je rovněž zmíněna možnost nepovinného odzkoušení výrobků, buď formou nepovinné certifikace nebo formou osvědčení, které se vydává ne jednotlivě zkoušené vlastnosti podle požadavků objednavatele.

V posledních letech dochází průběžně k řadě důležitých změn v oblasti zkušebnictví a následně i v postupech spojených se zajišťováním a dokladováním jakosti stavebních výrobků. Cílem tohoto příspěvku je podat souhrnnou základní informaci o posuzování shody stavebních výrobků a na příkladě keramických obkladových prvků tuto problematiku konkrétně rozebrat.

Rozsah technických požadavků a postup posouzení shody je dán:

1. Harmonizovanými evropskými normami (hEN) nebo evropským technickým schválením (ETA) v případě postupu podle nařízení vlády č. 190/2002 Sb.

Vzhledem k tomu, že neexistuje jednoduchý seznam těchto výrobků (neustále se totiž doplňuje novými hEN a ETA) je nezbytné sledovat vydávání a harmonizaci těchto předpisů přímo – nejlépe na Internetu na www.ce-stavebnictvi.cz. Výrobky jsou po posouzení shody povinně označeny CE (včetně doprovodných informací) a mohou být uváděny na trh v celé EU (použití výrobků ve stavbě však může být v určitých případech v jednotlivých státech rozdílně vymezeno). Postup posouzení shody je stanoven Rozhodnutím Komise EU a je konkretizován v příslušné hEN nebo ETA. Povinně se též vydává ES prohlášení o shodě. V určených případech se na posouzení podílejí notifikované osoby (TZÚS je notifikovaná osoba 1020) a jejich identifikace musí být součástí označení CE.

2. Určenými normami nebo stavebním technickým osvědčením v případě postupu podle nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ve znění nařízení vlády č. 312/2005 Sb. (dosud se na tyto výrobky nevztahují hEN/ETA) a nejsou tedy označovány CE. Seznam stanovených výrobků k tomuto nařízení vlády je uveden v jeho příloze č. 2, postup posouzení tamtéž. V určených případech se na posouzení podílejí autorizované osoby (TZÚS je AO 204). Výrobci nebo dovozci vydávají Prohlášení o shodě (kde uvádějí i údaje o dokladech vydaných AO) a mohou označovat výrobky (nebo průvodní dokumentaci) značkou CCZ. V případě, že existuje hEN nebo ETA a uplynulo přechodné období, je nutno postupovat podle bodu 1.

Podle postupu uvedeného v bodě 1 se odzkoušejí od 1.1.2006 keramické obkladové prvky deklarované podle harmonizované normy EN 14411 (tj. prvky za sucha lisované a tažené).

Tento dokument je vypracován na základě mandátu uděleného CEN Evropskou komisí a Evropským sdružením volného obchodu a podporuje splnění základních požadavků směrnice 89/106/EHS. Jelikož má vztah ke směrnicím ES, obsahuje přílohy ZA, ZB. Tento dokument dále uvádí systémy posuzování shody, způsob označení CE a údaje o vydání ES prohlášení o shodě.

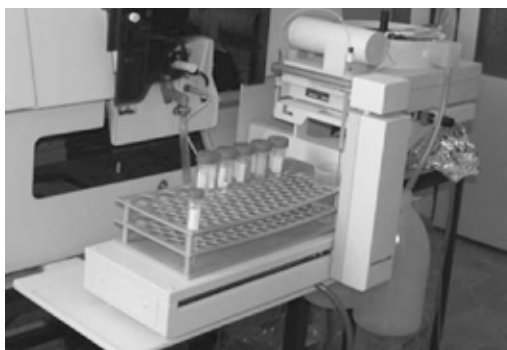
Posuzování shody a příprava podkladů pro CE označení je uvedena na příkladu keramických obkladových prvků. Konkrétní vlastnosti pro posouzení keramických obkladových prvků jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Příklady tabulek uvedených v EN 14411 vztahujících se k označení CE

Tabulka ZA.1/B – Odpovídající ustanovení pro ker. obkladové prvky pro vnější dlažby

Požadavky/charakteristiky podle mandátu M/119	Ustanovení o požadavku v této (nebo jiné) evropské normě	Úroveň a/nebo třída stanovená v mandátu	Poznámky Zkušební metody
Reakce na oheň (pouze pro obkladové prvky určené pro použití, kde je odolnost proti ohni vyžadována předpisy)	-	A1 _n bez zkoušky, F	Rozhodnutí 96/603/EHS v platném znění
Lomové zatížení	Viz tabulka A.1. B.1, ..., L.1		EN ISO 10545-4
Protiskluznost	Viz tabulka A.1. B.1, ..., L.1		Použitá metoda zkoušení (*)
Trvanlivost Vliv mrazu/tání	- Viz odolnost proti vlivu mrazu v tabulce A.1. B.1, ..., L.1		(1)
Nebezpečné látky (pokud je požadováno národními předpisy)	Viz příloha Q a ZA.1, Poznámka		EN ISO 10545-15
(*) Podle zkušebních metod používaných v členském státě určení (pokud je předpisy požadováno)			

Tab.1

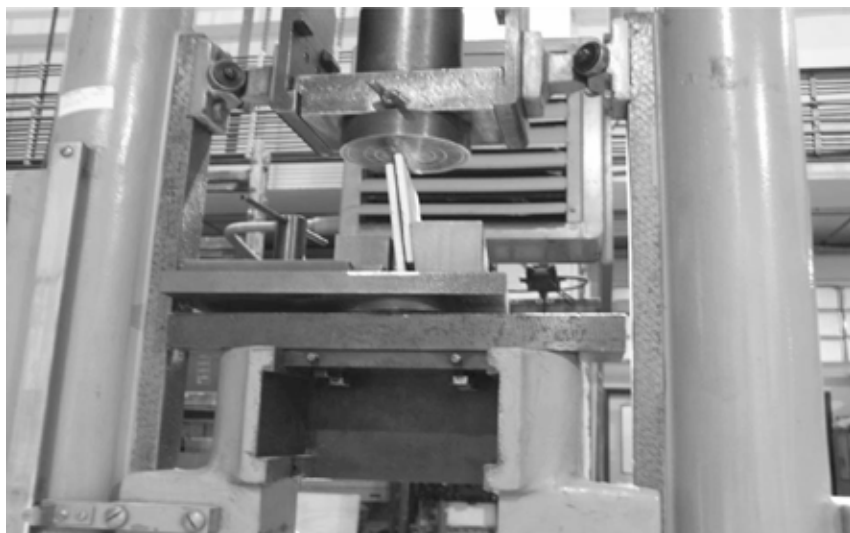


Obr.1

Tabulka ZB.1/B – Odpovídající ustanovení pro keramické obkladové prvky na obklady stěn a podhledů pro vnější použití

Seznam požadavků/charakteristiky podle mandátu M/121	Ustanovení o požadavku v této (nebo jiné) evropské normě	Nařízené úrovně a/nebo zařazení	Poznámky Zkušební metody
Reakce na oheň (pouze pro obkladové prvky určené na stěny a podhledy pro použití, kde je odolnost proti ohni předpisy vyžadována)	-	A1 _n bez zkoušky, F	Rozhodnutí 96/603/EHS v platném znění
Uvolňování nebezpečných látek (pouze je -li požadováno)	viz ZA.1, Poznámka		
Přidržitost ** (pouze pro obkladové prvky určené pro použití v místech pohybu osob, průchodech, kde hrozí náhodné opadávání těchto prvků)	a) pro lepidla na bázi cementu: viz EN 12004, článek 4.1, tabulka 1 b) pro disperzní lepidla: viz EN 12004, článek 4.2, tabulka 2 c) pro reaktivní resinová lepidla: viz EN 12004, článek 4.3, tabulka 3 d) pro maltu: prEN 998-1 POZNÁMKA Za tuto vlastnost zodpovídá osoba odpovědná za provádění obkladu (dokončení stěny).	- - - -	EN 1348 článek 8.2 ** EN 1324 článek 7.2 ** EN 12003 článek 7.2 ** EN 1015-12 **
Odolnost proti změnám teploty (pouze je - li požadováno, kde je to důležité vzhledem k materiálu)	viz tabulka A.1, B.1, L.1		EN ISO 10545-9
Trvanlivost Vliv mrazu/tání	viz tabulku A.1, B.1 ... L.1		(1) EN ISO 10545-12

Tab. 2



Obr. 2

Systém posuzování schody je uveden v následující tabulce:

Výrobek (výrobky)	Určené (určená) použití	Úroveň (úrovně) nebo třída (třídy)	Systém (systémy) prokazování shody
Keramické obkladové prvky	Pro vnitřní použití včetně uzavřených objektů veřejné dopravy	A1 _n *** a F	4
	Pro vnější použití a dokončení cest pro obklady vnějších pěších a dopravních zón	–	4
	Výrobky, které podléhají předpisům pro práci s nebezpečnými látkami ¹⁾	–	3

Systém 3: Viz druhá možnost bodu ii) oddílu 2 přílohy III ke směrnici 89/106/EHS.
Systém 4: Viz třetí možnost bodu ii) oddílu 2 přílohy III ke směrnici 89/106/EHS.
*** Výrobky/materiály, u nichž se nevyžaduje zkoušení reakce na oheň (například výrobky/materiály tříd A podle rozhodnutí Komise 96/603/EHS.
¹⁾ zvláště nebezpečné látky, které jsou v odpovídající směrnici 76/769/EHS definovány.

Tab.3

Příklad označování a značení štítkem:

CE Rok: 05	Odpovídající norma: EN 14411	
	Typ obkladového prvku: tažené obkladové prvky, skupina.....	
Způsob použití: vnitřní nebo vnější obklad podlah		
Jméno a adresa výrobce: (.....)		
Seznam charakteristik	Deklarované hodnoty	Zkušební metoda
Reakce na oheň (pouze pro obkladové prvky, kde je odolnost proti ohni předpisy vyžadována)	Třída A1 _n	Bez zkoušení (viz rozhodnutí 96/603/ ES)
Lomové zatížení	> ...XXXX.. N	EN ISO 10545-4
Protiskluznost (součinitel tření)	Deklarovaná hodnota .. nebo NPD („Žádný ukazatel není stanoven“)	Použitá metoda zkoušení *
Odolnost proti smyku Pouze pro vnější použití v dopravních zónách	Deklarovaná hodnota .. nebo NPD („Žádný ukazatel není stanoven“)	Použitá metoda zkoušení *
Odolnost proti vlivu mrazu	Vyhovující	EN ISO 10545-12
Uvolňování nebezpečných substancí: Vyluhování kadmia Vyluhování olova	...XXX. mg/dm ² ...YYY. mg/dm ²	EN ISO 10545-15 EN ISO 10545-15
* viz poznámka v tabulce ZA.1/A, ZA.1/B		

Tab. 4

Pravidla pro označení CE

Označování shody značkou CE sestává výhradně z iniciál „CE“ ve tvaru stanoveném ve směrnici Rady 93/68/EEC.

Pro keramické obkladové prvky musí být označení CE doprovázeno (například na balení a/nebo v průvodní obchodní dokumentaci) následujícími údaji:

- odkaz na tuto evropskou normu;
- jméno nebo identifikační značka výrobce;
- poslední dvojčíslí roku, v němž bylo označení připojeno;
- zařídění výrobku a jeho konečné užití;

údaje určující vlastnosti výrobků na základě technických specifikací (viz ZA.1, ZA.2, ZA.3 a ZA.4), jak je uvedeno v ZA.3.2.

Dále je nutno upozornit, že výrobce musí vydat **Evropské prohlášení o shodě** s následujícími údaji:

ES prohlášení o shodě

Je-li dosaženo souladu s podmínkami této přílohy, musí výrobce nebo jeho zástupce vypracovat prohlášení o shodě (ES prohlášení o shodě), které opravňuje výrobce připojit označení CE, a toto prohlášení musí uchovávat. Prohlášení musí obsahovat:

- název a adresu výrobce nebo jeho zplnomocněného zástupce v Evropském hospodářském prostoru a místo výroby;
- popis výrobku (druh, identifikace, použití ...) a kopii informace doprovázející CE značení;
- ustanovení, se kterými je výrobek v souladu (například příloha ZA této EN) a odkaz na ITT zprávu (y) a záznamy systému řízení výroby (je-li určeno);
- zvláštní podmínky pro použití výrobku (například ustanovení pro použití za určitých podmínek atd.);
- název a adresu notifikované laboratoře (i);
- jméno a postavení osoby zmocněné podepsat prohlášení v zastoupení výrobce nebo jeho zplnomocněného zástupce.

Výše uvedené prohlášení musí být předkládáno v úředním jazyce nebo jazycích členského státu EU, ve kterém se má výrobek používat.

Shodu jakosti výrobků s celou technickou specifikací lze rovněž potvrdit nepovinným certifikátem, případně osvědčením na jednotlivě odzkoušené vlastnosti.

Výrobky např. keramické obkladové prvky lité, kachle apod. – tzv. **stanovené výrobky**, které nejsou deklarovány podle harmonizovaných norem, se posuzují podle instrukcí popsanych v bodě 1, a to podle příslušných technických návodů.

Na výrobky, na které neplatí norma (např. **lité obklad. prvky**), se vydá **stavební technické osvědčení a protokol o ověření shody**. Výrobce pak vydá prohlášení o shodě ve smyslu příslušného nařízení vlády.

Výrobky deklarované podle určené normy uvedené ve Věstníku ÚNMZ (např. pro **keramické kachle podle ČSN 72 4710**) se posuzují podle požadavků příslušného technického návodu a na základě tohoto šetření se vydá protokol o ověření shody. Výrobce pak vydá prohlášení o shodě ve smyslu příslušného nařízení vlády.

Podrobnější informace o této problematice lze získat na www.tzus.cz.

ZAJÍMAVÉ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY KONSTRUKCÍ

Prof. Ing. Tomáš Vaněk, DrSc.

ČVUT, Fakulta stavební, Tháškurova 7, 166 29 Praha 6

Tel. 224 354 628, e-mail : ivana.novotna@fsv.cvut.cz

Anotace

Príspevek venuje pozornosť stropným a střešním konstrukcím, u kterých je obtížné po jejich narušení stanovit únosnost a průhyb statickým výpočtem. Zatěžovací zkouška tento problém vždy umožní vyřešit.

1. Úvod

V praxi jsme často nuceni stanovit únosnost a průhyb narušení konstrukce, např. po požáru, nekvalitní rekonstrukci či nemožnosti provedení solidního průzkumu. Stanovení odpovědi na takovéto otázky nám umožní zatěžovací zkouška, která při solidním provedení nahradí statický výpočet a umožní doporučení závěrů pro její další spolehlivost.

Připomeňme, že máme u nás k dispozici ČSN o provádění zatěžovacích zkoušek prefabrikátů i celých konstrukcí, které při jejich smysluplném využití nám umožní dospět k solidním závěrům. Tyto ČSN jsou všem účastníkům známy a proto je zde neuvádím.

2. Posuzované typy konstrukcí

V posledním období autor posuzoval několik zajímavých nosných konstrukcí, u kterých bylo obtížné stanovit seriózní údaje o jejich dalším využití. Důvodů, proč nebylo možno posuzovat konstrukci statickým výpočtem, bylo několik, zejména :

- narušení požárem stropní konstrukce z předpjatých panelů,
- nemožnost provedení sond při důležitém provozu v objektu,
- stropní konstrukce školy byly krátce po rozsáhlé rekonstrukci,
- statický výpočet by byl jen orientační.

Připomeňme, že v posledním období zatížení na konstrukci vyvozujeme převážně vodou, se kterou je postup zkoušky nejjednodušší. Výjimečně používáme ještě např. pytle s cementem, nebo osoby jsoucí nablízku – viz dále.

3. Několik příkladů posuzovaných konstrukcí zatěžovací zkouškou

S ohledem na omezený rozsah příspěvku jsou dále uvedeny jen hlavní údaje o konstrukci. Obrázky s podrobnostmi budou pak uvedeny na konferenci.

Příklad č. 1 – Narušení stropní konstrukce z předpjatých stropních panelů požárem

Jde o stropní konstrukci nad komunikační chodbou, pod kterou v přízemí byl úmyslně založen solidní požár, který samozřejmě ovlivnil předpjaté stropní panely. Zde je též možné místo zatěžovací zkoušky částí stropu vyjmout několik panelů a podrobit je ve zkušebně zatěžovací zkoušce. Serióznější je však při již provedené podlaze provedení zatěžovací zkoušky přímo na stropní konstrukci, kde je samozřejmě nutno zohlednit spolupůsobení

jednotlivých panelů. Na zatížení jsme zde zvolili již méně obvyklý způsob, tj. zarovnání pytlů s cementem, který se dodává v množství $50 \text{ kg} \pm 2 \text{ kg}$. Připomeňme, že zatížení vodou je způsob méně náročný. Při každé zkoušce samozřejmě sledujeme zvětšování průhybů pružných a trvalých a samozřejmě vznik trhlin a další možnosti poškození konstrukce.

Příklad č. 2 – Stropní konstrukce školy po rekonstrukci

Jde o zajímavou záležitost, kde po rozsáhlé rekonstrukci školy s jednorocním jejím uzavřením několik statických po jejím „posouzení“ doporučilo její opětovné uzavření a novou nákladnou rekonstrukci. Starší stropní konstrukce z počátku 20. století byla z ocelových nosníků a klenbiček z dutých cihel s nulovým vzepětím, což bylo v tehdejší době dosti časté. Chyba posuzovatelů byla v tom, že výplň mezi ocelovými nosníky neposuzovali jako klenby, i když s nulovým vzepětím, ale jako prosté nosníky, u kterých je únosnost při ohybu mnohonásobně nižší.

Jako přesvědčující argument jsem navrhl provedení zatěžovací zkoušky vodou v několika třídách, které po porovnání trvalých a pružných průhybů ocelových nosníků a klenbiček byly přesvědčivé a další rekonstrukce s opětovným uzavřením školy a dalšími problémy nebyla nutná.

Příklad č. 3 – Zatěžovací zkouška stropů po nemožnosti jejich průzkumu

Jde o důležitou budovu jednoho ministerstva, kde byly v minulosti prováděny četné stavební úpravy (příčky aj.) bez solidního statického posouzení. Neznáme-li např. míru vetknutí nosníků či desek, je závěr vždy nepřesný. V takovém případě i při plném provozu provádíme při pochopení zatěžovací zkoušku vodou v několika kancelářích při jejich krátkodobém uvolnění. Ochrannou fólii pro vodu pro případné poškození navrhujeme trojnásobnou, abychom nepoškodili důležité spisy úředníků v nižších podlažích. Výsledky byly i zde přesvědčivé.

Příklad č. 4 – Zatěžovací zkouška střechy školy

Nechceme-li provádět složitější průzkumné zásahy do střešní konstrukce, která již vykazuje značné průhyby, pak se zde nabízí provedení zatěžovací zkoušky vodou na několika polích střešního pláště. V takovém případě je však užitečné provizorní podepření. Podepření musí však umožnit sledování průhybů při zatížení.

Příklad č. 5 – Neobvyklá zatěžovací zkouška v arcibiskupském paláci

Někdy je souběh okolností příznivý i pro provedení zatěžovací zkoušky. Uvedme příklad z několika místností, kde byly upravovány dřevěné stropy s uhlíovým zhlavím a nižší únosností. Zajímavost je zde v tom, že při slavnostním zahájení provozu v rekonstruované budově bylo maximum hostů, kteří vyvozovali ještě větší zatížení na stropní konstrukci, než požaduje ČSN, tj. $3,0 \text{ kN/m}^2$. Můžeme tedy konstatovat, že zatěžovací zkouška byla provedena účastí hostů zdarma.

Příklad č. 6 – Další zajímavá a levná zatěžovací zkouška pomníku B. Smetany v Praze

Jde o starší příklad a dodnes zajímavý, na kterém se autor podílel. Připomeňme, že jde o kruhovou deskou, podepřenou skupinou mikropilot v jejím středu a jednou mikropilotou, zajišťující mimostředně zatížení diváky. Nedostatečně vyztuženou konzolovou kruhovou deskou nebylo možno ponechat a proto jsme pod ni umístili pět ocelových vzpěr s mírnou aktií okraje desky. Při zjištění nedostatečné únosnosti a blížícímu se odhalení pomníku

B. Smetany na zahájení Pražského jara nebylo však možno osadit zmíněné ocelové vzpěry. Proto jsme doporučili na zahájení Jara zazpívat B. Smetanovi na Vyšehradě a odhalit pomník poslední den Pražského jara, což je též významný den. Při odhalení zde bylo tolik čestných hostů a diváků, kterých už tam nikdy více nemůže být. Diváci a hosté provedli i zde zatěžovací zkoušku zdarma a splnili požadavek na zatížení chodníku a veřejného prostranství $6,0 \text{ kN/m}^2$.

4. Závěr

Obsahem příspěvku je vcelku známá informace, že je možno se dopracovat ke zjištění spolehlivosti konstrukce jednoduchou, poměrně levnou zatěžovací zkouškou. Přistupujeme k ní zejména tehdy, kdy nelze provést solidní statický výpočet z několika důvodů. Zatížení vyvozujeme převážně v dnešní době vodou.

Je uvedeno šest zajímavých realizovaných příkladů, o kterých názorné obrázky budou připraveny na konferenci.

Příspěvek byl vypracován při řešení výzkumného záměru VZ CEZ MSM 6840770001 „Spolehlivost optimalizace a trvanlivost stavebních konstrukcí a materiálů“

Literatura

- [1] Vaněk, T.: Rekonstrukce staveb. SNTL Praha 1995
- [2] Vaněk, T.: Znalecké posudky o zatěžovacích zkouškách

STATISTICKÉ HODNOCENÍ ZKOUŠEK MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ

Prof. Ing. Milan Holický, PhD., DrSc., Ing. Karel Jung, Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 2 2435 3850, e-mail: jung@klok.cvut.cz
Web: www.cvut.cz

Anotace:

Využití zkoušek je důležitou součástí ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí. Při odhadu charakteristické hodnoty materiálových vlastností se uplatní statistické metody uvedené v příloze D normy ČSN EN 1990 a také v novém evropském dokumentu EN 13791. Postupy podle obou dokumentů se však navzájem liší a mohou vést k rozdílným odhadům charakteristické hodnoty. Empirické vztahy uvedené v předpisu EN 13791 zpravidla vedou k vyšším hodnotám charakteristické pevnosti.

1. Úvod

Využití zkoušek je důležitou součástí ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí, u kterých jsou často velmi významné nejistoty o vlastnostech materiálů. Statistické metody se uplatní především při odhadu charakteristické hodnoty pevnosti betonu, v některých případech se mohou použít také při přímém odhadu návrhové hodnoty. Obecné postupy hodnocení a navrhování konstrukcí z libovolného materiálu na základě zkoušek uvádí příloha D normy ČSN EN 1990 [1], která je v souladu s dokumenty ČSN ISO 13822 [3], ISO 12491 [4] i ISO 2394 [5].

Postupy pro stanovení charakteristické hodnoty pevnosti betonu v konstrukcích na základě zkoušek uvádí nový evropský dokument EN 13791 [2], který navazuje na ČSN EN 206-1 [6] pro specifikaci vlastností betonu na základě zkoušek (kontrola shody). Postupy podle ČSN EN 1990 [1] a EN 13791 [2] se však navzájem liší a mohou vést k rozdílným odhadům charakteristické hodnoty. Empirické vztahy uvedené v novém předpisu EN 13791 [2] vedou zpravidla k vyšším hodnotám charakteristické pevnosti a jsou tedy na nebezpečné straně.

2. Obecné zásady statistického hodnocení

Při hodnocení výsledků zkoušek se má porovnat chování zkušebních vzorků a způsoby porušení s teoretickými předpoklady. Případnou významnou odchylku od předpokladů je potřebné vysvětlit např. prostřednictvím doplňujících zkoušek nebo změnou teoretického modelu.

Podle přílohy D normy ČSN EN 1990 [1] se výsledky zkoušek mají hodnotit na základě statistických metod s využitím dostupných znalostí o typu rozdělení a jeho příslušných parametrech. Metody uvedené v příloze D se mají použít pouze při splnění následujících podmínek:

- statistické údaje (včetně apriorních informací) jsou převzaty ze známých základních souborů, které jsou dostatečně homogenní, a
- je k dispozici dostatečný počet pozorování.

Rozlišují se tři hlavní kategorie hodnocení výsledků zkoušek:

- pokud se provádí pouze jedna zkouška (nebo velmi málo zkoušek), není možné klasické statistické hodnocení. Za předpokladu, že se použijí rozsáhlé apriorní informa-

STATISTICKÉ HODNOCENÍ ZKOUŠEK MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ

Prof. Ing. Milan Holický, PhD., DrSc., Ing. Karel Jung, Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.
České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 2 2435 3850, e-mail: jung@klok.cvut.cz
Web: www.cvut.cz

Anotace:

Využití zkoušek je důležitou součástí ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí. Při odhadu charakteristické hodnoty materiálových vlastností se uplatní statistické metody uvedené v příloze D normy ČSN EN 1990 a také v novém evropském dokumentu EN 13791. Postupy podle obou dokumentů se však navzájem liší a mohou vést k rozdílným odhadům charakteristické hodnoty. Empirické vztahy uvedené v předpisu EN 13791 zpravidla vedou k vyšším hodnotám charakteristické pevnosti.

1. Úvod

Využití zkoušek je důležitou součástí ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí, u kterých jsou často velmi významné nejistoty o vlastnostech materiálů. Statistické metody se uplatní především při odhadu charakteristické hodnoty pevnosti betonu, v některých případech se mohou použít také při přímém odhadu návrhové hodnoty. Obecné postupy hodnocení a navrhování konstrukcí z libovolného materiálu na základě zkoušek uvádí příloha D normy ČSN EN 1990 [1], která je v souladu s dokumenty ČSN ISO 13822 [3], ISO 12491 [4] i ISO 2394 [5].

Postupy pro stanovení charakteristické hodnoty pevnosti betonu v konstrukcích na základě zkoušek uvádí nový evropský dokument EN 13791 [2], který navazuje na ČSN EN 206-1 [6] pro specifikaci vlastností betonu na základě zkoušek (kontrola shody). Postupy podle ČSN EN 1990 [1] a EN 13791 [2] se však navzájem liší a mohou vést k rozdílným odhadům charakteristické hodnoty. Empirické vztahy uvedené v novém předpisu EN 13791 [2] vedou zpravidla k vyšším hodnotám charakteristické pevnosti a jsou tedy na nebezpečné straně.

2. Obecné zásady statistického hodnocení

Při hodnocení výsledků zkoušek se má porovnat chování zkušebních vzorků a způsoby porušení s teoretickými předpoklady. Případnou významnou odchylku od předpokladů je potřebné vysvětlit např. prostřednictvím doplňujících zkoušek nebo změnou teoretického modelu.

Podle přílohy D normy ČSN EN 1990 [1] se výsledky zkoušek mají hodnotit na základě statistických metod s využitím dostupných znalostí o typu rozdělení a jeho příslušných parametrech. Metody uvedené v příloze D se mají použít pouze při splnění následujících podmínek:

- statistické údaje (včetně apriorních informací) jsou převzaty ze známých základních souborů, které jsou dostatečně homogenní, a
- je k dispozici dostatečný počet pozorování.

Rozlišují se tři hlavní kategorie hodnocení výsledků zkoušek:

- pokud se provádí pouze jedna zkouška (nebo velmi málo zkoušek), není možné klasické statistické hodnocení. Za předpokladu, že se použijí rozsáhlé apriorní informa-

ce spojené s hypotézou o relativních stupních důležitosti těchto informací a výsledků zkoušek, lze hodnocení pojmut jako statistické (hodnocení s využitím tzv. Bayesovských postupů je popsáno např. v dokumentu ISO 12491 [4], materiálech JCSS [7] a nebo v příručce [8]),

- pokud se pro odhad vlastnosti provádí řada zkoušek, je možné klasické statistické hodnocení. Pro běžné případy uvádí příloha D ČSN EN 1990 [1] příklady. I v tomto postupu je však možné využít apriorní (předchozí) informace o vlastnosti, v běžných případech to však bude méně potřebné než ve výše uvedeném případě,
- pokud se z důvodu kalibrace modelu a s ním spojeným jedním nebo více parametry provádí řada zkoušek, je možné klasické statistické hodnocení.

Výsledek hodnocení zkoušky se má považovat za platný pouze pro charakteristiky zatížení uvažované při zkouškách. Pokud se výsledky extrapolují tak, aby se pokryly další návrhové parametry a zatížení, mají se použít doplňující informace z předchozích zkoušek nebo informace založené na teoretickém podkladě.

3. Stanovení charakteristické hodnoty pevnosti betonu podle ČSN EN 1990

Příloha D ČSN EN 1990 [1] poskytuje obecné pokyny pro hodnocení jedné nezávislé vlastnosti X , která může představovat:

- odolnost výrobku,
- vlastnost, která přispívá k odolnosti výrobku.

Další text se omezuje na důležitou praktickou úlohu, kdy vyšetřovanou materiálovou vlastností X je pevnost betonu v tlaku f_c . Má se stanovit její charakteristická hodnota definovaná jako 5% kvantil. Uvažuje se, že základní soubor má normální rozdělení. Poznamenejme, že kvantil náhodné veličiny se podrobně popisuje v příručce [8] nebo ve skriptech [9].

Vztahy uvedené v příloze D ČSN EN 1990 [1] vycházejí z předpokladu, že vyšetřovaná veličina má normální nebo lognormální rozdělení. Přijetí lognormálního rozdělení, viz např. příručku [8] nebo skripta [9], má tu výhodu, že na rozdíl od normálního rozdělení se vyloučí výskyt záporných hodnot. Dále se předpokládá, že neexistuje apriorní znalost průměru pevnosti f_c . Průměr se stanoví z výsledků zkoušek podle vztahu:

$$f_{m(n),is} = \frac{1}{n} \sum_n f_{is,i} \quad (1)$$

kde $f_{m(n),is}$ je výběrový průměr odhadnutý z výsledků zkoušek $f_{is,i}$ a sumace se provádí přes výsledky všech n zkoušek. Poznamenejme, že v příspěvku se používají symboly, značky a zkratky definované v EN 13791 [2].

Rozlišují se dva případy:

- případ „V neznámý“, kdy neexistuje apriorní znalost variačního koeficientu pevnosti betonu,
- případ „V známý“, kdy je variační koeficient znám.

V případě „V neznámý“ se variační koeficient vlastnosti odhadne výběrovým variačním koeficientem:

$$V = s / f_{m(n),is} \quad (2)$$

kde s je výběrová směrodatná odchylka stanovená z výsledků zkoušek:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_n (f_{is,i} - f_{m(n),is})^2} \quad (3)$$

Poznamenejme, že často může být výhodnější použít případ „V známý“ spolu s konzervativním horním odhadem V , než aplikovat pravidla uvedená pro případ „V neznámý“. Pokud je V neznámý a odhaduje se výběrovým variačním koeficientem, nemá se uvažovat menší než 0,10.

V souladu s přílohou D normy ČSN EN 1990 [1] (viz ale také příručku [10] nebo dokumenty ISO 12491 [4] a ISO 2394 [5]) může být charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku $f_{ck,is}$ stanovená z výsledků n zkoušek předpovědní metodou:

$$f_{ck,is} = f_{m(n),is} (1 - k_n \times V) \quad (4)$$

kde k_n označuje součinitel z tabulky Tab. 1 závislý na počtu zkoušek n , pravděpodobnosti p , které odpovídá hledaný kvantil, a obecně také na šikmosti základního souboru α (pro normální rozdělení je však $\alpha = 0$).

Tab. 1. Hodnoty součinitele k_n pro 5% kvantil.

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
V známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	1,72	1,68	1,67	1,64
V neznámý	–	–	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Poznamenejme, že zatímco norma ISO 12491 [4] označuje postup podle vztahu (4) s uvážením součinitelů k_n v Tab. 1 jako předpovědní metodu, ČSN EN 1990 [1] používá termín “Bayesovský postup s vágním apriorním rozdělením”. Charakteristická hodnota $f_{ck,is}$ daná vztahem (4) může být podle ČSN EN 1990 [1] dále ovlivněna návrhovou hodnotou převodního součinitele η_d , který se použije např. pro převod pevnosti získané z jádrových vývrtů na pevnost z normových těles. V předložené studii se součinitel pro zjednodušení neuvažuje.

Koeficient k_n uvedený v Tab. 1 pro známý variační koeficient V se určí ze vztahu:

$$k_n = -u_{0,05} (1 + 1/n)^{0,5} \quad (5)$$

kde $u_{0,05}$ je kvantil normované normální veličiny odpovídající pravděpodobnosti 0,05.

V případě, že variační koeficient V je neznámý, použije se výběrový variační koeficient (2) a součinitel k_n se stanoví v souladu s ISO 12491 [4] jako:

$$k_n = -u_{0,05} (1 + 1/n)^{0,5} \quad (6)$$

kde $t_{0,05}$ je kvantil Studentova t-rozdělení odpovídající pravděpodobnosti 0,05. Studentovo t-rozdělení je popsáno např. ve skriptech [11].

V příručce [10] se ukazuje, že předpovědní metoda v ČSN EN 1990 [1] odpovídá přibližně pokryvné metodě s konfidencí 0,75 popsané v ISO 12491 [4]. Poznamenejme, že vztahy (5) a (6) lze použít i při odhadu kvantilů odpovídajícím pravděpodobnostem různým než 0,05, např. pravděpodobnosti 0,001 u návrhové hodnoty materiálových vlastností.

Je potřebné zdůraznit, že při hodnocení existujících konstrukcí se obvykle předpokládá statistická nezávislost výsledků zkoušek. Poznamenejme, že v případě kontroly shody při výrobě betonu popisované v ČSN EN 206-1 [6] se může při hodnocení uvažovat statistická závislost mezi výsledky po sobě jdoucích zkoušek, jak je naznačeno např. v publikacích [12,13].

4. Odhad charakteristické pevnosti podle EN 13791

Nový dokument EN 13791 [2] uvádí postupy pro hodnocení pevnosti betonu v konstrukcích. Rozlišuje postup pro 15 a více zkoušek (postup A) a pro 3 až 14 zkoušek (postup B).

Postup A

Podle postupu A se charakteristická pevnost betonu v konstrukci $f_{ck, is}$ stanoví jako menší z hodnot vyplývajících z následujících vztahů:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k_2 \times s, \quad f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4 \text{ MPa} \quad (7)$$

kde k_2 je koeficient podle národní přílohy EN 13791 [2] (pokud není stanoven, uvažuje se $k_2 = 1,48$) a $f_{is, nejmenší}$ je minimální hodnota získaná ze zkoušek. Výběrová směrodatná odchylka s nemá být menší než 2 MPa.

Postup B

V případě 3 až 14 zkoušek se charakteristická hodnota pevnosti $f_{ck, is}$ stanoví jako menší hodnota získaná ze vztahů:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k, \quad f_{ck, is} = f_{is, nejmenší} + 4 \text{ MPa} \quad (8)$$

kde k je součinitel uvedený v Tab. 2 pro tři intervaly počtu zkoušek n . Nespojitosť součinitele k vede k nespojitosti odhadu charakteristické pevnosti $f_{ck, is}$ v závislosti na n .

Tab. 2. Součinitel k v MPa v závislosti na počtu zkoušek n .

n	k
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Postupy A a B z EN 13791 [2] pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v konstrukcích jsou obdobné jako postupy přijaté v normě ČSN EN 206-1 [6], která se však zaměřuje na odlišnou úlohu – kontrolu shody při výrobě betonu. Je patrné, že postupy A a B z EN 13791 [2] se liší od obecných postupů v ČSN EN 1990 [1] platné pro libovolný materiál. Následující rozbor je zaměřen na porovnání obou postupů a naznačení možných rozdílů, které mohou být významné v praktických aplikacích.

5. Porovnání postupů v EN 13791 a ČSN EN 1990

Postup A

Pro $n = 15$ a neznámý variační koeficient (směrodatnou odchylku) lze postupy podle EN 13791 [2] (postup A) a ČSN EN 1990 [1] zjednodušeně porovnat za předpokladu, že ve vztahu (7) rozhoduje první rovnice. Očekávaný rozdíl mezi charakteristickými hodnotami $E(\Delta f_{ck, is})$ se získá ze vztahu:

$$E(\Delta f_{ck, is}) = f_{ck, is(7)} - f_{ck, is(4)} = (-1,48 + k_n) \times E(s) = (-1,48 + k_n) \times c \times \sigma \quad (9)$$

kde $E(s)$ značí očekávanou hodnotu výběrové směrodatné odchylky, σ je směrodatná odchylka základního souboru a konstanta c (označovaná v odborné literatuře někdy jako c_4) je stanovena podle příručky [14]:

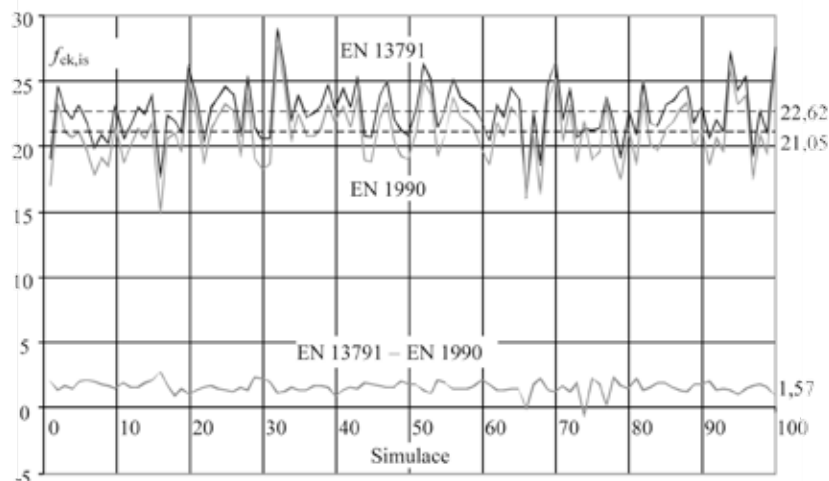
$$c = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \frac{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \quad (10)$$

kde $\Gamma(\cdot)$ je gama funkce.

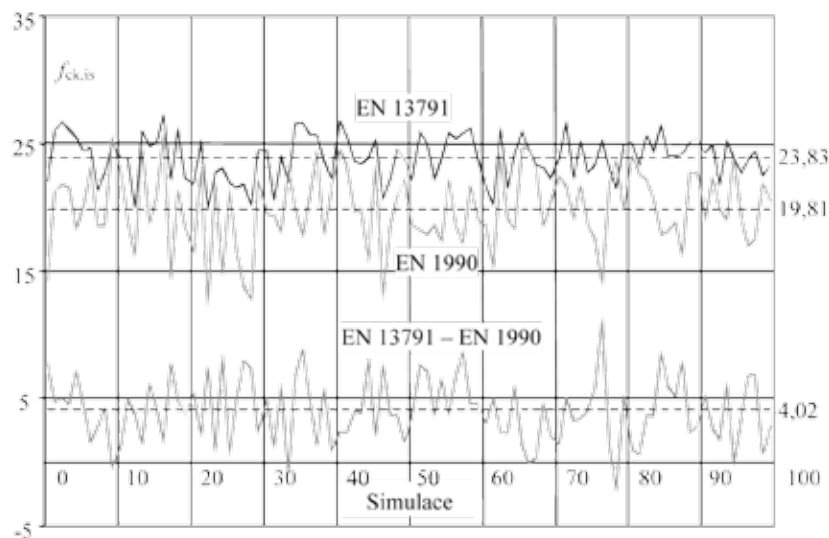
Pro odhad podle ČSN EN 1990 [1] s využitím vztahu (4) se součinitel k_n stanoví z tabulky Tab. 1 nebo ze vztahu (6). Pro 15 zkoušek platí $k_n = 1,82$. V případě, že je směrodatná odchylka souboru $\sigma = 5$ MPa, pak rozdíl podle vztahu (9) vychází $E(\Delta f_{ck, is}) = 1,67$ MPa. S pravděpodobností přibližně 0,085 však rozhoduje druhý vztah (7), a proto je průměrný rozdíl poněkud nižší než předpokládaná hodnota, $E(\Delta f_{ck, is}) \approx 1,6$ MPa.

Ověření prostřednictvím simulací výsledků zkoušek naznačuje Obr. 1. Předpokládá se, že základní soubor pevnosti betonu v tlaku má normální rozdělení s průměrem 30 MPa a směrodatnou odchylkou 5 MPa (běžné charakteristiky podle dokumentu JCSS [7]). Provádí se celkem 100 simulací souborů zkoušek – každý soubor se skládá z 15 nezávislých hodnot výsledků zkoušek.

Obr. 1 naznačuje, že pro $n = 15$ jsou charakteristické hodnoty stanovené podle EN 13791 [2] větší přibližně o 1,5 MPa a mají poněkud větší rozptyl než hodnoty podle ČSN EN 1990 [1]. Přibližně s pravděpodobností 0,016 je charakteristická hodnota stanovená podle EN 13791 [2] menší než hodnota podle ČSN EN 1990 [2] (simulace číslo 67 a 73 – případy, kdy ve vztahu (7) rozhoduje druhá rovnice). Pro větší počet zkoušek, $n > 15$, se rozdíl mezi charakteristickými pevnostmi $E(\Delta f_{ck, is})$ snižuje. Pro vysoké hodnoty n (přibližně pro $n > 70$) nabývá očekávaný rozdíl $E(\Delta f_{ck, is})$ záporných hodnot, protože ve vztahu (7) rozhoduje druhá rovnice již s pravděpodobností 0,55. Takový počet zkoušek ovšem není v praktických aplikacích obvyklý.



Obr. 1. Charakteristické pevnosti betonu podle EN 13791 [2] a ČSN EN 1990 [1] v MPa pro $n = 15$ (průměr základního souboru 30 MPa, směrodatná odchylka 5 MPa).



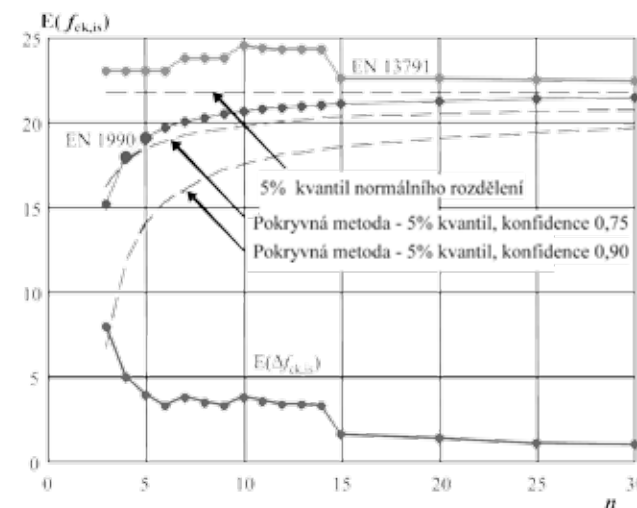
Obr. 2. Charakteristické pevnosti betonu podle EN 13791 [2] a ČSN EN 1990 [1] v MPa pro $n = 7$ (průměr základního souboru 30 MPa, směrodatná odchylka 5 MPa).

Postup B

Porovnání postupu B podle EN 13791 [2] a postupu podle ČSN EN 1990 [1] je provedeno s využitím simulačních metod. Předpokládá se opět beton s průměrnou pevností 30 MPa

a směrodatnou odchylkou 5 MPa. Provádí se celkem 100 simulací souborů zkoušek – každý soubor se v tomto případě skládá ze 7 nezávislých hodnot výsledků zkoušek, $n = 7$. Obr. 2 ukazuje výsledky simulací. Očekávaný rozdíl charakteristických hodnot je přibližně $E(\Delta f_{ck, is}) \approx 4$ MPa. To je hodnota více než dvakrát větší než při použití postupu A pro $n = 15$. Přibližně s pravděpodobností 0,080 je charakteristická hodnota pevnosti určená pomocí EN 13791 [2] opět menší než hodnota podle ČSN EN 1990 [1].

Očekávaný rozdíl charakteristických hodnot pevností podle EN 13791 [2] a ČSN EN 1990 [1] v závislosti na počtu zkoušek n uvádí Obr. 3. Pro každé n se provádí 1000 simulací souborů výsledků zkoušek pevnosti betonu s průměrem 30 MPa a směrodatnou odchylkou 5 MPa.



Obr. 3. Charakteristické pevnosti betonu v MPa v závislosti na počtu zkoušek n (průměr základního souboru 30 MPa, směrodatná odchylka 5 MPa).

Obr. 3 ukazuje, že charakteristická pevnost podle EN 13791 [2] je pro uvedené počty zkoušek n větší než hodnoty podle ČSN EN 1990 [1]. Navíc je větší než 5% kvantil normálního rozdělení (základního souboru) 21,78 MPa naznačený na Obr. 3 čárkovanou vodorovnou čarou. Pro $n < 15$ je patrná nespojitost očekávaných charakteristických pevností stanovených podle EN 13791 [2]. Při snížení počtu zkoušek z $n = 15$ na $n = 14$ se charakteristická pevnost podle EN 13791 [2] zvýší v průměru o 3 MPa. Tento alarmující a nelogický nárůst pevnosti je způsobený nespojitostí charakteristických hodnot podle postupů A a B v EN 13791 [2], jak vyplývá ze vztahů (7) a (8) a z Tab. 2 (stupňovitá závislost součinitele k na počtu zkoušek n). Pro velmi malý počet zkoušek $n = 3, 4$ a 5 narůstá očekávaný rozdíl $E(\Delta f_{ck, is})$ až na téměř 8 MPa.

Obr. 3 také ukazuje, že pro $n > 4$ jsou charakteristické hodnoty podle předpovědní metody poněkud vyšší než hodnoty stanovené pokryvnou metodou s konfidencí 0,75 (viz např. dokumenty ISO 12491 [4] a ISO 3207 [15]). Konfidence předpovědní metody tedy pro

$n > 4$ klesá pod 0,75. Pokryvná metoda s konfidencí 0,90 vede k významně konzervativnějším odhadům. Poznamenejme, že konfidence 0,75 se doporučuje pro běžné stavby, zatímco konfidence 0,90 nebo 0,95 se často uvažuje pro významné stavby, jak uvádí článek [16].

6. Závěrečné poznámky

Při ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí se při odhadu charakteristické hodnoty pevnosti betonu obvykle uplatňují statistické metody. Nový dokument EN 13791 [2] uvádí postup odhadu charakteristické hodnoty pevnosti betonu v konstrukcích pro normální rozdělení za předpokladu apriorně neznámého variačního koeficientu. Tento postup se však liší od postupů doporučených v ČSN EN 1990 [1] pro navrhování konstrukcí z libovolného materiálu na základě zkoušek.

Numerická studie pro základní soubor s normálním rozdělením o průměru 30 MPa a směrodatné odchylce 5 MPa naznačuje, že charakteristické hodnoty stanovené podle EN 13791 [2] jsou významně větší než hodnoty stanovené podle zásad ČSN EN 1990 [1] (pro počet zkoušek mezi 6 až 14 o přibližně 3 MPa). S klesajícím počtem zkoušek roste rozdíl mezi oběma postupy až na 8 MPa. Postup doporučený v EN 13791 [2] vede navíc k nespojitým hodnotám charakteristických pevností v závislosti na počtu zkoušek.

Ukazuje se, že je nutné provést sjednocení postupů daných v EN 13791 [2] s postupy materiálů nezávislého dokumentu ČSN EN 1990 [1]. V případě hodnocení existujících konstrukcí se doporučuje použití postupů doporučených v ČSN EN 1990 [1].

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu Inovace metod hodnocení existujících stavebních konstrukcí CZ.04.3.07/4.2.01.1/0005 (www.konstrukce.cvut.cz) podporovaného Evropským sociálním fondem v ČR a státním rozpočtem ČR.

Literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, 2004.
- [2] EN 13791 Assessment of in-situ compressive strength in structures and precast concrete components. CEN, 2007.
- [3] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. ČNI, 2005.
- [4] ISO 12491 Statistical methods for durability control of building materials and components. ISO, 1997.
- [5] ISO 2394 General principles on reliability for structures. ISO, 1998. Zavedená v ČR jako ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí, ČNI, 2003
- [6] ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. ČNI, 2001.
- [7] Probabilistic Model Code. JCSS, 2001. <<http://www.jcss.ethz.ch/>>.
- [8] HOLICKÝ, M. et al. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. Nakladatelství ČVUT v Praze, listopad 2007. <<http://www.konstrukce.cvut.cz>>.
- [9] HOLICKÝ, M. – MARKOVÁ, J. Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. ČVUT v Praze, 2005.
- [10] GULVANESSIAN, H. – HOLICKÝ, M. Designers' Handbook to Eurocode 1. London: Thomas Telford, 1996.

- [11] VORLÍČEK, M. – HOLICKÝ, M. – ŠPAČKOVÁ, M. Pravděpodobnost a matematická statistika pro inženýry. ČVUT v Praze, 1984.
- [12] TAERWE, L. The Influence of Autocorrelation on OC-lines of Compliance Criteria for Concrete Strength. Materials and Structures, 1987, roč. 20, s. 418-427.
- [13] TAERWE, L. Serial Correlation in Concrete Strength Records. In Special Publication ACI SP-104, Lewis H. Tuthill International Symposium on Concrete and Concrete Construction. Detroit, 1987, s. 223-240.
- [14] WADSWORTH, H.M. (jr.). Handbook of statistical methods for engineers and scientists (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, 1998.
- [15] ISO 3207 Statistical interpretation of data – Determination of a statistical tolerance interval. ISO, 1975.
- [16] HOLICKÝ, M. – VORLÍČEK, M. Distribution Asymmetry in Structural Reliability. Acta Polytechnica, 1995, roč. 35, čís. 3, s. 75 - 85.

ZKOUŠKY VODOTĚSNOSTI STOK

Ing. Petr Herel, Ing. Pavel Šimunek

HEREL spol. s r.o., Jiráskova 27, 602 00 Brno
tel./fax: 602 508 932 / 545 233 171, e-mail: herel@herel.cz web: www.herel.cz

Anotace :

Přehled platných ČSN, které zaručují návrh a výstavbu vodotěsných stok s gravitačním průtokem. Seznámení s ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek. Všeobecné požadavky na provedení zkoušek. Způsoby zkoušení stok, přípojek a objektů – výběr vhodných metod a jejich zhodnocení. Porovnání zkoušek vodotěsnosti stok provedených metodou „L“ a „W“. Zkoušení malých objektů na stokách. Závěr a zkušenosti.

Přehled platných ČSN

V úvodu Vás seznámíme se v současné době platnými ČSN, které zaručují návrh a výstavbu vodotěsných stok s gravitačním průtokem :

ČSN 75 6101 Stokové sítě a kanalizační přípojky

ČSN EN 1610 (75 6114) Provádění stok a kanalizačních přípojek a jejich zkoušení

ČSN EN 12889 (75 6115) Bezvýkopové provádění stok a kanalizačních přípojek
a jejich zkoušení

ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek

ČSN 75 6909 Zkoušky vodotěsnosti stok a kanalizačních přípojek

Původní norma z ledna 1996 byla doplněna změnou v dubnu 1999. Od roku 2004 bylo nutné ji dát do souladu s EN 1610.

Na vyžádání HYDROPROJEKTU CZ a.s. jsme vypracovali na základě získaných zkušeností nové znění normy, do které jsme:

- uvedli způsoby zkoušení stok, přípojek a objektů
- zapracovali metodu „L“ zkoušení vzduchem
- doporučili volbu zkušebních přetlaků
- stanovili způsob zkoušení šachet vzduchem

Nová norma vyšla a nabyla účinnosti v říjnu 2004

Všeobecné požadavky na zkoušení stok a šachet

Zkouší se obvykle jednotlivé vyčištěné úseky mezi dvěma vstupními nebo revizními šachtami. Při zkoušce je třeba utěsnit konce zkoušeného úseku a všechny odbočky nebo již dokončené přípojky. Lze samozřejmě zkoušet rovněž úsek včetně přilehlé šachty. Rizikem je pak nejasnost původu případných netěsností.

Způsob zkoušení je nutné vždy volit efektivně. Z tohoto důvodu vždy vyhrává zkouška stok metodou „L“, tj. vzduchem.

Zkoušky se provádí pro přejímku po zásypu rýhy a odstranění pažení.

Zkouška vodou (metoda „W“)

Zkoušky vodou se provádí v současné době jen v omezeném rozsahu. Výsledek zkoušky vodou je rozhodující po neúspěšných zkouškách vzduchem a jsou tak mnohdy jedinou záchranou stavební organizace při převímce potrubí z betonových trub.

Zkouška vzduchem (metoda „L“)

Stoky se zkoušejí podle normou stanovených metod LA, LB, LC a LD. V normě je zpracována tabulka s doporučenými zkušebními přetlaky, které jsou zvoleny především z bezpečnostních důvodů.

Zkušební doba je závislá na druhu trubního materiálu – suché betonové trouby mají zkrácenou dobu zkoušky.

Jednotlivé metody LA až LD se liší výškou použitého zkušebního přetlaku – 1 až 20 kPa. Čím vyšší zkušební přetlak, tím kratší zkušební doba.

Všechny metody jsou však srovnatelné, takže se nelze dobrat lepšího výsledku zkoušky použitím nižšího zkušebního přetlaku.

Porovnání zkoušek vodou a vzduchem

Z vyhodnocení všech doposud provedených porovnávacích zkoušek obou metod zkoušek vodotěsnosti vyplývají tyto závěry:

- obě metody jsou vhodné pro všechny druhy materiálů stok
- pokud nevyjde zkouška vodotěsnosti vzduchem, nevyjde ani vodou (s výjimkou malého překročení povoleného poklesu u betonových trub)
- rychlost provádění zkoušek vodotěsnosti vzduchem je nesrovnatelně vyšší, než rychlost zkoušky provedené vodou
- místa úniku vzduchu jsou na nezasypaném úseku většinou lehce identifikovatelná
- pokud není možné identifikovat místa úniku vzduchu, jedná se ve většině případů o závažné chyby, které je možné nalézt speciálním postupem
- pokud jsou trouby z betonu kvalitní, lze na dobře položených úsecích dosáhnout i minimálního poklesu zkušební tlaku 0,1 – 0,3 kPa
- místy netěsností u betonových trub, kterými pronikne vzduch se protlačí i voda
- minimální průsaky vody u betonových trub se v průběhu naplnění úseku vodou po dobu minimálně 24 hodin dotěsní samy, což odpovídá ČSN 75 6909
- trubní materiály z plastů a dokonce ani trouby HOBAS v převážné většině nekázní zhotovitele mnohdy rovněž nevyhoví zkoušce vodotěsnosti stok

Zkouška jednotlivých spojů trubních stok

Po dohodě s odběratelem je možné u průlezných stok provést odzkoušení jednotlivých spojů osazením manžety na každý, nebo podezřelý spoj a ověřit tak jeho těsnost. Tato možnost je však víceméně teoretická a v Česku příliš nerozšířená.

Zkouška stok infiltrací

Pokud úroveň hladiny podzemní vody je nad nejvyšším bodem stoky, lze provést zkoušku infiltrací. Na tento způsob zkoušky je třeba dohodnout podmínky provedení. Doporučuje se provést takovýto způsob odzkoušení pouze v případech, kdy je potrubí prokazatelně pod hladinou vody a potrubím žádná voda neprotéká.

Zkoušení šachet infiltrací, vodou a vzduchem

ČSN 75 6909 nám umožňuje provést odzkoušení malých objektů na stokách – tzn. vstupních a revizních šachet :

- infiltrací – pokud jsou šachty pod hladinou spodní vody, nesmí do nich vnikat balastní voda
- vzduchem – pokud přechodová skruž umožňuje provést utěsnění vstupního otvoru, je mnohdy výhodné provést zkoušku metodou LB při zkušební době 7 min. pro šachty se vstupním komínem DN 1000 a 6 min. pro šachty se vstupním komínem DN 800
- vodou – tato zkouška je však poměrně zdoluhavá

Doporučujeme u celoprefabrikovaných objektů zůstat u zkoušky infiltrací, protože případné závady mnozí odběratelé jsou schopni reklamovat před uplynutím poměrně značně dlouhých záručních dob.

Závěr a zkušenosti

Doposud jsme provedli bezmála 1000 zkoušek vodou, cca 9 000 zkoušek vzduchem metodou „L“ a 250 zkoušek šachet nejen vodou, ale i převážně vzduchem.

Prakticky na každé stavbě se zjistí alespoň jeden netěsný úsek. Doporučujeme zkoušet na každé stavbě vždy první úseky bezprostředně po dokončení, aby nekvalitní zhotovitel nebo i trubní materiál byli včas odhaleni a mohli být zavčas vyměněni.

Získané zkušenosti jednoznačně dokazují potřebu zkoušet těsnost stok.

**KRITICKY K HODNOCENÍ PEVNOSTI V TAHU ZA OHYBU
PODLE ČSN EN 1170**

Ing. Josef Knězek, CSc¹, Ing. René Čechmánek¹, RNDr. Weil Khazal²,
Ing. Vladan Prachař², Romana Svobodová¹

- 1) Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno,
tel. 543 529 200, fax. 543 216 029, e-mail vustah@vustah.cz, [www: vustah.cz](http://www.vustah.cz)
- 2) Zkušební laboratoř kameniva a kompozitních materiálů, Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, tel. 543 529 200, fax. 543 216 029,
e-mail vustah@vustah.cz, [www: vustah.cz](http://www.vustah.cz)

Anotace

Hodnocení sklovláknobetonu vyráběného technologií premix parametrem pevnosti v tahu za ohybu podle norem řady ČSN EN 1170 je spojeno se sníženou spolehlivostí. Přidružené ukazatele charakterizující rozložení výztužných vláken v objemu výsledného kompozitu mají pochybnou vypovídací schopnost. Doporučuje se zdvojnásobení počtu zkušebních těles.

1. Úvod

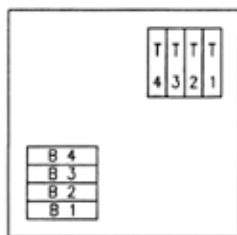
Zavedený soubor norem řady ČSN EN 1170 se v ČR dotýká zatím relativně malého segmentu stavebních produktů. Rozsah jejich užívání však vykazuje narůstající trend. Sklovláknobetonové (dále jen SVB) produkty si postupně nacházejí klientelu inovativních architektů a stavebních firem. Nastupující náročnější stavební aplikace se formálně opírají m.j. o výsledky hodnocení mechanických vlastností – jmenovitě pevnosti v tahu za ohybu podle metodiky v ČSN EN 1170-4 a -5.

SVB produkty jsou vyráběny zpravidla buď technologií nástřiku, kdy hmotnostní podíl vláknové výztuže zpravidla nepřekračuje 5% hmotnostní při délce vláken 36 mm, nebo mícháním mokré vláknové směsi (technologie zpravidla označovaná jako „premix“), kdy hmotnostní podíl vláknové výztuže zpravidla nepřekračuje 3% hmotnostní při délce vláken 12 mm. Tím je dán i rozdílný potenciál úrovně a využitelnosti mechanických vlastností SVB. Relativní jednoduchost technologie premix přitahuje pozornost výrobců při rostoucích snahách o uplatnění SVB při výrobě technicky stále náročnějších stavebních prvků a konstrukcí.

Koncepce norem řady ČSN EN 1170 zatím nedefinuje jednoznačně kvalitativní znaky SVB z pozic pravidel aplikovaných v souboru Eurokódů. Naproti tomu má zavedeny doplňkové ukazatele variability výrobního procesu SVB.

2. Hodnocení pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN EN 1170- 4 a -5.

Předepsaná velikost zkušebních těles a způsob jejich přípravy (obr.1) z kontrolní desky, podmínky uložení a způsob zatížení zkušebních



Obr.1.: Četnost a orientace zkušebních těles pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu podle ČSN EN 1170.

těles při stanovení pevnosti v tahu za ohybu jsou doplněny způsobem presentace v protokolu o zkoušce, kdy se uvádí :

- všechny zjištěné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu, označované jako T_1, T_2, T_3, T_4 a B_1, B_2, B_3 a B_4
- ukazatele variability výrobního procesu, které jsou v tomto pojednání označeny „Vč“ a „Rz“, kde

$$V\check{c} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}{B_1 + B_2 + B_3 + B_4}$$

je ukazatelem orientace vláken, normou označovaný jako „pracovník“ – tedy vyjadřující vliv lidského činitele,

$$Rz = \frac{T_1 + T_3 + B_1 + B_3}{T_2 + T_4 + B_2 + B_4}$$

je ukazatelem rovnoměrnosti rozložení vláken po tloušťce výrobků, normou označovaný jako „zařízení“, který může být ovlivněn jak organizací výrobního postupu, tak i lidským činitelem.

K vlastnímu vyhodnocování výsledků zkoušek se čl. 7. této normy uvádí, že hodnota mezního ohybového napětí je závislá na cílovém užití SVB výrobku a je třeba ji definovat při návrhu vhodného užití výrobku. Prakticky to tedy znamená, že návrh SVB produktu by měl být nejen konzultován s výrobcem, ale tento by měl doložit objektivní doklady-záruky za stabilitu jakostí jím produkováného SVB, jmenovitě mechanických vlastností. Výrobce průběžně kontroluje z mechanických vlastností pevnost v tahu za ohybu na kontrolních deskách, souběžně zhotovovaných s výrobou SVB produktů. Počet kontrolních desek není stanoven, obecně pro výrobu SVB požaduje ČSN EN 1169 z roku 2000 jednu kontrolní desku na každých 10 tun SVB a nebo nejméně jednu kontrolní desku za týden.

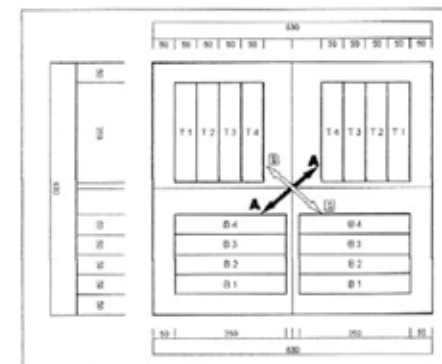
3. Výsledky hodnocení pevnosti v tahu SVB z výrobní kampaně technologií „premix“.

Součástí Výzkumného ústavu stavebních hmot v Brně je Útvar experimentálních provozů a výroby, kde jsou realizovány i kampaně výroby specializovaných stavebních materiálů a prvků, jmenovitě na bázi SVB. Vzhledem k přípravě výroby užitelsky náročnějších typů SVB-produktů bylo v rámci jedné běžné 13-týdenní kampaně výroby SVB prvků tech-

nologií „premix“ realizováno podrobnější šetření o parametrech pevnosti v tahu za ohybu. Dosavadní výrobní praxe byla charakterizována dobrou kvalitativní úroveň provozované technologie „premix“ – variační součinitel pevnosti v tahu za ohybu byl dlouhodobě v úrovni cca 15%.

Dosavadní naše dlouhodobé poznatky o variabilitě pevnosti v tahu za ohybu SVB však nabádají k pozornosti za situace, kdy má být s definovanou spolehlivostí vyhodnocena ve smyslu pravidel Eurokódů charakteristická hodnota pevnosti v tahu za ohybu pro stavebně náročnější typy stavebních prvků a konstrukcí.

Po zhodnocení stávajících poznatků byl při hodnocení 13-týdenní kampaně výroby SVB prvků zachován stávající systém přípravy zkušebních těles ze zkušebních desek s tím, že jejich počet byl zdvojnásoben, jak je ukázáno schématicky na obr.2.



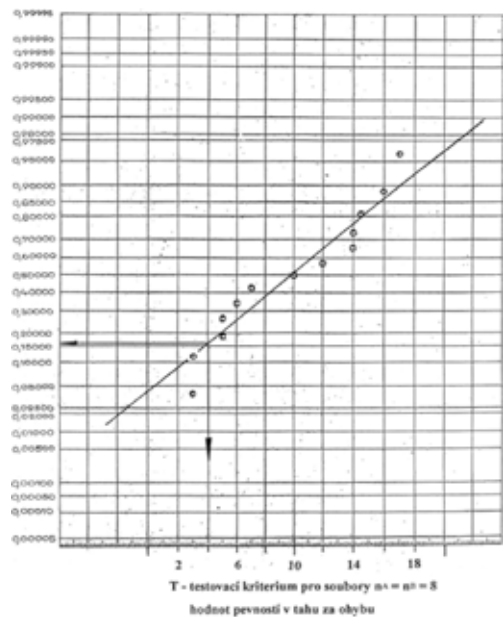
Obr.2.: Použitá četnost a orientace zkušebních těles pro stanovení pevnosti v tahu

3.1. Posouzení shody údajů pevností v tahu za ohybu zkušebních těles skupiny A a B.

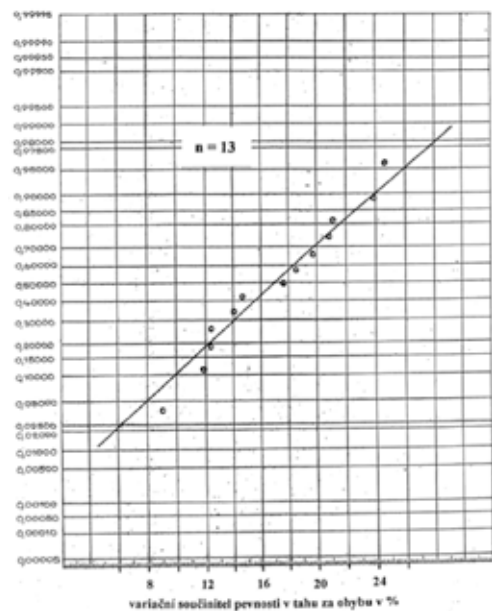
Získané výběry hodnot pevností v tahu za ohybu pro skupinu A a B z každé kontrolní desky byly testovány, zda odpovídají společnému základnímu souboru. Vzhledem k charakteru těchto výběrů byl aplikován Wilcoxonův test shody. Kritickou hodnotou pro $n_A = n_B = 8$ při úrovni spolehlivosti 95% je hodnota $T_{krit} = 4$. Z testování 13-ti kontrolních desek byly získány rovněž testovací hodnoty T , jejichž statistické rozložení je ukázáno na obr.3. Z výsledků šetření vyplývá, že cca 15% případů užití souběžných skupin zkušebních těles A a B bude provázáno faktem, že získané výběry pevností v tahu za ohybu skupin A a B se budou lišit statisticky významně. Výsledky zkoušek lze objektivizovat přechodem na hodnocení pevnosti v tahu za ohybu při sloučení zjištěných údajů skupin A a B.

3.2. Vyhodnocení pevnosti v tahu za ohybu a ukazatelů variability výrobního procesu.

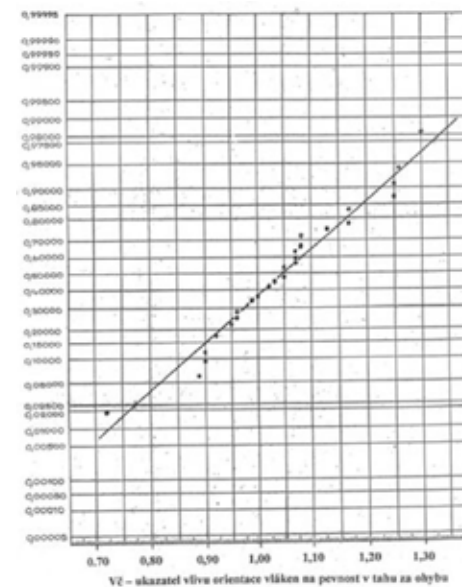
Základní informaci o kvalitativní úrovni 13-týdenní produkce poskytuje vyhodnocení údajů sloučených skupin. Následně vyhodnocené úrovně variačního součinitele pevnosti v tahu za ohybu kontrolních desek je ukázána na obr.4., a na obr.5. statistika ukazatele Vč, a na obr. 6. ukazatele Rz.



Obr.3: Vyhodnocení testů shody pevností v tahu za ohybu skupin A a B.



Obr.4: Statistické rozložení hodnot variačních součinitelů pevnosti v tahu za ohybu kontrolních desek.



Obr.5: Statistické rozložení hodnot ukazatelů Vc zjištěných na kontrolních deskách.



Obr.6: Statistické rozložení hodnot ukazatelů Rz zjištěných na kontrolních deskách

Zjištěné výsledky ukazují, že dosud běžně proklamovaná dobrá úroveň výroby SVB technologií „premix“ a deklarovaná variačním součinitelem pevnosti v tahu za ohybu v úrovni cca 15%, ve sledované 13-týdenní kampani je charakterizována střední hodnotou variačního součinitele 17% a je spojena při pravděpodobnosti 95% s nahodilým výskytem variability pevnosti v tahu za ohybu v úrovni i cca 26%.

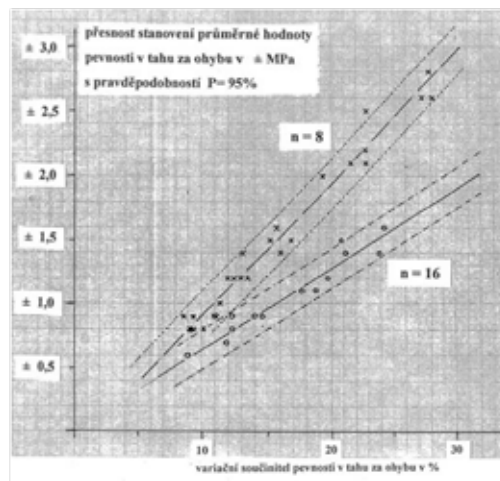
Vyhodnocování variability výroby ukazatelů Vč a Rz je problematické. Zjišťované údaje ukazatelů Vč a Rz nahodile kolísají ve velkém rozpětí (při pokrytí intervalu 95% výskytu se jedná o hranice cca 0,75 a 1,30, resp. 0,85 a 1,30) a lze je právem označit za technicky nevyužitelné pro ovlivňování chodu technologie výroby.

3.3. Přesnost stanovení průměrné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu.

Pomineme-li existující nešvar laborování s číselnými charakteristikami z výsledků měření bez vymezení úrovně platných čísel, zůstává otevřená otázka, s jakou přesností jsou vlastně vyhodnocovány průměrné hodnoty pevnosti v tahu za ohybu na kontrolních deskách.

Z výsledků realizovaných experimentů byly přesnosti průměrných hodnot vyčísleny a jsou ukázány na obr.7. v závislosti na úrovni odpovídajícího variačního součinitele. Skupina $n = 8$ odpovídá případu samostatně vyhodnocovaných skupin A a B zkušebních těles - tedy podmínkám ustanovení ČSN EN 1170, skupina $n=16$ odpovídá sloučeným skupinám A + B zkušebních těles.

Při obvyklé úrovni střední hodnoty pevnosti v tahu za ohybu cca 12 MPa a variačním součinitelem 15% je tato úroveň prokazována obvykle s přesností cca $\pm 1,5$ MPa, avšak s pravděpodobností $P = 95\%$ může být stanovena i s přesností cca $\pm 2,5$ MPa (při $v = 26\%$) . Připravovaná orientace na výrobu staticky náročnějších typů stavebních prvků ze SVB technologií „premix“ vyžaduje zvýšit počty zkušebních těles při kontrole kvality.



Obr.7: Zjištěná souvislost přesnosti stanovení průměrné hodnoty a variačního součinitele pevnosti v tahu za ohybu.

4. Závěr

Běžné technologie homogenizace mokrých SVB směsí typu premix vykazují přes svou jednoduchost významnou proměnlivost v uspořádání a orientaci užitých vláken ve výsledné struktuře SVB. Pevnost v tahu za ohybu zkušebních těles vykazuje tomu odpovídající variabilitu.

Stávající ČSN EN 1170 - 4 a - 5 posuzuje pevnost v tahu za ohybu na kontrolních deskách v definovaném režimu, kdy z 8 ks zkušebních těles jsou činěny závěry o kvalitě značného objemu produkce SVB. Při reálné pravděpodobnosti výskytu variability může být výsledná průměrná hodnota pevnosti v tahu za ohybu stanovena s nízkou přesností. Za podmínek ČSN EN 1170 má posuzování variability podle ukazatelů typu „Vč“ a „Rz“ jen formální charakter.

Zlepšení situace v hodnocení pevnosti v tahu za ohybu SVB na kontrolních deskách lze dosáhnout zvýšením počtu zkušebních těles připravených z jedné kontrolní desky, například v rozsahu a způsobem, jak je zde uvedeno.

Výrobce SVB stavebních prvků by měl mít povinnost dokladovat z údajů kontrolních desek jak jednotlivá zjištění na zkušebních tělesech, tak i střední a charakteristické hodnoty pevnosti v tahu za ohybu na hladině významnosti 0,05, respektující počet zkušebních těles.

Poděkování

Tento příspěvek byl zpracován za podpory výzkumného záměru MŠMT 1M06005 – CIVAK

MONITOROVÁNÍ VLHKOSTNÍHO OBSAHU VE ZDIVU POMOCÍ INFRAČERVENÉ TERMOGRAFIE

Ing. Ondřej Horký, Ing. Jiří Zach, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 95, 602 00, Brno
Tel. 541147516, e-mail: zach.j@fce.vutbr.cz
Web: www.fce.vutbr.cz/thd

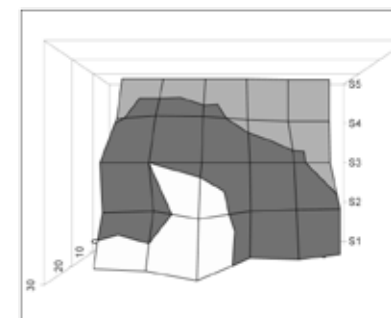
Anotace:

Vlhkost ve stavebních konstrukcích představuje velice negativní faktor, který degraduje fyzikální i mechanické vlastnosti stavebních materiálů, z nichž je konstrukce tvořena a významným způsobem i snižuje velmi často jejich životnost. Rychlé lokalizování stavu vlhkosti ve zdivu (rozložení vlhkosti ve zdivu a stanovení míry zavlhčení) je velmi složité. Aplikací stavení termografie je možné určit poměrně přesně a velmi rychle určit distribuci vlhkosti po ploše stavební konstrukce. Velkou výhodou je snadné vytvoření vlhkostní mapy a monitorování vlhkosti konstrukce v závislosti na čase.

1. Úvodem

Stanovení vlhkostního obsahu zdiva in-situ je v praxi poměrně složité. Obecně se používají destruktivní metody – jedná se o gravimetrickou a CM metodu – kdy se vlhkost zdiva stanovuje na vzorcích odebraných z konstrukce. Dále se používají metody nedestruktivní – jedná se především o odporovou, indukční a kapacitní metodu. V těchto případech je možné stanovit vlhkost poměrně rychle, jednoduše a s minimálním dopadem na porušení zkušební konstrukce (v případě odporové metody dochází k mírnému narušení povrchu konstrukce při použití vpichových sond). Nevýhodou těchto metod je jejich nižší přesnost, poměrně omezená oblast měření v okolí povrchu konstrukce a vliv salinity zdiva na výsledky měření.

Ve všech případech se však měření provádí bodově ve vybraných místech. Pokud si chceme udělat celkovou představu o distribuci vlhkosti ve zdivu, je nutné provádět měření ve více bodech, které jsou rovnoměrně rozmístěny po povrchu zdiva na základě výsledků měření sestrojít tzv. vlhkostní mapu.



Obr. 1: Vlhkostní mapa sestrojena na základě naměřených vlhkostí kapacitním vlhkoměrem

Pro sestrojení vlhkostní mapy v dostatečném rozlišení je však nutné provést relativně velké množství měření, což je poměrně velmi časově náročné. Vyšší rozlišení je nutné především v případě, že se v dané konstrukci monitoruje stav vlhkosti a změna její distribuce (např. při provádění sanačních opatření a odvlhčování konstrukce).

V zimním období, pokud je mezi vnitřním a vnějším prostředím dostatečný teplotní spád, je možné často pro sestrojení vlhkostní mapy požit analogie mezi teplotním a vlhkostním polem – použití infračervené termografie.

2. Vliv vlhkosti na hodnotu součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů

Efektivní hodnota součinitele tepelné vodivosti u stavebního materiálu úzce souvisí s jeho vlhkostním obsahem. Součinitel tepelné vodivosti λ [W·m⁻¹·K⁻¹] vlhkého materiálu je určen tepelnou vodivostí pevné matrice, tekutých fází, plynných fází a jejich množstvím, fázovými změnami a prostorovým uspořádáním fází. Součinitel tepelné vodivosti obecně roste se zvyšujícím se obsahem vlhkosti. Součinitel tepelné vodivosti suchého pórovitého materiálu lze zjednodušeně vyjádřit následujícím vztahem:

$$\lambda_{dry} = \lambda_{mat} \cdot (1 - P) + \lambda_{vzd} \cdot P$$

kde: λ_{dry} výsledný součinitel tepelné vodivosti suchého materiálu [W·m⁻¹·K⁻¹],
 λ_{mat} součinitel tepelné vodivosti hutného materiálu bez pórů [W·m⁻¹·K⁻¹]
 λ_{vzd} součinitel tepelné vodivosti vzduchu [W·m⁻¹·K⁻¹],
 P pórovitost [-].

V případě materiálu s obsahem vlhkosti, dochází k postupnému zaplňování vzduchových pórů vodou. Nárůst hodnoty součinitele tepelné vodivosti je v oblasti nízké (hygroskopické) vlhkosti strmější. V oblasti vyšší vlhkosti se obvykle intenzita nárůstu hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na přírůstku vlhkostního obsahu snižuje. Součinitel vlhkého materiálu lze zjednodušeně vyjádřit níže uvedenými vztahy.

V oblasti hygroskopické vlhkosti je $\lambda(w)$:

Vezmeme-li v úvahu tepelné mosty, které existují ve vzduchosuchém materiálu za normálních podmínek vlivem stálého zaplnění nejmenších pórů vlhkostí w_{min} (viz výše) a mezní hygroskopickou vlhkost materiálu w_{max} , obdržíme pro tepelnou vodivost materiálové kostry $\lambda_{mat}(w)$ [W·m⁻¹·K⁻¹] následující vztah:

$$\lambda_{(w)} = \lambda_{mat(w)} \cdot (1 - P) + \lambda_{vzd} \cdot (w - w_{min}) + \lambda_{vzd} \cdot (P - w)$$

přičemž:

$$\lambda_{mat(w)} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{mat}} + \frac{3\varepsilon \left(1 - \frac{w}{w_{min}}\right)}{\lambda_{vzd} (1 - P)}}$$

$$\lambda_{mat(w)} = \frac{1}{\frac{1}{\lambda_{mat}} + \frac{w - w_{min}}{\lambda_{vzd}} + \frac{w_{max} - w}{\lambda_{vzd}}}$$

$$\varepsilon = \frac{1 - 2\nu}{E_m V_m} \int_{p_c}^p \frac{w(p_c)}{w_{sat}}$$

kde: ν Poissonova konstanta [-]
 E_m modul pružnosti [Pa]
 p_c kapilární tlak [Pa]
 V_m objem matrice v objemu materiálu [-]
 w vlhkost materiálu [-]
 w_{sat} vlhkost materiálu při saturaci vlhkosti (nasyčení) [-]
 $\lambda_{mat(w,\varepsilon)}$ součinitel tepelné vodivosti materiálové kostry zohledňující objemové změny materiálu vlivem změny jeho vlhkostního obsahu [W·m⁻¹·K⁻¹]

Mimo oblast hygroskopické vlhkosti $\lambda(w)$:

Po dosažení maxima hygroskopické vlhkosti w_{max} dochází k zaplňování kapilárního systému vlhkostí a paralelní systém vyjádření tepelné vodivosti je modifikován vlivem klickatosti kapilárního systému nerovnoměrně zaplněného vlhkostí. Tento efekt lze kvantifikovat zavedením faktoru stejnoměrnosti R. Tento faktor může být určený na základě strukturálních parametrů pórového systému. Obecně platí následující závislost (Meng 1994):

$$R = P_{rel}^{FD}$$

kde: P_{rel} relativní pórovitost [-]
 FD faktor rozměrů pórového systému [-]

Faktor rozměrů pórového systému je definovaný (Meng 1994):

$$FD = \frac{\Delta \log P}{\Delta \log r}$$

V oblasti podobnosti f lze použít pro výpočet relace:

$$R_f = w_f^{FD}$$

Konečnou hodnotu součinitele tepelné vodivosti vlhkého materiálu $\lambda(w)$ [W·m⁻¹·K⁻¹] za oblastí hygroskopické vlhkosti lze vyjádřit:

$$\lambda_{(w)} = \lambda_{mat(w)} \cdot (1 - P) + \lambda_{vzd} \cdot \sum w_f R_f + \lambda_{vzd} \cdot (P - w)$$

kde: f počet uvažovaných pórových frakcí, w_f , R_f je autokorelační funkce vyjádření odchylky reálných pórů od paralelního uspořádání kapilár v ideálním modelu

3. Sestrojení vlhkostní mapy infračervené termografie

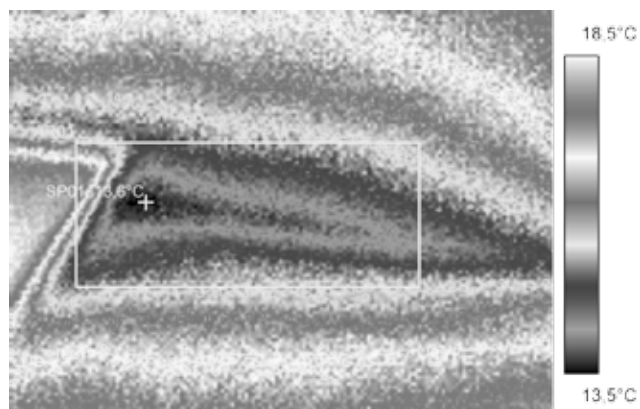
Při termovizním měření (stavební termografie) se vyhodnocuje dopadající záření v oblasti infračerveného spektra a získává se viditelná informace (tzv. termogram) o rozložení teplot na povrchu konstrukce. Převážná většina zobrazovacích systémů (zařízení) využívá jako signál k přenosu informací elektromagnetické vlnění v různých částech jeho spektra. Zařízení transformuje 3D scénu na obrazový tok, který je schopen vyvolat zrakový vjem.

Je-li daná konstrukce dostatečně homogenní, lze předpokládat, že rozložení teplotního pole po povrchu konstrukce by mělo být rovnoměrné s mírným poklesem teploty v koutech. Pokud na povrchu konstrukce lokalizujeme výrazné oblasti snížené povrchové teploty, můžeme předpokládat, že v těchto oblastech je vlhkost konstrukce zvýšená.



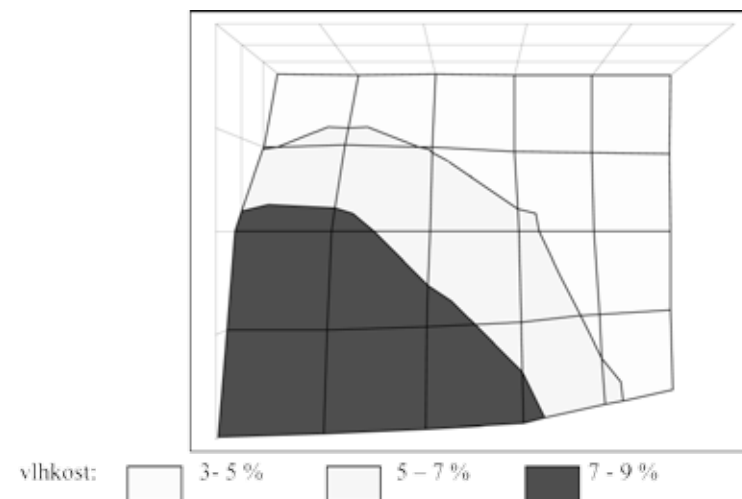
Obr. 1: Fotografie povrchu stavební konstrukce s vlhkostní mapou ve spodní části

Pomocí infračervené termografie lze rychle zjistit povrchové teploty a jejich distribuci po povrchu konstrukce. Jak je patrné z níže uvedeného obrázku, v okolí vlhkostní mapy dochází k poklesu povrchové teploty, což je dáno snížením tepelně izolační schopnosti obvodové konstrukce vlivem zvýšeného vlhkostního obsahu.



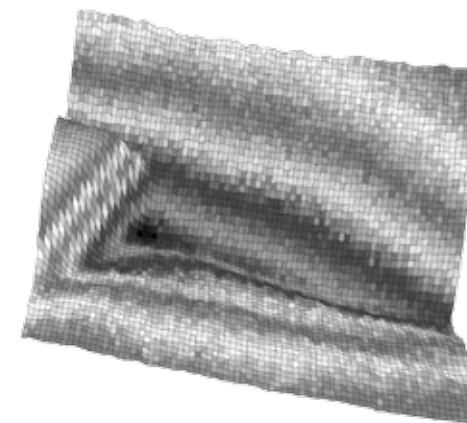
Obr. 2: Infračervený termografický snímek povrchu konstrukce s vlhkostní mapou (viz. obr. 1)

Na základě stanovení vlhkostí kontaktním vlhkoměrem byla vytvořena vlhkostní mapa inkriminovaného detailu stavební konstrukce, která je uvedena na obrázku níže.



Obr. 3: Vlhkostní mapa sestavená na základě měření kontaktním vlhkoměrem (detail. kce. viz. obr. 1)

Z infračerveného snímku rozložení teplotního pole v daném detailu konstrukce byla vytvořena 3D teplotní mapa, která je uvedena na obrázku níže.



Obr. 4: 3D infračervený termografický snímek povrchu konstrukce s vlhkostní mapou (viz. obr. 1)

Jak je patrné z obr. 3 a 4, kopíruje termografická mapa rozložení teplot mapu vlhkostní. Míra korelace teplotní a vlhkostní mapy je dána homogenitou konstrukce v inkriminovaných detailech.

4. Závěr

Jak je patrné z uvedeného případu, použití infračervené termografie je velmi rychlá a efektivní metoda při stanovení distribuce vlhkost ve stavební konstrukci. Její hlavní výhodou je mnohonásobně rychlejší informace o distribuci vlhkosti po ploše konstrukce ve srovnání s klasickými metodami. Tato metoda ve však použitelná pouze jako doplňková. Vždy je tedy nutné ověřit bodově výsledky stanovení vlhkosti klasickými metodami (viz. výše).

Hlavní oblast použitelnosti této metody je v prvotní diagnostice – hledání příčiny vzniku vlhkostních poruch, kdy je možné během relativně krátkého časového úseku monitorovat vlhkost v relativně velmi vysoké ploše stavební konstrukce.

Dále se jedná o oblast dlouhodobého monitorování vlhkostního stavu stavební konstrukce, které se většinou provádí při sanaci vlhkosti a rekonstrukcích. V těchto případech nás zajímá hranice vlhkostní mapy, která je často vizuálně špatně detekovatelná neboť při vysychání konstrukce dochází ke krystalizaci rozpustných solí ve zdivu, které tvoří na povrchu konstrukce barevné skvrny, které mohou být v některých případech matoucí a zavádějící. Zvýšená salinita povrchu zdiva také často znemožňuje použití některých nedestruktivních metod stanovení vlhkosti.

Infračervená termografie nabízí relativně jednoduchý a rychlý způsob stanovení distribuce vlhkosti ve stavební konstrukci. I když není použitelná ve všech případech, její využitelnost v oblasti diagnostiky poruch stavebních konstrukcích je velmi vysoká a lze předpokládat, že se její využití bude v budoucnu úspěšně rozvíjet.

This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, project No. 1M6840770001, within activities of the CIDEAS research centre and of the International Project INTAS 04-82-7055.

PRAVDA A LEŽ O JAKOSTI POVRCHŮ OCELOVÝCH PLECHŮ A METODIKA JEJICH ZKOUŠENÍ

Ing. Miloslava Pošvářová

Mott MacDonald Praha spol.s.r.o., Národní 15, 110 00 Praha 1
Tel. +420 602711720, +420221412800 fax: +420221412810
e-mail: miloslava.posvarova@mottmac.cz, web: www.mottmac.cz

Anotace:

Jakost povrchů ocelových plechů je předepsána v příslušné specifikaci na výrobek. Posuzování jakosti se provádí podle ČSN EN 10163-1 a ČSN EN 10163-2 pouhým okem, kontrola odstranění necelistvostí je možná nedestruktivními metodami PT (kapilární zkoušení), MT (zkoušení metodou magnetickou práškovou). Co lze zjistit za použití těchto metod na povrchu plechů ?

1. Popis problému

Na konci minulého století pobouřila rozsáhlou odbornou veřejnost informace o likvidaci tisíců tun nově vyrobených ocelových mostních konstrukcí. Příčina problému a podrobnosti celého případu však na veřejnost nepronikly. Protože jsem byla přímým účastníkem této akce, dovoluji si objasnit zásadní technické důvody tohoto aktu, včetně použitých nedestruktivních metod zkoušení povrchů plechů.

Přejímka plechů pro výrobu těchto mostních konstrukcí byla prováděna pověřeným pracovníkem objednatele ve válcovně, v souladu s ČSN EN 10163-1 a ČSN EN 10163-2 a to včetně okují na povrchu plechů.

Po ukončení výroby mostních dílců, při dílenské přejímce podle ČSN 73 2603 byly pouhým okem zjištěny na povrchu plechů necelistvosti (okuje byly před vstupem do výroby odstraněny otryskáním). Normy ČSN EN 10163-1 a ČSN EN 10163-2 rozlišují pod pojmem necelistvosti:

- nedokonalosti (povrchové necelistvosti jiné než trhliny, pleny, přeložky, definice hloubky a plošného rozsahu musí splňovat daná kritéria)
- vady (trhliny, pleny, přeložky a plošně a hloubkou rozsáhlé jiné vady, podle stanovených kritérií)

Zjištěné necelistvosti byly definovány jako šupiny (povrchové necelistvosti s nepravidelným výskytem, které jsou spojeny se základním materiálem), byly mechanicky odstraněny obroušením a po jejich odstranění byla předepsána kontrola magnetická prášková, fluorescenční.

Jedná se o metodu, kdy se na povrch ocelového plechu provede postřík speciálního detekčního roztoku s feromagnetickým práškem a fluorescenční látkou, povrch se zmagnetuje. V místě vady se prášek hromadí a vytváří ostře ohraničenou, zřetelnou stopu. Speciální UV lampou, kterou se povrch nasvítí, je potom možné vidět vady pouhým okem.

2. Co bylo zjištěno MT metodou a další nedestruktivní metody

Po provedené MT kontrole byly zjištěny rozsáhlé plošné vady plechů po celém povrchu mostních dílců, vady byly definovány na rozdíl od předchozí vizuální kontroly jako pleny

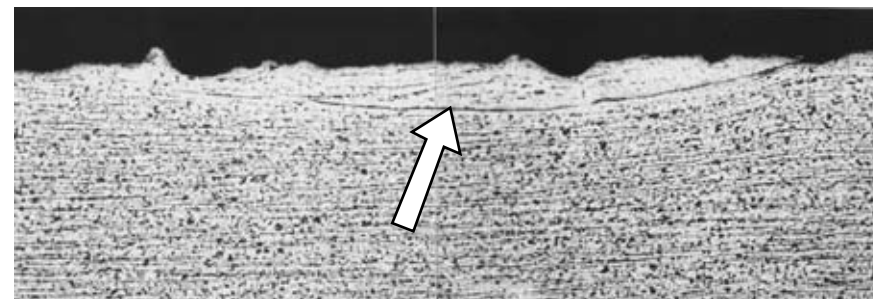
(nepravidelné necelistvosti, které nejsou spojeny se základním materiálem). Na koncích plen vystupovaly na povrch plechů již pouhým okem viditelné okraje vad. Zjištěný rozsah vad byl tak rozsáhlý, že objednatel požadoval provádění MT kontrol v rastrovém uspořádání, v pásových liniích po 200 mm. Vady byly označovány žlutou křídou. Rozsah vad typu plen je zřejmý na Obrázku 1.



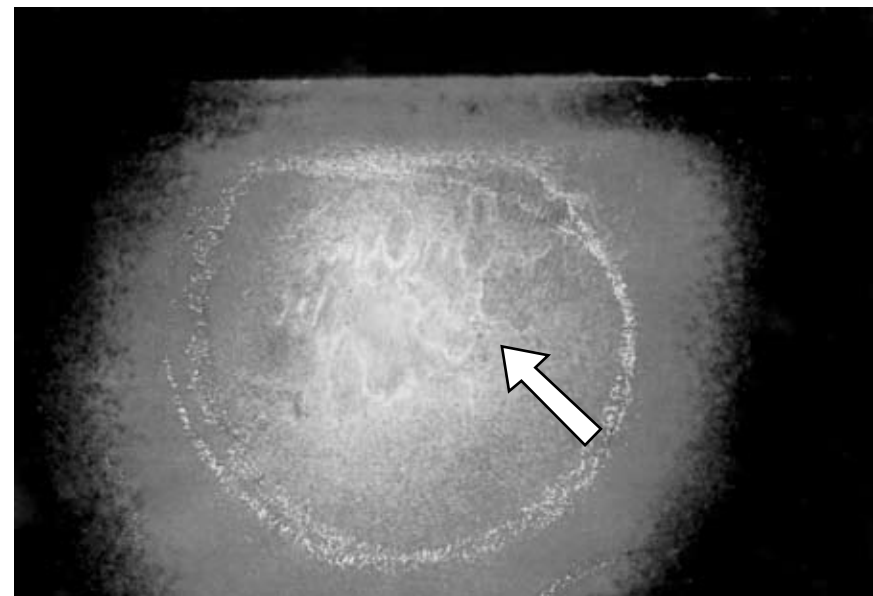
Obrázek 1 - Rastrové linie na dílcích, po 200 mm. Označené vady jsou v horní části obrázku po vybroušení.

Jak je z Obrázku 1 viditelné, jednalo se o tak vysokou četnost vad, že jeden mostní dílec, sestávající ze dvou stěn a dolní pásnice, délky 18 m se opravoval 14 dnů. Hloubka vad nepřesahovala přípustné omezení do 0,3 mm, bylo tedy možné opravy provádět. Na obrázku 1 je pohled na stěnu mostního dílce.

Pro analýzu zjištěných vad byla dále použita metalografie základního materiálu na výbrusu, kdy byly zjištěny pod vadou typu pleny okuje. Vada se tedy potvrdila i touto metodou. Hloubka vad byla potvrzena do 0,3 mm. Na Obrázku 2 je možno vidět metalografický výbrus řezu vadou, při zvětšení 50x. Povrchová vada je zřetelně oddělená okují v místě označení. Na pravé straně obrázku vystupuje vada na povrch plechu a může vytvářet zdání vady typu šupin. Na Obrázku 3 je potom vidět výsledek MT fluorescenční metody, vada typu plen je zřetelně ohraničená.



Obrázek 2 - Metalografický výbrus vadou. Vada je zřetelně oddělena, jedná se o 50x zvětšení. V místě výstupu vady na povrch – vpravo, se vada může jevit jako šupina.



Obrázek 3 - Vada zachycená MT fluorescenční metodou, není pouhým okem viditelná, okraje vady jsou zřejmé, UV lampa

Při provádění následující 100% kontroly povrchu plechů byla náhodně zjištěna a diagnostikována MT metodou další vada povrchu plechů, a to trhliny kolmé na směr válcování plechu. Trhliny měly délku cca 200 mm, šířku do 0,1 mm, hloubky do 0,3 mm. Trhliny jako takové jsou nepřijatelnou vadou, ale musí být viditelné pouhým okem. Tato vada nebyla pouhým okem viditelná. Vada byla posléze obroušena brusným papírem z povrchu o cca 0,05 mm a byla použita další nedestruktivní metoda, PT metoda. Metoda PT spočívá v nanesení kapilárně aktivní kapaliny, která pronikne do necelistvostí povrchu. Následně kapalina vztlíná do nanesené vývojky a vykreslí vadu. Podmínkou použití této metody je,

že vada musí na povrchu plechu končit, musí být otevřená, aby do ní mohla proniknout příslušná kapalina. Na rozdíl od metody MT, kdy u této metody není podmínkou, aby končila na povrchu plechu. Pro PT metodu byla použita metoda barevné indikace (červaná vada do bílé vývojky). Vada typu trhlin je na Obrázku 4, použitá metoda MT fluorescenční.



Obrázek 4 - Vada typu trhlin na povrchu plechu, zjištěná MT metodou, UV lampa

3. Závěr

Diagnostika jakosti může být v některých ohledech velmi obtížná. Jedná se o případy, kdy jsou výrobky již vyrobeny a jedná se o zpětné určení jakosti základního materiálu. V našem případě byly všechny podmínky objednatele splněny do okamžiku použití nedestruktivních metod zkoušení. Protože byly plechy bezprostředně po válcování otryskány a zabudovány, neměly možnost skladování za přístupu vzduchu a vlhkosti. Proto nedošlo ke tvorbě koroze, která by otevřela vady a pleny by od povrchu plechů odloučila.

Příčiny vad nebyly výrobcem plechů do dnešní doby objednateli sděleny a zůstávají jeho tajemstvím.....

Náklady na výrobu nových mostních dílců nesl v plném rozsahu výrobce ocelové konstrukce, protože nebylo v jeho časových ani finančních možnostech vady v celém rozsahu opravit.

Poznámka:

Autor článku se nedomnívá, že je to šťastný konec. Pro další případy doporučuje postupovat podle článku 4 ČSN EN 10163-1 a objednat si povrch pro přejímku plechů odkoujený.

ODOLNOST PROTI NÁRAZU CEMENTOTŘÍSKOVÉ DESKY CETRIS®

Ing. Miroslav Vacula

CIDEM Hranice a.s., divize CETRIS, Skláň 1088, Hranice I- Město, 753 40
Tel. 724 200 163, e-mail: vacula@cetris.cz, web: www.cetris.cz

Anotace:

Cementotřísková deska CETRIS® je deskový materiál na bázi dřeva, který se zařadil k výrobkům určeným pro technologie suché výstavby.

Desky CETRIS® se vyrábějí lisováním směsi dřevěných třísek, portlandského cementu a hydratačních přísad. Povrch desek je hladký, barvy cementově šedé.

Desky CETRIS® jsou určeny především jako konstrukční materiál v případech, kde je požadována současně odolnost proti vlhkosti, pevnost, nehořlavost, ekologická a hygienická nezávadnost. Desky CETRIS® neobsahují azbest ani formaldehydy, jsou odolné vůči hmyzu a působení plísni.

Vzhledem k širokému spektru použití cementotřískové desky CETRIS® (podlahy, zavěšené odvětrané fasády, systémy ztraceného bednění, opláštění stěn a podhledů, lehké konstrukční systémy...) jsou příslušné parametry (vlastnosti) desky CETRIS® ověřeny podle nejrozumnějších zkušebních metod a postupů. Zkouškám, které testují mechanickou odolnost proti nárazu desky CETRIS®, bude věnován následující text.

1. Odolnost proti nárazu výplně zábradlí balkónů

Cementotřísková deska CETRIS® se pro vysokou odolnost vůči povětrnostním vlivům, ohni a mechanickému porušení užívá jako obkladový prvek i v exteriéru. Kromě opláštění objektů je možné použít desku CETRIS® jako výplň zábradlí schodišť, balkónů, teras, lodžii apod.

Aby nedošlo při porušení těchto konstrukcí k újmě na zdraví, popřípadě hmotným škodám, je nutno tyto tenkostěnné a lehké konstrukce odzkoušet na zatížení rázem.

Této zkoušce byla úspěšně podrobena i deska CETRIS®. V plzeňské pobočce Technického a zkušebního ústavu stavebního v roce 2003 proběhlo testování výplně z desky CETRIS tl. 16 mm na zkušebním rámu dle ČSN 73 0035, ČSN 73 2035. Nosný rám byl vytvořen z ocelových profilů 40x40x4 mm, maximální vzdálenost podpor byla 625 mm (podrobně viz. schéma – příloha protokolu). Zatížení bylo zvoleno dle požadavku čl. 234 ČSN 73 0035 – ráz nepružným tělesem o hmotnosti 1 kg letící vodorovně rychlostí 17 m/s a ráz nepružným tělesem o hmotnosti 40 kg letící vodorovně rychlostí 2,5 m/s. Po průkazní zkoušce (třikrát opakované zatížení) nedošlo k porušení výplně, k poškození jejího uchycení v rámu ani ztrátě použitelnosti.

Při navrhování a provádění výplňových konstrukcí z desek CETRIS® tl. 16 mm platí stejné zásady jako pro fasádní aplikace :

- desky se kladou se spárou min. šířky 5 mm
- pro kotvení se užívají vruty s podložkou a těsnící gumou, deska má předvrtaný otvor (průměr předvrtání 8 mm pro desku o rozměru do 1600 mm, průměr předvrtání 10 mm pro desku o rozměru nad 1600 mm)
- poloha krajního vrutu od svislé hrany je 25 mm, od vodorovné hrany 50 mm
- maximální vzdálenost vrutů je 300 mm.



1. Zkouška odolnosti výplně zábradlí – těleso o hmotnosti 40 kg



2. Ukázka aplikace výplně zábradlí z desek CETRIS® Finish

2. Odolnosti proti nárazu – podhled ve sportovních prostorech

Zavěšené podhledové systémy opláštěné ze spodní strany cementotřískovou deskou CETRIS® nachází uplatnění díky vysoké požární odolnosti nejen jako požární podhledy pod dřevěnými nebo ocelovými stropy a střešními konstrukcemi.

Vzhledem k vysoké pevnosti a mechanické odolnosti desky CETRIS® nachází tyto podhledy uplatnění i ve sportovních halách. Ověření odolnosti podhledu vůči nárazu míčem do nedávné doby bylo velmi složité, tento problém byl vyřešen vydáním EN 13 964 Zavěšené podhledy. Tato harmonizovaná norma komplexně řeší posuzování nejen celého systému zavěšeného podhledu, ale i nosné konstrukce a výplně podhledu. Metodika zkoušení odolnosti zavěšeného podhledu je popsána v příloze D. Zkušební postup je určen pro podhledy do sportovních hal, všude tam, kde může dojít k nárazu míčem - pro košíkovou, kopanou, házenou, tenis, volejbal, náraz medicinbalem a podobně.

Zkouška je provedena pomocí vystřelovací pistole, která vystřelí míč (průměr 185 – 191 mm, hmotnost 425 – 475 gr) při různých rychlostech a směrech. Střely jsou rozděleny rovnoměrně na celou plochu zkušebního vzorku podhledu (půdorysný rozměr 3x3 m). Celkem je míč vystřelen 36x - přičemž 12x vertikálně a 12x v obou směrech pod úhlem 60° (úhel dopadu na plochu podhledu).

Podle velikosti nárazové rychlosti jsou stanoveny i třídy odolnosti podhledu :

Třída	Rychlost nárazu
1A	(16,5 ± 0,8) m/s
2A	(8,0 ± 0,5) m/s
3A	(4,0 ± 0,8) m/s

Výhodnocení je vizuální, provádí se průběžně. Nárazovou zkouškou nesmí být ovlivněna pevnost, funkčnost a bezpečnost zavěšeného podhledu.

Podhled vytvořený z jedné vrstvy desky CETRIS® tloušťky 12 mm (montované na rošt z CD profilů) byl testován na nejvyšší rychlost (téměř 60 km/hod) - vzhled nebyl nijak porušen, nevyskytl se ani žádný defekt - prasklina. Zkouška odolnosti podhledu proti rázu byla součástí rozsáhlé certifikace podhledové konstrukce podle již výše uvedené harmonizované evropské normy EN 13 964. Série provedených zkoušek byla ukončena v dubnu letošního roku vydáním ES certifikátu shody pro zavěšené protipožární podhledy opláštěné cementotřískovými deskami CETRIS® notifikovanou osobou FIRES Batizovce spol. s r.o.



3. Montáž nosné konstrukce rošt z CD profilů



4. Opláštění podhledu – cementotřísková deska CETRIS Basic tl. 12 mm



5. Zkouška odolnosti proti rázu – vystřel míče

3. Odolností opláštění výtahové šachty

Materiály tvořící opláštění výtahových šachet musí splňovat celou řadu podmínek :

- Použitý materiál musí být nehořlavý (cementotřísková deska CETRIS® je zařazena do stupně hořlavosti A, do třídy A2 s1, do dle reakce na oheň)
- Konstrukce v řadě případů musí vykazovat požární odolnost. V případě desky CETRIS® je odzkoušeno několik konstrukcí stěn (na ocelovém rámu) – mimojiné tzv. šachetní stěna (jednostranně opláštěná stěna CETRIS® 2x12 mm s požární odolností 30 minut).

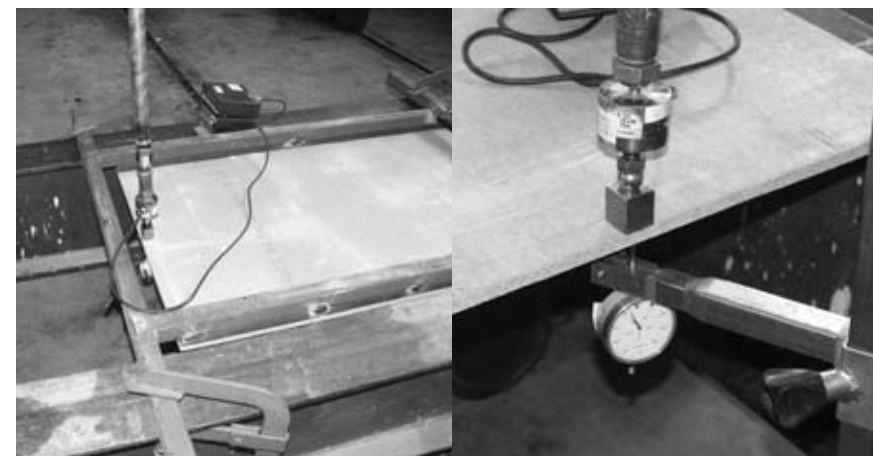
Novým evropským předpisem je ČSN EN 81-1 Bezpečnostní předpisy pro konstrukci a montáž výtahů - Část 1: Elektrické výtahy. V článku 5.3.1.1 Mechanické parametry je stabilita opláštění definována takto:

5.3.2. Pevnost stěn

Pro bezpečný provoz výtahu musí mít stěny šachty takovou mechanickou pevnost, aby při působení síly 300 N kolmo ke stěně z jedné nebo druhé strany v libovolném místě, rovnoměrně na kruhovou nebo čtvercovou plochu 5 cm² odolaly tomuto zatížení :

- bez trvalé deformace
- s pružnou deformací do 15 mm.

Tento parametr byl ověřen v Technickém a zkušebním ústavu stavebním Praha s.p., pobočka Plzeň. Pro zkoušku byla zvolena cementotřísková deska CETRIS® tl. 12 mm v jedné vrstvě, kotvená k ocelovému rámu. Osová vzdálenost podpůrných profilů byla 625 mm.



6 + 7. Foto ze zkoušky – působení zatížení (300 N) přes krychli (plocha 5 cm²) na nejneprůzračnějším místě – polovina rozpětí, zatížení z obou stran.

Při opakované zkoušce nedošlo ani v jednom z případů ke vzniku trvalé deformace nebo k překročení předepsané pružné deformace.

**STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU NA JÁDROVÝCH VÝVRTECH
– PRŮKAZNOST A REPRODUKOVATELNOST**

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.,
Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 07,
tel: 602 324 116, e-mail: dohnalek@sanacebetonu.cz
www.dohnalek.org.

Anotace:

Jádrové vývrty odebírané z betonových a železobetonových konstrukcí slouží nejen jako nástroj stavebnětechnického průzkumu, ale velmi často jsou používány i pro následné ověření kvality betonu v konstrukci. Příspěvek upozorňuje na řadu faktorů, které takto získané výsledky významně ovlivňují a snižují průkaznost a objektivnost výsledků ve srovnání se zkouškami standartních kontrolních krychlí.

1. Úvod

Jádrové vývrty jsou používány desítky let v diagnostice betonových a železobetonových konstrukcí. Pokroky v odvrtávací technice zjednodušily a zrychlily postup odběru a učinily tuto metodiku široce dostupnou.

Při diagnostice je největší předností jádrových vývrtů možnost posoudit na jejich plášti skladbu betonu, jeho hutnost, použité kamenivo i identifikovat případné defekty nebo degradační procesy.

Je přirozené, že pokud je vývrt k dispozici využije se i ke stanovení objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku či tahu.

Při interpretaci získaných tlakových pevností se obvykle zohlední velikost vývrtu, štíhlost i poměr maximálního zrna kameniva k minimálnímu rozměru vzorku (obvykle průměr vývrtu). Smyslem je získat informaci umožňující betonu zatřídit a porovnat tuto hodnotu např. z nedestruktivně stanovenou pevností.

Zcela jiná situace nastává, když jsou jádrové vývrty použity pro exaktní, přesné, objektivní stanovení betonu v konstrukci. Často se na základě těchto zkoušek rozhoduje o tom, zda beton splňuje kritéria projektem předepsané třídy a tak jedna desetina MPa může rozhodnout o tom, že celá konstrukce je prohlášena za nevyhovující se všemi z toho vyplývajícími právními a ekonomickými důsledky.

Kladu proto zainteresované odborné veřejnosti otázku: *Je u jádrového vývrtu z konstrukce a kontrolní krychle vyrobené a ošetřované v laboratoři splněna podmínka modelové podobnosti?*

Orientační rozbor této modelové podobnosti je proveden v následující tabulce:

	Krychle	Jádrový vývrt	Shoda
Hutnění	normové	Různorodé	převážně ne
Ošetřování	normové	Různorodé	převážně ne
Kvalita tlačných ploch	převážně ideální zejména u ocelových forem	různorodá, převážně závislá na kvalitě zařiznutí a koncování	velmi často ne
Kvalita povrchu tělesa	uzavřený povrch tvořený vrstvou cementového melu	řezná plocha s odkrytými styčnými sparami mezi maticí a kamenivem	ne
Poměr max. zrna k minimálnímu rozměru tělesa	většinou cca 1:6	1:3 ϕ 70mm 1:4 ϕ 100mm 1:6 ϕ 150mm	pouze u vývrtu ϕ 150mm
Přítomnost výztuže	ne	občas ano	často ne

Z tabulky vyplývá, že modelová podobnost je u většiny parametrů neuspokojivá. Nelze proto čekat ani předpokládanou shodu výsledků. V dalším textu proto uvádím podrobnější rozbor jednotlivých faktorů.

2. Faktory ovlivňující stanovení pevnosti betonu v tlaku na standardních kontrolních laboratorních tělesech a na tělesech vyjmutých z betonové konstrukce

Při porovnávání jakýchkoliv dějů včetně zkušebních postupů a jejich výsledků musí být velmi pečlivě sledována podobnost okrajových podmínek, které zjištěné výsledky ovlivňují či podmiňují. Není jisté bez důvodu, že prakticky každá zkušební norma velice exaktně definuje rozměry a způsob přípravy zkušebních těles, jejich uložení, jejich geometrickou přesnost, rovinnosti povrchu i veškeré faktory ovlivňující vlastní provedení zkoušky. Pokud se některé tyto parametry odchylují, nemůžeme očekávat, že zjištěné výsledky budou identické.

Proto je třeba uvést a stručně popsat alespoň základní parametry, které nejvýznamnějším způsobem ovlivňují výsledek zkoušek pevnosti betonu v tlaku. Jedná se zejména o:

1. **Geometrii zkušebního tělesa, jeho velikost a štíhlost.** Je evidentní, že pevnost v tlaku, stanovená na krychli, válci resp. hranolu, bude mít různou hodnotu, a to především s ohledem na štíhlost tělesa. Proto se také výsledky pevnosti v tlaku, stanovené na tělesech s různou štíhlostí přepočítávají, avšak tento převod má výrazně statistický charakter a může tedy být zcela přirozeným zdrojem odchylek. Dalším nepochybným faktorem je velikost zkušebního tělesa. Byly provedeny desítky experimentálních prací, které např. porovnávaly výsledky zkoušek pevnosti v tlaku na krychlích s délkou hrany 5 až 40 cm. Je evidentní,

že zjištěné výsledky se výrazně lišily. Při změně základního rozměru zkušebních krychlí z délky hrany 200 na 150 mm byla tato okolnost podrobena mimořádně pečlivému zkoumání a bylo prokázáno, že krychle s délkou hrany 150 mm mají cca o 5 % vyšší pevnosti než krychle s hranou 200 mm. Z toho tedy jednoznačně vyplývá, že pokud tělesa nejsou identických rozměrů, nelze na nich stanovené výsledky pevnosti betonu v tlaku bez jisté nejistoty porovnávat.

2. Dalším významným faktorem je **poměr velikosti maximálního zrna kameniva v betonu k velikosti zkušebního tělesa.** V platné ČSN EN 12504-1 „Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrtý – odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku“ se uvádí, že pokud tento poměr je větší než 1 : 3, má to značný vliv na zjištěnou pevnost. Je samozřejmé, že k tomuto jevu nedochází skokově, ale při jakýchkoliv změnách tohoto poměru se zjištěné pevnosti více či méně odlišují. Za korektní a modelově podobné by tedy bylo možné považovat pouze taková tělesa, jejichž nejmenší rozměr je identický. V případě porovnávání standardních zkušebních krychlí o hraně 150 mm by z toho vyplývalo, že je možné výsledky porovnávat pouze s jádrovými vývrtky o průměru 150 mm.

3. Dalším významným faktorem je **stav povrchu zkušebního tělesa.** V případě těles betonovaných do ocelových, případně plastových forem je povrch tělesa po odformování uzavřen s výjimkou drobných vzduchových pórů, zatímco v případě řezaných či vrtaných těles jsou na jejich površích odhaleny veškeré kontaktní spáry mezi cementovou resp. maltovou maticí a zrnem kameniva i veškeré póry. Z obecné teorie vyplývá, že jakékoliv vruby na povrchu zkoušeného tělesa ovlivňují šíření mikrotrhlin při jeho porušování a mohou tedy snižovat výslednou hodnotu pevnosti. Extrémním příkladem tohoto jevu je porušení povrchu skla vrypem, čímž se dosáhne výrazného snížení pevnostních charakteristik. Pokud tedy zkusíme betonovaná a řezaná resp. vrtaná zkušební tělesa, není porovnání zcela korektní.

4. Výrazně ovlivňuje zjištěnou hodnotu pevnosti betonu **vztah směru působící síly při zkoušce pevnosti v tlaku a směru hutnění.** Standardní kontrolní tělesa vždy zkusíme kolmo na směr hutnění, zatímco při odběru těles z reálné konstrukce se tyto směry mohou významně lišit. Z řady rozsáhlých experimentálních prací vyplývá, že rozdíl v tomto případě se může pohybovat v rozmezí 5 až 10 %.

5. Při zkoušce pevnosti v tlaku je mimořádně důležitá **rovinnost tlačných ploch.** V případě těles vyrobených v kvalitních ocelových formách, je frézovaný povrch stěny formy zárukou rovného a kvalitního povrchu. Přesto je tento parametr velmi přesně definován v ČSN EN 12390-1 v čl. 4.2.3.3, kde se konstatuje „dovolená odchylka rovinnosti předpokládaných zatěžovaných ploch je $\pm 0,0006 d$, v mm, přičemž d je hrana zkušební krychle. Z toho vyplývá, že rozdíl v rovinnosti může být maximálně 0,09 mm, tedy 90 μ m.

Při zařezávání čel jádrových vývrtů na diamantové okružní pile dochází, pokud je kotouč vtlačován do řezu větší silou, k jeho vybočování a řezná plocha má mírně konkávní charakter, který je sice prostým okem obtížně postřehnutelný, avšak rozhodně nesplňuje výše citované kritérium. Proto pokud nejsou tlačné plochy jádrových vývrtů koncovány speciálním postupem (např. ČSN 73 1329), mohou na nich získané výsledky pevnosti betonu v tlaku být výrazně podhodnoceny.

6. Mimořádně významně ovlivňuje pevnost betonu v tlaku i **vlhkost zkušebních těles** v době zkoušky. Rozdíl pevnosti v tlaku mezi vysušeným a naopak vodou zcela saturovaným zkušebním tělesem, může dosahovat 15 až 20 %. Zatímco v ČSN EN 12 390-2 „Zkoušení zatvrdělého betonu – Část 2 Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti“, je způsob ošetřování zkušebních těles přesně reglementován v citované ČSN EN 12 504-1, která se týká zkoušení jádrových vývrtů, tato okolnost reglementována není, pouze se konstatuje „zaznamenají se podmínky uložení těles“.

Z uvedených, velmi stručně charakterizovaných faktorů zřetelně vyplývá, že postupy používané při laboratorním stanovování pevnosti betonu v tlaku na kontrolních tělesech, se v mnoha ohledech výrazně odlišují od běžného postupu, kdy jsou z konstrukce odebrány jádrové vývrty a na nich následně stanovena pevnost v tlaku. Proto je zcela přirozené, že poměr těchto hodnot není a ani nemůže být identický. S ohledem na složitou heterogenní strukturu betonu je možné hledat odpověď na otázku jaký je tento poměr pouze v realizaci rozsáhlých experimentálních programů.

3. Poměr kontrolních zkoušek betonu a pevnosti stanovené na tělesech vyjmutých z konstrukce

Z mnoha desítek či spíše stovek prací, které byly tomuto tématu věnovány, si dovolím upozornit na starší americkou práci /1/, která porovnává výsledky na vybetonovaných válcích, uložených in situ, jednak na laboratorních, standardně ošetřovaných válcích a vývrtech z konstrukce a dále pak porovnání výsledků na standardně betonovaných válcích, avšak uložených in situ s jádrovými vývrty.

Z provedeného programu vyplývá, že při porovnání standardních, laboratorně ošetřovaných válců s různě ošetřovanými jádrovými vývrty, dosahovaly záporné rozdíly až 40 %. V případě porovnávání laboratorních válců, avšak uložených v prostředí stavby s jádrovými vývrty, pohybovaly se záporné rozdíly v závislosti na ošetření válcových těles v intervalu od 10 do 21 %.

Dalším citovaným programem podobného typu je německá práce /2/. Z ní vyplývá, že vztah pevnosti betonu v tlaku, stanovené na kontrolních krychlich a pevnosti stanovené v stavebním díle má statistický charakter se spodní toleranční mezí:

$$f_{stavba} \geq 0,85 f_{ck}$$

Z obou citovaných prací tedy vyplývá, že vztah pevnosti betonu, stanovené na kontrolních laboratorních tělesech a vztah pevnosti betonu v konstrukci pomocí jádrových vývrtů není jednoznačný, v žádném případě identický. Jedná se o vztah výrazně statistický, kdy v převážné míře pevnosti betonu, zjištěné v konstrukci prostřednictvím jádrových vývrtů jsou významně nižší než pevnosti stanovené na kontrolních laboratorních tělesech. Za korektní spodní toleranční mez tohoto statistického vztahu lze považovat citovaný vztah, který konstatuje, že poměr pevnosti betonu ve stavební konstrukci k charakteristické tlakové pevnosti, stanovené na kontrolním zkušebním tělese je 0,85, tj. hodnota pevnosti betonu v konstrukci je resp. může v limitě být až o 15 % nižší.

4. Závěr

Z provedeného stručného rozboru vyplývá, že stanovením pevnosti betonu na kontrolních laboratorních zkušebních tělesech a na tělesech vyjmutých z reálné konstrukce a to především odběrem jádrových vývrtů, nemůže být dosaženo identických výsledků. Většina faktorů, které ovlivňují výsledky zkoušek přispívají ke snížení pevnosti betonu v tlaku na tělesech vyjmutých z konstrukce.

Jednoznačnou oporu neposkytují ani platné normy (ČSN EN 206 – 1, ČSN EN 1990, EN 13791, ČSN 73 2011). Podle těchto postupů dospějeme k různým výsledkům i když použijeme zcela shodná vstupní data (výsledky zkoušek např. jádrových vývrtů).....

Pokud je zkušebník “donucen” okolnostmi hodnotit „objektivně“ beton v konstrukci na základě jádrových vývrtů, měl by přinejmenším dodržet tyto zásady:

- stáří betonu v době zkoušek by mělo být větší než 3 měsíce,
- měl by být vždy použit vývrt o průměru 150mm,
- koncování těles by měla být věnována maximální pozornost(viz.např. ČSN 731329),
- vývrt by neměl obsahovat výztuž.

Praktici jistě namítnou, že v běžné konstrukci vývrt o průměru 150 mm bez výztuže nelze odebrat, ano, mají pravdu. Stejně tak ale nelze vydávat stanovené pevnosti tlaku na krychli a vývrtu za identické.

Literatura

- /1/ D.L. BLOEM: Concrete Strength in Structures. ACI Journal , March 1968, s. 176-187.
- /2/ W. MANNS – K. ZEUS: Die nachtragliche Bestimmung der Betondruckfestigkeit. Betowerk + Fertigteil-Technik, č.8, 1977, s.410-417.

METODY MĚŘENÍ OBJEMOVÝCH ZMĚN CEMENTOVÝCH MALT A BETONŮ

Ing. Petr Tůma, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Tel. 724 080 924, e-mail: tuma@klok.cvut.cz

Web: www.cvut.cz

Anotace**Úvod**

Materiály na bázi cementu, tj. betony a nejrůznější maltoviny, jsou dnes pravděpodobně nejrozšířenějšími stavebními materiály. Při jejich použití je třeba vycházet ze znalostí jejich vlastností a vývoje těchto vlastností v čase, případně, pokud jsou tyto vlastnosti v rozporu s potřebami stavby, je třeba přijmout vhodné opatření, a to buď konstrukčního rázu (změnit konstrukci tak, aby vlastnosti nebyly v rozporu s požadavky), nebo ovlivnit vlastnosti materiálu tak, aby odpovídal požadovanému použití.

Jednou z vlastností, o kterých je z tohoto hlediska třeba vážně uvažovat, jsou objemové změny. Ty mohou být způsobeny jak silovým namáháním konstrukce, tak mohou být nezávislé na vnějším zatížení, způsobené např. teplotními změnami, vlhkostními změnami či vlastním zráním materiálu (probíhající hydratační reakcí cementu a vody). Příspěvek popisuje čtyři metody měření objemových změn způsobených posledními dvěma vlivy, tj. změnami vlhkosti a vlastním zráním směsi.

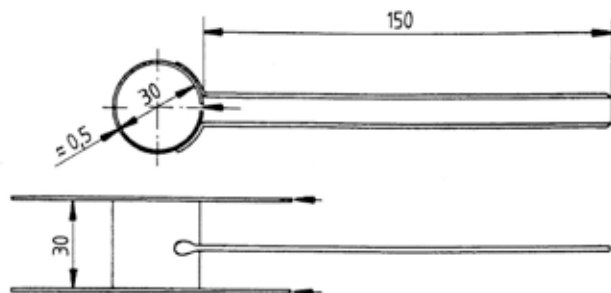
Vlhkostní objemové změny (smršťování či nabývání) jsou ovlivněny několika faktory. Nejvýznamnějšími jsou na jedné straně kapilární jevy, tj. velikost a směr kapilárních sil a na druhé straně vlhkost okolního prostředí v kombinaci s propustností vnitřního prostředí betonu, tedy skutečnost zda a jak rychle zkoumaný element vysychá, či naopak přijímá vlhkost z okolí. Smršťování, které nastává v případě, že materiál vysychá, nebo nabývání při opačném směru transportu vlhkosti, probíhá tak dlouho, než dojde k vytvoření rovnováhy mezi vlhkostí cementového kamene a vlhkostí okolního prostředí.

Při posuzování vlhkostních objemových změn je třeba rozlišovat mezi objemovou změnou vyzrálého materiálu, která je vratná a objemovou změnou mladého, teprve tvrdnoucího betonu, která je nevratná.

Hydratační objemové změny jsou vyvolány chemickou reakcí cementu s vodou (hydratací). Hydratační produkty systému portlandský cement + voda mají objem významně menší než je objem výchozích složek. Například Hošek uvádí, že při úplné hydrataci 100 gramů portlandského cementu a 25 gramů vody se celkový objem systému zmenší cca o 6 ml [3]. Přidáním dalších vhodných přísad k tomuto systému lze hydratační proces změnit tak, že dochází k formování jiných hydratačních produktů (například ettringitu), které mají naopak objem větší než výchozí složky. Intenzita této objemové změny je úzce svázána s procesem hydratace a její velikost je závislá na stupni hydratace výchozích složek.

Metoda Le Chatelierových objímek

Tato metoda vychází z postupu popsaného v ČSN EN 196-3 Metody zkoušení cementu. Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti [4].



Obr. 1: Le Chatelierova objímka [4], rozměry v mm

Ihned po naplnění objímek směsí se změří vzdálenost jejich hrotů. Poté se objímka uloží do zvoleného prostředí a po zvolené době expozice se opět změří vzdálenost hrotů.

Tato metoda umožňuje sledovat expanzi směsí na relativně malém vzorku a poměrně rychle. Neumožňuje však sledovat smršťování směsí. Nevýhodou je rovněž menší přesnost a tedy nižší vypovídací hodnota výsledků. Metodu lze tedy využít pro hrubší srovnání většího množství směsí s ohledem na jejich nabývání, zejména ve vlhkém prostředí. Směsí musí být jemnozrné, protože objímky jsou relativně malé.

Metoda ponorného vážení

Měření objemu metodou ponorného vážení vychází z Archimédova zákona. Ten stanoví, že na těleso, které je ponořené do kapaliny působí směrem vzhůru síla, která se rovná tíze kapaliny o stejném objemu jaký zaujímá ponořené těleso. To znamená, že při změně objemu ponořeného tělesa dojde ke změně velikosti vztlaku, který na něj působí. Pokud „zvážíme“ těleso, které je současně ponořené pod hladinou kapaliny je hodnota, kterou váhy ukazují rozdílem mezi skutečnou hmotností ponořeného tělesa a vztlakem vyjádřeným v hmotnostních jednotkách. Pokud současně známe hustotu kapaliny a skutečnou hmotnost tělesa můžeme vypočítat jeho objem podle následujícího vzorce.

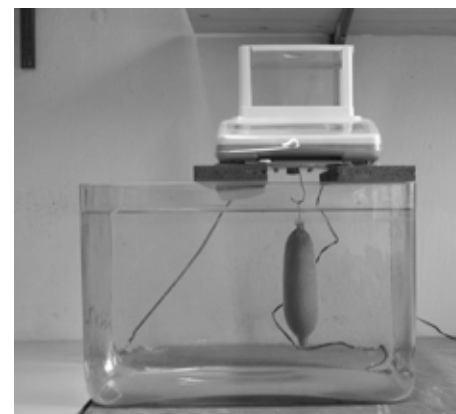
$$V = \frac{m - v}{\rho_k}$$

V – objem vzorku

m – hmotnost vzorku (zjištěná na vzduchu)

v – hodnota registrovaná na váze při „vážení“ ponořeného vzorku

ρ_k – hustota kapaliny, ve které je vzorek uložen



Obr. 2: Sledování objemových změn metodou vážení pod vodou

Přístrojové vybavení pro tuto metodu je tvořeno nádrží na kapalinu, přesnými váhami se spodním závěsem, které jsou umístěny nad nádrží (viz obr. 2) a teplotměrem po měření teploty kapaliny. Nezbytné je, aby váhy umožňovaly automaticky zaznamenávat hodnotu indikovanou na vahách, případně toto zaznamenávání bylo realizováno propojením vah s PC.

Při zkoušce je směs ihned po zamíchání vložena do pružného a těsného sáčku a výsledné těleso je zváženo tzv. na suchu a zavěšeno na spodní závěs vah tak, aby bylo celé ponořeno pod hladinou kapaliny. Následně jsou zaznamenávány hodnoty zobrazované na váze, tj. rozdíl hmotností vzorku a vztlaku.

Velkou výhodou metody je možnost zahájení měření již těsně po zamíchání směsí. Nevýhody metody popisují např. Jensen a Hansen v [2]. Jedná se zejména o problém zabezpečení kontaktu mezi směsí a latexovým sáčkem. Tento kontakt může být přerušen vodou odloučenou ze směsi, nebo vzduchovými bublinami vzniklými při ukládání. Během hydratace je pak tato voda, nebo vzduch, nasáta do cementové pasty jako následek tvorby vnitřních pórů způsobené chemickým smrštěním. Protože je objem latexového sáčku kombinací objemu cementové pasty a objemu odloučené vody a vzduchových pórů může objemová změna způsobující tvorbu vnitřních pórů být měřena jako změna vnějších rozměrů.

Pro porovnání výsledků ponorného vážení s výsledky dilatometrického měření je třeba výsledky ponorného vážení převést z objemové změny na délkovou změnu. Při aproximaci zkušebního tělesa geometrickým tělesem lze délkovou změnu vypočítat pomocí níže uvedeného vzorce. Při měřeních obvykle zcela postačuje jednoduchý převod, kdy délková změna je 1/3 objemové změny.

$$\varepsilon_l = \sqrt[3]{\frac{V_1 + \Delta V}{V_1}} - 1 \approx \frac{1}{3} \varepsilon_V$$

ε_l - relativní délková změna

ε_V - relativní objemová změna

V_1 – počáteční objem vzorku

ΔV – změna objemu vzorku

Dilatometrická metoda

Měření dilatometrickou metodou se provádí podle normy ČSN 72 2453 [5], a to na zkušebních tělesech - hranolech o rozměrech 40 x 40 x 160 mm. Čela vzorků jsou již při výrobě opatřena dotykovými hroty nebo po odbednění osazena speciálními dotykovými ploškami

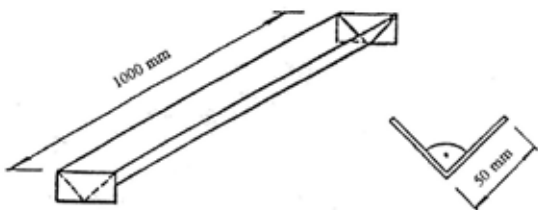
a vzorky jsou co nejdříve osazeny do měřicího stendu (stojánku), na který je upevněn přesný mechanický nebo digitální úchylkoměr tzv. „tisícinové“ hodinky (viz obr. 3). Při měření je třeba korigovat teplotní délkové změny pomocí měření etalonu.

Metoda umožňuje určit podélnou deformaci vzorku v jeho ose během tvrdnutí. Vzhledem k tomu, že toto dotykové měření lze začít nejdříve v době, kdy vzorek má již určitou pevnost a je s ním možné manipulovat, dochází k zanedbání části délkové změny, která proběhla již před zahájením měření. Výhodou je naopak možnost libovolné volby prostředí, ve kterém je vzorek uložen. Metodu lze zároveň velmi snadno modifikovat pro měření objemových změn hrubších materiálů na větších tělesech.

Stanovení sklonu k tvorbě trhlin při vázaném smršťování

Vázaným smrštěním rozumíme takové objemové změny na tělese, které je fixováno k podložce nebo jinému okolnímu prvku, která mu neumožňuje volně dilatovat. Za tohoto uspořádání není cílem zkoušky kvantitativně popsat přímo velikost smrštění. Měřeným parametrem je vznik trhlin, a to jak jejich počet, tak i jejich šířka. Popisovaný postup byl vyvinut zejména v souvislosti s hodnocením tzv. správkových malt [1], které jsou aplikovány na starší betonové, z hlediska objemových změn zcela intaktní podklady, a právě míra objemových změn reprofilační malty rozhoduje jednak o soudržnosti obou vrstev, tak i o případném vzniku trhlin.

Při zkoušce se posuzovaná malta (beton) ihned po přípravě naplní do speciální formy (korýtky) trojúhelníkového průřezu (viz obr. 4). Vnitřní povrch ocelové formy musí být zdrsněn tak, aby se malta přichytila k formě. Povrch tedy na rozdíl od jiných ocelových forem, používaných pro výrobu betonových těles, nesmí být ošetřen žádnou povrchovou úpravou, která by snižovala adhezi mezi směsí a formou. Takto zhotovený zkušební vzorek se jednou denně vizuálně



Obr. 4: Forma pro stanovení sklonu k tvorbě trhlin při vázaném smršťování [1]



Obr. 3: Dilatometrické měření

kontroluje a zaznamenávají se případně nově vzniklé trhliny. Po sedmi dnech od zaformování se zkouška ukončí a dojde-li ke vzniku trhlin, zaměří se pomocí lupy s přesným měřítkem jejich šířka. Hlavními sledovanými hodnotami při zkoušce odolnosti vůči tvorbě smršťovacích trhlin jsou celková šířka trhlin a jejich počet. Pozitivní je, že takto uspořádaná zkouška zahrnuje ve svém výsledku i počáteční smrštění.

Závěr

Objemové změny, respektive smršťování jsou vlastností, která velmi často rozhoduje o vzniku poruch v konstrukci, nebo její části. Přitom se v praxi velmi často pracuje s materiály, které v tomto ohledu nejsou nijak popsány, respektive jejich vlastnosti nejsou známy. Domnívám se, že zejména při pokládce podlah by se měl používat beton, jehož objemové změny jsou známy a zároveň by měly být kontrolovány. Obdobně by se mělo postupovat a objemové změny materiálů kontrolovat i při nanášení nových cementových vrstev na již vyzrálé (třeba i jen částečně) podklady. Například při pokládce litého teraca nebo při opravách betonových konstrukcí.

Jako vhodnou metodu lze doporučit zejména stanovení sklonu k tvorbě trhlin při vázaném smršťování. Tak jak je zkouška v textu popsána je vhodná pro malty s maximálním zrnem kameniva 4mm. Pro hrubší směsi by bylo třeba použít větší úhelník, případně provádět dilatometrické měření.

Literatura

- [1] DROCHYTKA, Rostislav, DOHNÁLEK, Jiří, BYDŽOVSKÝ, Jiří, PUMPR, Václav: Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK II, Sdružení pro sanace betonových konstrukcí a Česká komora autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě: Brno 2003. 210s. ISBN 80-239-0516-3.
- [2] JENSEN, Mejlhede, O., HANSEN, Freiesleben, P. A dilatometer for measuring autogenous deformation in hardening Portland cement paste. Materials and structures, 1995, vol. 28, p. 406-409.
- [3] HOŠEK, Jiří. Měření počátečních objemových změn betonu v pryžové vlnovcové formě. Stavební výzkum, 1986, roč. 3, s. 28-32.
- [4] ČSN EN 196-3 Metody zkoušení cementu. Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti.
- [5] ČSN EN 72 2453 Zkouška objemové stálosti malty.

Poděkování

V příspěvku jsou prezentovány výsledky získané při řešení projektu č. 103/07/0107 podpořeného Grantovou agenturou ČR.

METODY MĚŘENÍ VÝŠKOVÝCH PROFILŮ POVRCHŮ

Ing. Jan Hromádko

Ředitelství silnic a dálnic ČR, závod Praha, Na Pankráci 56, 140 00 Praha 4
Tel +420284009350 , fax +420284009199 , e-pošta: jan.hromadko@rsd.cz
Web: www.rsd.cz

Anotace:

Príspevek ukazuje některé postupy měření výškových profilů povrchů stavebních konstrukcí, se zaměřením na povrchy vozovek a letišť. Zmíněny jsou některé měřicí postupy stanovené pro vozovky v ČSN a ČSN EN a podrobně je popsána speciální aplikace vč. stabilního přístroje na podrobné snímání výškového profilu povrchu v délce 4,2 m. Metody mohou být využity i v jiných oblastech stavebnictví.

1. Metody měření výškových profilů na stavbách pozemních komunikací

V tomto článku je dále uveden přehled normovaných metod měření vlastností povrchů vozovek pozemních komunikací a letišť:

ČSN 73 6175 (platná od 1/1996) Měření nerovnosti povrchů - krytů a podkladních vrstev vozovek pozemních komunikací, obsahuje měření podélné a příčné nerovnosti latí, podélné nerovnosti planografem, měření příčné nerovnosti profilografem, podélné a příčné nerovnosti nivelací, podélné nerovnosti metodou dvouhmotové měřicí soustavy, podélné nerovnosti profilometrem.

ČSN EN 13036-1 (platná od 6/2002) Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 1: Měření hloubky makrotextury povrchu vozovky odměrnou metodou.

prEN 13036-2 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 2: Postup pro stanovení drsnosti (protismykových vlastností) povrchu vozovky.

ČSN EN 13036-3 (platná od 1/2004) Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 3: Měření vodorovných drenážních vlastností povrchu vozovky. V souboru norem EN 13036 jsou popsány tři zkušební metody pro měření hloubky makrotextury, které lze použít v různých aplikacích v závislosti na dostupnosti zařízení, požadavku na rychlost měření a na textuře povrchu. Výběr metody stanovuje objednatel zkoušky. Tyto zkušební metody lze užit jako součást hodnocení protismykových vlastností povrchu podle prEN 13036-2. Tato norma popisuje zkoušku pro stanovení vodorovných drenážních vlastností povrchu vozovky, jako ukazatele relativně malé textury povrchu pomocí stacionárního zařízení - výtokoměru. Zkouška se používá k měření drenážních vlastností kontaktní plochy vozovky a pneumatiky na hladkých neporézních površích (o průměrné hloubce profilu menší než 0,4 mm) a provádí se na vozovce nebo v laboratoři. Protože se při zkoušce měří vodorovné drenážní vlastnosti pouze na malé části povrchu vozovky, je třeba zkušební plochu pečlivě vybrat tak, aby reprezentovala celkovou plochu, na které jsou měření prováděna.

ČSN EN 13036-4 (platná od 5/2005) Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 4: Metoda pro měření protismykových vlastností povrchu vozovky – Zkouška kyvadlem.

prEN 13036-5 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 5: Definice a výpočet indexů podélné nerovnosti

prEN 13036-6 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 6: Měření podélné nerovnosti profilometrem. Tato norma popisuje kritéria pro klasifikaci profilometrů podle profilovacích schopností a podle postupů měření podélných a příčných profilů nerovnosti a měření rozmezí vlnové délky megatextury, nezávisle na použité zkušební metodě nebo zkušebním zařízení. Její součástí jsou také doporučení týkající se ověřování a kalibrace. Požadavky týkající se funkčních charakteristik měření musí být nezávislé na použité metodě měření. Toto základní pravidlo dovoluje vývoj nových technologií a různých profilovacích měřicích přístrojů bez nutnosti upravit tuto normu. Tato norma je omezena na požadavky na specifikace měření (např. přesnost, rozlišení, rozsah vlnové délky). Výsledkem shody s požadavky a klasifikacemi v této normě je geometrické znázornění profilu určené pro výzkumné účely nebo pro další analýzu zaměřenou na souhrn parametrů pro příčné a/nebo podélné profily rovnosti a rozmezí vlnové délky megatextury. Měření rovnosti lze provádět pomocí statických nebo dynamických přístrojů. Dynamické měření je měření vycházející z přístroje, který pracuje v běžném dopravním toku při přípustné minimální nebo vyšší rychlosti. Norma zahrnuje vysokorychlostní, nízkorychlostní a stacionární zařízení

ČSN EN 13036-7 (platná od 3/2004) Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 7: Měření jednotlivých nerovností povrchu vozovky – Zkouška latí. Tato norma popisuje jednoduché zařízení – lat' - a zkušební metodu pro měření nerovností povrchů vozovky. Popsané zařízení lze také použít v příčném směru pro měření hloubky vyjetých kolejí na provozovaných vozovkách. Takové použití je však předmětem návrhu jiné evropské normy.

Tato norma popisuje standardní zkušební zařízení a zkušební metodu pro měření jednotlivých nerovností, které jsou příčinou vad jakosti v nových povrchových vrstvách vozovek pozemních komunikací, letištních a jiných dopravních ploch. Tuto zkušební metodu nelze použít ke zjištění údajů o profilu nebo celkové nerovnosti vozovky. Jednotlivé nerovnosti se vyskytují náhodně, proto nejsou stanoveny žádné četnosti měření ani údaje o přesnosti.

prEN 13036-8 Povrchové vlastnosti vozovek a letištních ploch – Zkušební metody – Část 8: Příčná nerovnost a nepravidelnosti vozovky, definice, metody hodnocení a záznam. Tato norma stanovuje příčnou nerovnost a nepravidelnosti povrchu vozovek a letištních ploch a příslušné metody hodnocení a záznamu. Zaměřuje se na určení nerovnosti na základě vlnových délek od 50 mm až do 12 m, což zahrnuje rozmezí megatextury.

Popsané parametry příčné nerovnosti se vztahují k:

- příčnému skonu příčného profilu;
- nepravidlostem; různým poruchám příčného profilu, jako např. stupně, hřbety/hrboly/poklesy a poklesy okraje vozovky;
- podélným vyjetým kolejím v drahách kol způsobených dopravou.

Popsané parametry poskytují prostředky pro řízení jakosti povrchů vozovek u nově položených krytů, zvláště s ohledem na příčný sklon a evidenci nepravidlostí, které vzniknou nesprávnou pokládkou a/nebo nesprávným hutněním. Tyto parametry lze také využít pro hodnocení stavu vozovky v provozu jako část programů monitorování běžného stavu. Mají odhalit příčné deformace způsobené dopravou, opotřebením vozovky a podpovrchovým pohyb. Parametry i metody hodnocení jsou použitelné pro vozovky i letištní plochy.

2. Speciální přesné měření výškového profilu pomocí stabilní profilografické latě

Popisovaná aplikace slouží k měření tzv. „hloubky kolejí“ v jízdních pružích pozemní komunikace v profilu kolmém na osu vozovky a nebo k sejmutí malé části podélného profilu vozovky v místě např. přejezdu mostního dilatačního závěru. Může být však využita při snímání výškových profilů jiných ploch, např. podlah, dopravních ploch atd. .

Dále uvedená metoda a přístroj splňuje požadavky ČSN 73 6175, čl.5 a také prEN 13036-8.

2.1 Zdůvodnění vzniku metody a přístroje

Popisovaný přístroj – stabilní profilografická lat' - vznikl na základě potřeby snímání přesných výškových profilů na vozovkách pozemních komunikací, a to často i za provozu, kde je výrazné časové omezení a rizikové situace z důvodu pohybu pracovníků laboratoře po delší dobu v jízdních pružích komunikace, i když v měřeném jízdním pruhu je provedeno omezení dopravy. Dalším důvodem byla potřeba opakovaných měření s dostatečnou shodností a opakovatelností výsledků, např. pro sledování vývoje nerovností správcem komunikace během provozu. Speciální aplikací je snímání výškového podélného profilu v místě přejezdu mostních dilatačních závěrů, kde jsou nerovnosti přilehlé vozovky a samotných vozovkových dilů závěru častým jevem.

2.2 Popis metody měření a profilografické latě

Podstata měření spočívá v sejmutí a ve vnesení příčného nebo podélného profilu povrchu vozovky v pravoúhlých souřadnicích, jde tedy o metodu měření stacionárním profilografem podle čl. 5 ČSN 73 6175. Nejedná se tedy o zjišťování maximálních dvojamplitud nerovností pod 4 m nebo 2 m latí podle čl. 3 ČSN 73 6175 a nebo pod 3m latí podle ČSN EN 13036-7. Maximální dvojamplitudu nerovností je ale možno následně zkonstruovat ve vyištěném grafu grafickými metodami nebo počteně z naměřených hodnot souřadnic bodů profilu v tabulkách.

Měrná profilografická lat' MLPV 01 4 , jejíž hlavní součástí je příhradový tuhý nosník, podepřená ve dvou bodech na okrajích tvoří dráhu pro pojezd snímače výšek povrchu. Dráha je rovnoběžná se spojnicí dvou bodů ležících na povrchu vozovky (tzv. nulovou čarou podle čl. 5.6 ČSN 73 6175), ale může být také podle účelu měření nastavena do vodorovné roviny, z takto získaného profilu lze potom vypočítat sklon povrchu.

Měřené hodnoty představují výšku dolního okraje snímacího kolečka průměru 50 mm (valícího se po povrchu vozovky) nad srovnávací rovinou. Srovnávací rovina je rovnoběžná s dráhou snímače (kovová kolejnička na nosníku). Srovnávací rovina leží obvykle cca 60 mm pod povrchem (vozovky).

Přesnost snímače dráhy HA-01 je ± 0.5 cm, přesnost snímače výšek je ± 0.1 cm a průhyb příhradového nosníku 0.0 mm. ČSN 73 6175 kap. 3 předepisuje chybu v udávané výšce klínku ± 0.2 cm, průhyb latě 0.3 mm a nerovnost latě 0.2 mm.

Profily jsou měřeny při pojezdu snímače ve směru zleva doprava (od osy vozovky ke krajnici), vozík snímače je poháněn vlastním zdrojem energie (akumulátor) a obsahuje také záznamovou jednotku (paměť). Do paměti jsou ukládány délkové souřadnice polohy snímače v kroku po 10 mm (inkrementální digitální optický snímač dráhy) a ke každé polohové souřadnici i naměřená hodnota svislé vzdálenosti z výškového snímače HA-01. Vzhledem k průměru pojezdového kolečka 50 mm nejsou zjištěny hodnoty profilu na dně malých prohlubní.

Všechna měřicí místa (profily) se obvykle označují zatlučeným nastřelovacím hřebíkem 6x40 a nástřikem barevným sprejem ve vzdálenosti cca 5 cm vpravo od okraje vozovky proužku v krajnici (např. v odstavném pruhu dálnice), tím je dána možnost opakovaného měření ve stejné poloze profilu a např. sledování vývoje vyjždění kolejí.

Naměřená data jsou z měřicího vozíku se snímači po lince RS 232 přenesena do PC (po každých 10ti měřeních), a z nich jsou vytvořeny pro každý profil 4 typy souborů:

- datový soubor *.dat obsahující v prvním sloupci měřenou délku v cm a ve druhém sloupci měřené výšky v mm. Navíc jsou v souborech data a čas měření a další údaje.
- textový soubor *.txt obsahující v sedmi sloupcích všechny číselné údaje o změřeném profilu (vlevo délky, vpravo výšky) ve tvaru na jednu stranu A4
- grafický soubor *.bmp nebo *.tif obsahující grafický výstup bodů změřeného profilu z obrazovky, s možností prohlížení již na místě měření pomocí přenosného PC.
- tabulkový soubor *.xls, obsahující jeden profil ve tvaru spojnicového grafu v programu Excel MS Office.

Tvar profilu je zobrazen v příložených grafech přílohy zprávy o měření. Grafy v programu Excel mají popsány osy. Tmavě modrá čára zaznamenává skutečné příčné nerovnosti vozovky. Silné, červené čáry jsou upravené hodnoty nerovností pomocí spojnice trendů klouzavým průměrem s periodou 5.

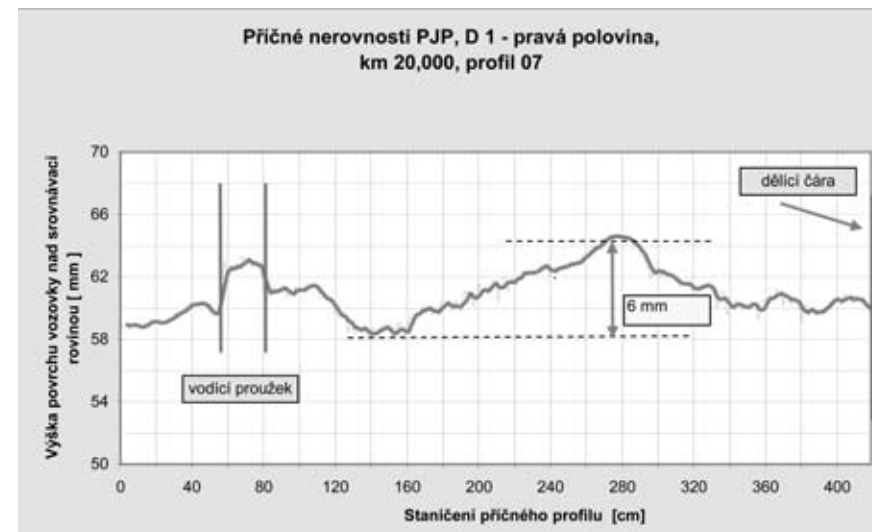
Ve zprávě je k zobrazenému profilu dále přiřazena tabulka *.txt se všemi hodnotami profilu (u všech profilů). V obrázku jsou doplněny kóty největších výškových rozdílů v profilu délky 4.2 m. Součástí zprávy je i půdorysný náčrt polohy měřených profilů.

Hloubky vyjetých kolejí v jednotlivých profilech jsou hodnoceny dle tabulky A.3 ČSN 73 6175 Měření nerovností povrchů vozovek.

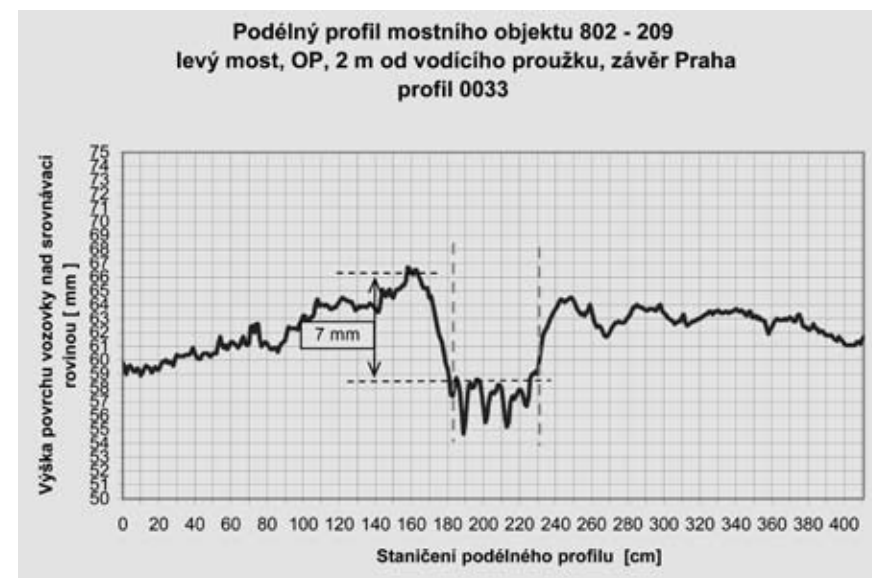
2.3 Ukázky výstupů měření



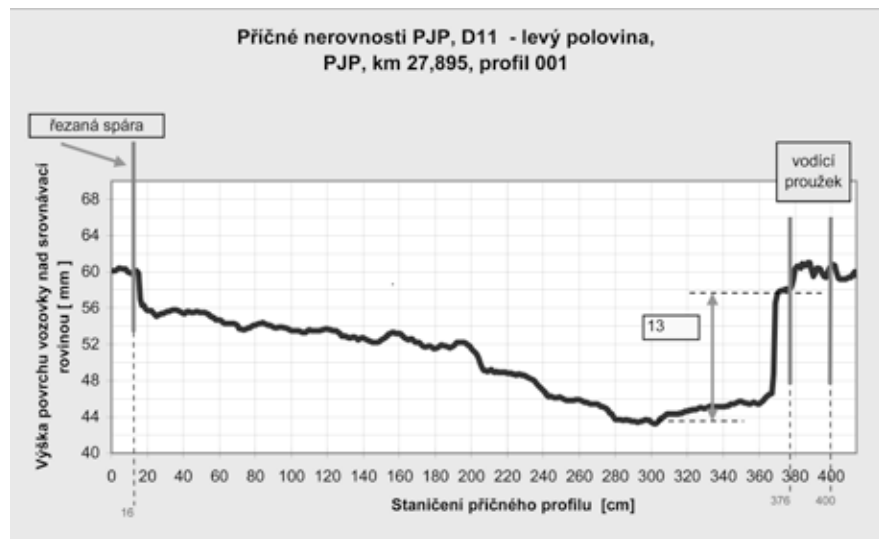
Obr. 1 Jednoduchý příčný výškový profil vyjetých kolejí v asfaltové vozovce



Obr. 2 Jednoduchý příčný výškový profil vyjetých kolejí v asfaltové vozovce s vyznačením vodorovného značení



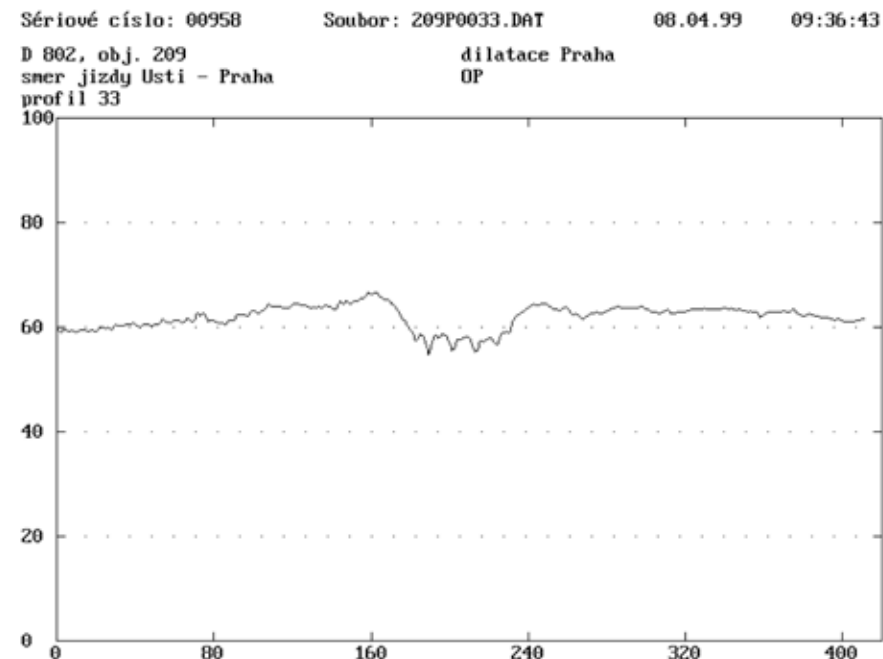
Obr. 3 Jednoduchý podélný výškový profil s vyznačením ocelové povrchové vozovkové části mostního závěru 3W



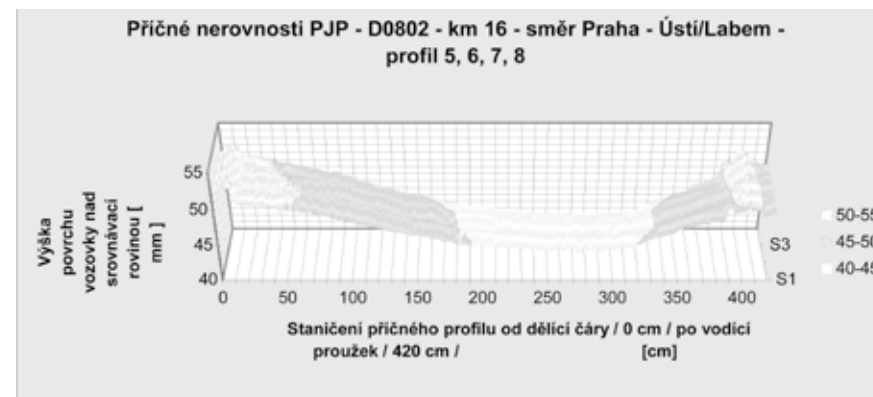
Obr. 4 Jednoduchý příčný výškový profil cementobetonové vozovky s vyznačením max. nerovnosti na jedné desce (zmenšena o chyby měření) v místě poruchy desky (podélná trhlinka)



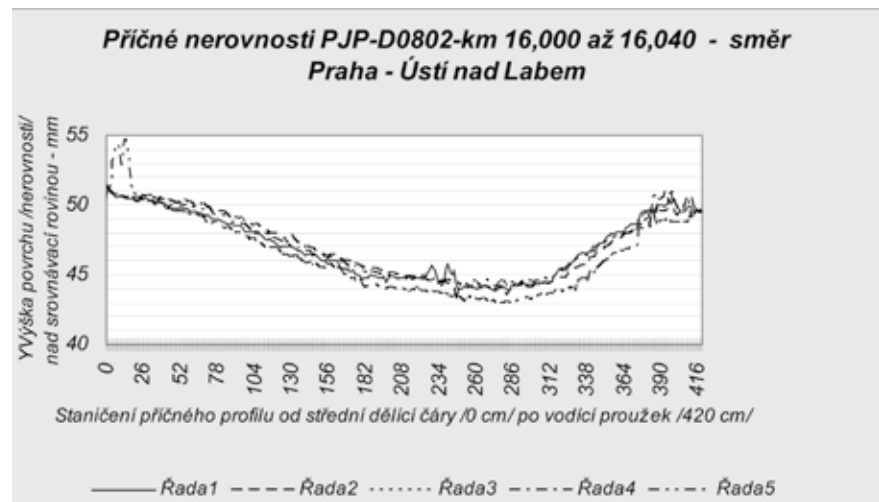
Obr. 5 Jednoduchý příčný výškový profil cementobetonové vozovky s vyznačením max. nerovnosti na jedné desce (zmenšena o chyby měření) v místě poruchy desky (průhyb způsobený objemovými změnami betonu v dolní části desky v důsledku ASR)



Obr. 6 – Ukázka grafického výstupu na přenosném PC na místě měření ihned po přenosu dat z přístroje do PC pro kontrolu přenosu dat.



Obr. 7 – Ukázka příčného výškového profilu složeného do 3D vyobrazení z několika příčných profilů



Obr. 8 Ukázka příčného výškového profilu složeného do 2D vyobrazení z pěti příčných profilů



Obr. 9 - Etalon délky 4,5 m pro kalibrace přímosti měřící dráhy snímače (lehká slitina, frézováno, kalibrováno ČMI) .



Obr. 10 Měření příčného profilu prohnuté CB desky na D11 při omezení provozu.



Obr. 11 Měření podélného profilu porušené CB desky přes příčnou spáru a rohy desky poškozené ASR.

3. Závěr

Uvedená metoda a přístroj umožňuje efektivní a rychlé měření v rozsahu až stovek měřených profilů za směnu, a to i za provozních podmínek na komunikaci. Přístroj i SW jsou výsledkem vlastního vývoje technického provedení měřicí metody v oddělení ORJ ŘSD ČR, včetně zkušebního provozu, výroba byla zadána českému výrobcí.

STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA PŘÍSTROJŮ PRO NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ OD FIRMY PROCEQ SA

Ing. Jaroslav Mikula

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Pobočka Technicko inženýrské služby, Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 – Prosek

Tel./fax: 286 886 728, e-mail: mikula@tzus.cz

V roce 1954 zahájila švýcarská firma PROCEQ SA výrobu přístroje na zkoušení betonu vyvinutého Ing. Ernstem Schmidtem z Basileje. Tento přístroj představuje skutečně první technickou metodu spolehlivě založenou na dlouhodobém podrobném vědeckém výzkumu, podle které může být kvalita betonu kontrolována přímo na stavbě. Od té doby firma ve spolupráci s různými renomovanými evropskými univerzitami a výzkumnými ústavy postupně vyvinula další přístroje, kterými lze spolehlivě měřit různé parametry a kvalitu konstrukcí přímo na stavbě a přitom bez destruktivních vlivů na měřený objekt.

1. Kontrola kvality betonu tvrdoměrným kladívkem

Tvrdoměrné kladívko typu **SCHMIDT** slouží k nedestruktivnímu zkoušení kvality betonu na hotových stavbách. Od té doby, co firma PROCEQ SA vyvinula tuto metodu měření tvrdosti betonu v konstrukci, stala se velice rychle nejrozšířenější na celém světě, v ČR se používá již od 60-tých let. V současné době jsou tyto tvrdoměry vyráběny pro běžné betony pod označením **N / L** (model **L** má cca třetinovou rázovou energii pro zkoušení tenkostěnných prvků se silou stěny pod 100 mm, umělého kamene apod.) a pro měkké materiály označené jako **P / PT / PM**. Významné uplatnění nacházejí jak registrační modifikace **NR / LR** umožňující zachování naměřených dat, příp. jejich dokladování do protokolů, archivování, apod., tak elektronické provedení **DIGI-SCHMIDT ND / LD** s výstupem pro napojení na PC i tiskárnu, které má zabudováno mnoho přídavných funkcí - např. automatickou korekci zemské přitažlivosti podle směru rázu, komunikaci v češtině, možnost zavedení křivek speciálních betonů a pod.



Obr. 1 Tvrdoměr DIGI-SCHMIDT 2000

Obr. 2 Tvrdoměr.kladívko orig. SCHMIDT NR

Jedná se o normovou metodu zkoušení, původní ČSN 73 2011 a ČSN 73 1373 byly nahrazeny normou ČSN EN 12504-2. Oproti původním ČSN tato norma obsahuje tři základní změny – jednak uznává pouze používání kalibrační kovadliny s větší tvrdostí i velikostí než dosud používané (dodávají se pod názvem **EURO kovadliny**); jednak má zakotven požadavek na kontrolní měření na kovadlině před a po každé sérii měření; třetí změna se pak týká otázky vyhodnocení - podle anglického originálu se vyhodnocení provádí na základě výpo-

čtu mediánu, nikoliv jak je uvedeno v české překladu – na základě výpočtu střední hodnoty z naměřených hodnot tak, jako tomu bylo dle citovaných ČSN.

Model L / LR se úspěšně používá i při kontrolních a přijímacích měřeních na rolích fólií a papíru i v papírenském průmyslu.

Vzhledem ke skutečně masovému používání této metody pro základní stanovení kvality betonu, je třeba klást stále vyšší požadavky na odbornost pracovníků, kteří s těmito přístroji měří a provádějí vyhodnocování naměřených hodnot, TZÚS Praha, s. p. ve spolupráci s certifikačním orgánem č. 3008 při ČMS organizuje každoročně kvalifikační kurzy s osobní certifikací, která je plně uznávána např. při certifikaci managementu firmy, akreditaci zkušební laboratoře, apod. Přínosem je též postupné sjednocování postupů měření a vyhodnocování, ale hlavně - uživatelé jsou schopni zodpovědně stanovit základní aspekt – na jakém typu konstrukce lze vůbec zkoušení tvrdoměrným kladívkem aplikovat. Vlastní tvrdoměrná kladívka ve všech modifikacích se v ČR kalibrují v akreditované kalibrační laboratoři při TZÚS Praha, s.p., pobočka TIS v Praze s českým etalonem kovadliny, na Slovensku pak v TSÚS v Bratislavě, který má metrologicky navázanou etalonovou kovadlinu na etalon v TZÚS Praha, s.p..

2. Od betonu ke kovu ...

Základní princip funkce tvrdoměrných kladívek vedl k vyvinutí tvrdoměru na kovy (ocel, litina, měď, hliník, slitiny, atd.). Tak vznikl elektronický tvrdoměr na kovy **EQUOTIP**, který se používá prakticky po celém světě. V USA je toto měření zakotveno v normě ASTM A 956-00. V současné době je připravováno pro tuto metodu zkoušení i vydání normy DIN. Jedná se o přenosný elektronický přístroj s výměnnými tzv. rázovými přístroji podle druhu materiálu pro tvrdosti až do cca 1200 HV. Podle převodních křivek instalovaných ve vnitřním software indikačního přístroje lze nastavit odečet přímo v hodnotách HRC, HB, HRB, HV, HS. Pomocí tohoto přístroje se zkouší tvrdost jak přímo ve výrobě, tak i v místě instalace a použití. Přístroj je vyráběn v různých modifikacích, současně dodávaný model **EQUOTIP 2** je nahrazován modernějším modelem **EQUOTIP 3** s výrazně vyšším komfortem, ještě mobilnější je model **EQUOTIP PICCOLO** s vestavěnou vnitřní datovou pamětí, který se při vyhodnocování připojuje přímo na PC, pro výrobní kontrolory a manažery kvality pro rychlou kontrolu byl vyvinut model **EQUOPEN**. Pro měření tvrdosti malých prvků slouží model **EQUOSTAT**.



Obr. 3 EQUOTIP 2



Obr. 4 EQUOTIP 3



Obr. 5 EQUOTIP PICCOLO



Obr. 6 EQUOPEN

3. Zpět k betonu, ale starému ...

Klasické tvrdoměrné kladívko se používá převážně ke kontrole kvality „čerstvého“ betonu, ale pochopitelně i při zjišťování pevnostních parametrů starých staveb. Dnes je sanování stávajících starých betonových staveb stejně důležitým úkolem, jako výstavba nových. Před jakýmkoliv renovačním zásahem je třeba podrobně zjistit skutečný stav objektu. Měření pevnosti v tahu nebo přídržnosti provedené povrchové úpravy je normová zkouška a provádí se pomocí přístroje na měření přídržnosti **DYNA**. Na základě takto získaných výsledků lze lépe posoudit správnost použité metody renovace a její spolehlivost. Na stejném principu je pak založeno i zkoušení vytažovací síly (příp. i dráhy protažení) zakotvených šroubů a hmoždinek.



Obr. 7 Přístroj na měření přídržnosti DYNA Obr. 8 Přístroj na vytahování DYNA

Pro zkoušení kvality betonu slouží též normové ultrazvukové metody. Zatímco při aplikaci měření tvrdoměrným kladívkem se jedná o povrchové měření na konkrétním místě, ultrazvukovým přístrojem lze měřit čas, který potřebuje ultrazvukový signál k průchodu celou vrstvou betonu a tím posuzovat kvalitu betonového prvku v celém průřezu. Pro ultrazvuková měření v betonu slouží přístroj **TICO**, s kterým jsou dodávány zvukové sondy s frekvencí podélného vlnění od 24 kHz do 150 kHz (na kovy se používají sondy s frekvencí řádově MHz). Byla též vypracována tzv. kombinovaná metoda pro výrazně přesnější stanovení pevnosti betonu současným měřením tvrdoměrným kladívkem orig. **SCHMIDT** a ultrazvukovým přístrojem **TICO**. Ultrazvukovým přístrojem lze též zjišťovat stejnoměrnost zhuštění, dutiny, trhliny, poškození mrazem či ohněm, modul elasticity.



Obr. 9 Ultrazvukový přístroj TICO

Obr. 10 Permeability tester TORRENT

4. Vzduch v betonu

Skupinou inženýrů managementu Holderbank byl vyvinut nový přístroj **TORRENT** pro měření permeability betonu. Touto metodou lze měřit pomocí vakuového systému permeabilitu, tj. plynovou propustnost v betonu. Je známo, že kvalita betonu je odvislá od množství vody přidané do směsi, neboť voda při výstupu z betonu zanechává ve vnitřním průřezu dutiny, resp. vzduchové bubliny. Změřením obsahu vzduchu přístrojem TORRENT lze na základě dlouhodobých porovnávacích měření stanovit 5 kvalitativních tříd betonu - od velmi dobré až po katastrofální. Je možno konstatovat, že tato metoda měření je skutečně významně vypovídající o kvalitě, dosud však se jedná o zkoušku neuvedenou v žádné normě. V současné době se management firmy PROCEQ SA snaží o zavedení zkušební normy pro tuto metodu.

5. Ocelová výztuž

Důležitým prvkem v konstrukci je též ocelová výztuž. V praxi jsou používány různé metody, kterými lze určit s různou přesností skutečné umístění a stav armovacích ocelových prutů. Pro nedestruktivní lokalizaci prutů výztuže, zjišťování výšky překrytí betonem i zjišťování průřezu použitých prutů slouží i v ČR velice rozšířený indikátor výztuže PROFOMETER. Tento přístroj má mnohaletou tradici, v současné době je dodáván pod označením 5. Vyrábí se ve dvou modifikacích. V základním provedení pod označením model S, kde oproti předchozím typům lze jednou (univerzální) sondou stanovit lokalizaci prutů výztuže v konstrukci (s možností odstínění 1. vrstvy), výšku krytí betonem (lze např. přímo nastavit mezní hodnotu krytí a akustickým signálem přístroj sám upozorní na místo nedostatečného krytí) i skutečný průměr prutů s přesností o cca 50% vyšší, než stanovuje norma BS 1881, část 204. Model SCANLOG je identický s modelem S, obsahuje však další vybavení:

- funkci „CyberScan“ k zobrazení výztužných prutů na displeji (na displeji se pak přímo mohou zobrazit pruty kolmo na sebe orientovaných vrstev výztuže s udáním výšek překrytí)
- funkci „Měření s rastrem“ pro zobrazení krytí betonem v odstínech šedi
- měřič dráhy „ScanCar“ s integrovaným měřením dráhy pohybu sondy pro skenování.

Indikátor výztuže, stejně tak jako všechny zde uvedené a běžně do ČR dodávané elektronické přístroje, má ve svém vnitřním software i jako jeden z komunikačních jazyků češtinu a možnost připojení k PC, kde lze s naměřenými hodnotami dále pracovat, archivovat je a tisknout.



Obr. 11 Indikátor výztuže PROFOMETER 5

Obr. 12 Analyzátor koroze výztuže CANIN

K nedestruktivnímu zmapování koroze výztuže pak slouží metoda měření změny elektrického potenciálu pomocí elektrody obsahující siran měďnatý. Přístroj umožňující tento nedestruktivní způsob měření **CANIN** (Corrosio **A**Nalysi **I**Nstrument) postupně nachází uplatnění i u nás. Systém měření umožňuje použití od jedné až do osmi spřažených elektrod tyčových nebo kolečkových podle charakteru a rozsahu měřené plochy. Tato metoda výrazně zrychluje a zlevňuje prováděný průzkum, neboť není třeba odstraňovat beton okolo celé výztuže, pouze podle získaných výsledků stačí provést potřebné opravy v místech zjištěného napadení korozi.

Obě uvedená měření jsou normová.

Měření analyzátozem koroze CANIN lze dále doplnit měřením elektrického odporu armované betonové konstrukce měřičem měrného odporu **RESI**. Měření je založeno na principu, že čím menší je elektrická odolnost, tím snáze protéká proud betonem a tím je větší pravděpodobnost koroze. Kombinací měření měrného odporu a změny potenciálu elektrického pole lze získat dokonalejší informace o korozi výztužných tyčí.



Obr. 13 Měřič měrného odporu RESI

Podrobné informace jak k výše uvedeným základním přístrojům pro nedestruktivní zkoušení, tak k dalším přístrojům vyráběným firmou PROCEQ SA, Švýcarsko všem zájemcům poskytne výhradní zastoupení této firmy pro ČR a SR při Technickém a zkušebním ústavu stavebním Praha, s.p., Pobočka Technicko inženýrské služby, 190 00 Praha 9 - Prosek, Prosecká 811/76a; www.tzus.eu / TIS; Tel./fax: 00420 286 886 728, e-mail: mikula@tzus.cz

ÚSKALÍ ZKOUŠEK ODOLNOSTI BETONU VŮČI PŮSOBENÍ VODY A CHEMICKÝCH ROZMRAZOVACÍCH PROSTŘEDKŮ

Vladimír Veselý, Stanislav Smiřinský

Ing. Vladimír Veselý

BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 Beroun
311 644 063, 311 644 780, vladimir.vesely@betotech.cz
www.betotech.cz

Ing. Stanislav Smiřinský

BETOTECH, s.r.o., Beroun 660, 266 01 Beroun
311 644 783, 311 644 780, smirinsky@betotech.cz
www.betotech.cz

1. Úvod

Provozdušný beton, jako varianta betonu odolného proti vlivům vnějšího prostředí, má ve stavebnictví své místo již řadu let. Jeho používání je tradičně rozšířeno na stavbách pozemních komunikací a po zavedení nové ČSN EN 206-1, která klade hlavní důraz na životnost betonu v konstrukci se jeho použití postupně rozšiřuje i do dalších oborů stavebnictví, Technologie jeho správné výroby, dopravy, ukládání a ošetřování je stálým tématem odborných diskusí. Méně často se však veřejně diskutuje o problematice normových a obecně známých zkušebních postupů sloužících ke kontrole jeho kvality. Základním kritériem hodnocení kvality provozdušného betonu je jeho odolnost proti agresivnímu působení chemických rozmrazovacích prostředků a vody při zmrazování a rozmrazování. Výsledky provedených zkoušek jsou rozhodující a jejich správné či nesprávné provedení může vést k tomu, že i kvalitní provozdušný beton je hodnocen jako nevyhovující a naopak se může nekvalitní provozdušný beton díky nesprávně provedené zkoušce dostat do konstrukce.

2. Zkušební metody

Především je třeba si uvědomit, že všechny zkušební postupy jsou zaměřeny na odolnost povrchu cementového betonu, což již přímo vyplývá z názvu norem a ze způsobu provádění zkoušek. Míra odloupených částic z upravovaného povrchu zkušebních těles však nutně nemusí korespondovat s mírou porušení vnitřní struktury betonu. Navíc větší část betonových konstrukcí je vystavena působení solí, vody a cirkulujícím teplotám právě na neupravovaných plochách po odstranění bednění.

Podstata dvou zkoušek používaných v ČR metodou automatického cyklování (dle ČSN 73 1326) spočívá v ochlazení povrchu zkušebního tělesa, smáčeného roztokem NaCl, na zápornou teplotu. Po předepsané časové prodlevě na zápornou teplotu je povrch vzorku zahřát na teplotu kladnou, kde je opět před dalším cyklem ochlazování časová prodleva. Rychlost přechodu mezi cykly zmrazování a rozmrazování je rovněž pro jednotlivé metody určena. V rámci sjednocování evropské normativní základny byla vydána EN 12390-9 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 9: Odolnost proti mrazu a zmrazovacím cyklům, odlupování, která používá poněkud rozdílné postupy oproti dlouhodobě zavedeným v ČR. Porovnání těchto postupů bylo předmětem grantového programu MD ČR a publikované výsledky [1] byly překvapivě odlišné od dosud vžitého názoru.

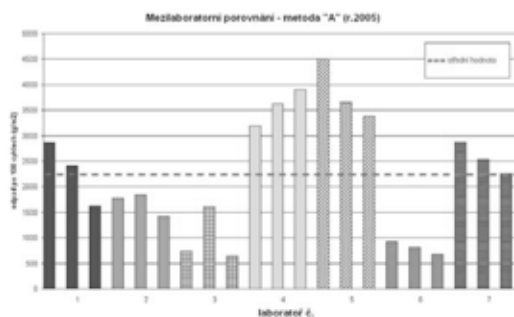
3. Validace a verifikace zkušebních metod

V ČR se dlouhou dobu vyvíjely zkušební metody a jejich postupy až do nedávných let, kdy jsou v praxi používány dvě základní.

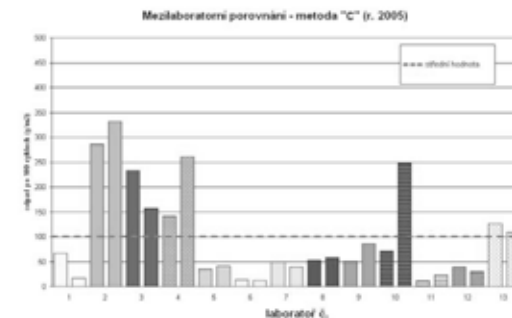
Popis zkušebního postupu na způsob stanovení množství odpadu cementového tmele z **povrchu** betonu metodou „A“ je v normě datován od roku 1984. Tedy v době, kdy tehdejší technický rozvoj umožnil pomocí řídicích jednotek ve vhodném zařízení programovatelné cyklování. Na počátku devadesátých let byl zaveden nenormativní zkušební postup automatického cyklování metodou „C“. Tato metoda byla výstupem vývojového programu realizované výstavby dálnice D1. Postup pro provádění zkoušky byl popsán v Technických kvalitativních podmínkách staveb pozemních komunikací a tím se stal pro mnohé dodavatele závazným předpisem. Upřesnění zkušebního postupu metody „C“ spočívající zejména v úpravě zkušebních těles před zkouškou a vlastního zkoušení bylo v roce 2003 vydáno formou Změny Z1 normy.

Tím, že obě zkušební metody jsou normativně zakotveny se obecně předpokládá jejich dostatečné validace. Zkušební laboratoře se proto musí se zkušebními postupy zcela ztotožnit. Verifikace, resp. ověřování, zda-li dané postupy jsou popsány jednoznačně a získaná data lze analyzovat má být v zájmu zkušebních laboratoří a pro akreditované laboratoře je to přímo povinnost. Z výsledků pak lze usuzovat např. na reprodukovatelnost zkoušky. Používaným nástrojem pro verifikaci jsou mezilaboratorní porovnávací zkoušky, dále MPZ. Těchto zkoušek se obvykle zúčastňují zkušební laboratoře, které běžně zkoušky provádějí a chtějí si své výsledky porovnat s výsledky ostatních zkušebních laboratoří. Ukázalo se však, že u zkoušek na stanovení odpadů po působení mrazu a soli dochází u výsledků k velmi vysokému rozptylu, jak je zřejmé z obr. 1-3. Přístup jednotlivých organizátorů k MPZ je dosud rozdílný a je zjevné, že se neustále vyvíjí.

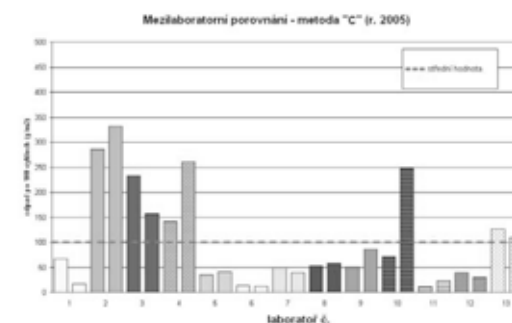
Zásadním momentem při MPZ je již na počátku při výběru vhodného betonu, příprava resp. výroba zkušebních těles, která jednotlivé zkušební laboratoře mají odzkoušet. Vyšší počet odzkoušených zkušebních těles v jedné laboratoři je vhodný zejména pro přesnější interpretaci výsledku. Někteří organizátoři zvolili „klasickou výrobu“ zkušebních těles, jiní vývrty z betonového bloku i počet zkušebních těles k odzkoušení a způsob hodnocení výsledků se liší. Zřejmě velké množství proměnných na počátku následně ovlivňuje výsledky získané zkouškami. Proto by bylo vhodné, co možná nejvíce sjednotit metodiku k pořádání a hodnocení MPZ pro tyto zkoušky.



Obr. 1. Výsledky Mezilaboratorních porovnávacích zkoušek v roce 2005 – metoda „A“



Obr. 2. Výsledky Mezilaboratorních porovnávacích zkoušek v roce 2005 – metoda „A“



Obr. 3. Výsledky Mezilaboratorních porovnávacích zkoušek v roce 2005 – metoda „C“

4. Úskalí při provádění zkoušek

Ve zkušebních postupech je řada fází a operací, které mohou vnést do konečného výsledku značný rozptyl. Vyskytují se jak při přípravě zkoušky, tak při vlastním zkušebním postupu.

4.1 Příprava

V první řadě závisí kvalita odolného betonu již na vlastní výrobě – druhu, kvalitě a poměru složek, výrobním zařízení, postupu výroby, teplotách a mnoha dalších vlivech. Výroba odolného betonu je náročnější než výroba standardních betonů. Náročnější je i příprava vzorků. Jak bylo již uvedeno, při zkoušení je vystaven agresivnímu působení mrazu a vody povrch zkušebního tělesa. Je tedy zřejmé, že výsledek zkoušky závisí nejen na kvalitě provzdušnění betonu, ale i na způsobu úpravy povrchu zkušebního tělesa. Tato skutečnost nabývá na větším významu v souvislosti s čím dál tím větším zastoupením betonů, které mají konzistenci S4, S5 resp. F3, F4. Zpracování čerstvého betonu do forem a způsob úpravy povrchu může zásadním způsobem ovlivnit výsledek zkoušky odolnosti betonu. Při výrobě zkušebních vzorků na stavbě rozhodně nepanují ideální podmínky, jako jsou v laboratoři. Pokud se nechají odebrané vzorky na místě odběru neošetřené, jsou vystaveny působení povětrnostním vlivům. To může způsobit např. vysychání povrchu odebraných vzorků, přemrznutí, rozplavení povrchu deštěm apod. Taktto narušené povrchy zkušebních těles

vykazují po odzkoušení velmi zkreslené výsledky. Stejně tak je nutné ukládat zkušební tělesa v laboratoři do předepsaného prostředí. Rozdílné dlouhodobé uložení v laboratoři vede rovněž k rozdílným výsledkům. Pro validaci a verifikaci zkušebních metod by tedy jistě prospělo sjednocení úpravy povrchu, respektive definování tzv. „identického povrchu“, který by mohl být testován oběma metodami v jedné laboratoři nebo jednou z metod ve více laboratořích. Získaly by se tak jistě výsledky přesnější, které by mohly sloužit k lepšímu posuzování jak kvality povrchu konkrétního betonu, tak k srovnávání se laboratoří mezi sebou.

Příprava solného roztoku je víceméně rutiná záležitost. Nicméně je nutné mít na zřeteli, že právě koncentrace roztoku NaCl má zcela jednoznačně vliv na výsledek zkoušky. Pouhá záměna vody místo roztoku NaCl se výrazně projeví na výsledku již po 25 cyklech.

4.2. Provádění zkoušek

Správný způsob uložení zkušebních těles do prostoru zkušebního zařízení a správné rozmístění čidel, které kontrolují a řídí průběh teplot, je těžko zpochybnitelný. Má svůj význam zejména v dodržování nastavených mezích teplot a dobu přenosu tepla na zkoušené vzorky. Průběh teplot v prostoru zařízení je jednou z málo ověřitelných fází probíhající zkoušky. Při správném umístění teplotních čidel a jejich funkčnosti lze říci, že k zadanému cyklování teplot dochází s velkou přesností (pro ilustraci uvedeny záznamy prvních 10 ti cyklů) viz. Tab.1. Během cyklování lze nahlížet na aktuální průběhy teplot a časové prodlevy na teplotách. Výstupy ze zařízení lze jednoduchým způsobem kontrolovat a elektronicky ukládat. Vzorky v zařízení musí být rozmístěny a umístěny tak, aby neomezovaly cirkulaci vzduchu, resp. aby nikterak nebránily přenosu tepla na celý zkoušený povrch zkušebních těles.

Tab.1 Přehledný výpis ze zařízení KD-20 doplněný o výpočet časového průběhu cyklů

Záznam	Cyklus	Čas v cyklu [h:m]	Doba trvání [h:m]	Teplota [°C]	Čas v cyklu (přepeč.) [h:m]	Záznam	Cyklus	Čas v cyklu [h:m]	Doba trvání [h:m]	Teplota [°C]	Čas v cyklu (přepeč.) [h:m]
1	1	0:22	2:38	-17,9	3:00	11	6	0:15	2:45	-17,9	3:00
2	1	3:07	2:53	5,1	6:00	12	6	3:07	2:53	5,2	6:00
3	2	0:14	2:46	-17,9	3:00	13	7	0:15	2:45	-17,9	3:00
4	2	3:07	2:53	5,2	6:00	14	7	3:08	2:52	5,2	6:00
5	3	0:15	2:45	-17,9	3:00	15	8	0:15	2:45	-17,9	3:00
6	3	3:07	2:53	5,2	6:00	16	8	3:07	2:53	5,2	6:00
7	4	0:15	2:45	-17,9	3:00	17	9	0:16	2:44	-17,9	3:00
8	4	3:08	2:52	5,2	6:00	18	9	3:07	2:53	5,1	6:00
9	5	0:15	2:45	-17,9	3:00	19	10	0:16	2:44	-17,9	3:00
10	5	3:08	2:52	5,2	6:00	20	10	3:08	2:52	5,2	6:00

Předepsaná výška hladiny solného roztoku resp. jeho působení na zkoušenou plochu povrchu zkušebního tělesa je u metody „C“ limitována utěsněným gumovým náplekem. Jinak je tomu však u metody „A“, u které mnohdy dochází k významnému vzlínání solného roztoku na boční stěny zkušebního vzorku. Dochází v podstatě k dvojité expozici hran solným roztokem resp. mrazem. Často právě hrany těles jsou zdrojem největšího podílu zjištěného odpadu. Není tedy tak přesně posuzován jen povrch zkušebního tělesa. Vlivem vzlínání je namáhána větší plocha než pro vyhodnocení zkoušky norma připouští viz. obr.5. Zkoušeným povrchem se rozumí jen ta část, která je solným roztokem smáčena. V normě však není

žádná zmínka o takové úpravě zkušebního tělesa, která by vzniklé odpady z nesmáčených ploch eliminovala.



Obr. 5 Porušení bočních stran vlivem vzlínání solného roztoku

Existují jistě i další diskutabilní místa při provádění zkoušek, která mohou ovlivňovat výsledky zkoušek. Např. způsob splavování uvolněných částic ze zkušebních ploch a následná manipulace s odpadem před a za sušárnou, přesnost vah.

Je třeba se i zamyslet nad náročností obou metod. Čím více je potřeba lidské činnosti k vlastní přípravě ke zkoušení, tím více mohou vzniknout chyby. Tyto chyby by se měly promítnout ve výpočtu nejistoty měření. Z tohoto hlediska se jeví příznivější metoda „A“. Vzhledem k významně kratšímu cyklování je časově méně náročná, méně pracnější a přes výše uvedené nedostatky dostatečně přesná. Do jaké míry jsou obě metody porovnatelné není však předmětem tohoto příspěvku. Nicméně lze poukázat na rozdílné průběhy teplot a časových prodlev. V neposlední řadě i velikosti resp. objemu zkušebních vzorků, které jsou vystaveny působení cyklickému zmrazování viz tab.2. Do jaké míry se projevuje gravitační síly u metody „C“ a kapilární vzlínání solného roztoku u metody „A“, navozuje další otázky.

Tab.2 Rozdílné technické požadavky při zkoušení obou metod automatického cyklování

	délka jednoho cyklu	záporná teplota	kladná teplota	časové prodlevy na teplotách	objem zkušebního tělesa
Metoda „A“	2 hod 10 min	- 15 °C	+ 20 °C	15 minut	3,375 dm ³
Metoda „C“	6 hod	- 18 °C	+ 5 °C	2 hod 30 min	0,883 dm ³

Porovnání zkušebních metod „A“ a „C“ již bylo provedeno několik a to na různých úrovních. Zde se však významně projevují všechny okolnosti související s výběrem druhu betonu, výrobou zkušebních těles a jejich úpravy před zkouškou.

Je mnoho teorií o procesech, které probíhají v betonu při namáhání mrazem, vodou, příp. solnými roztoky. Stejně tak je mnoho názorů na vypovídající schopnost jednotlivých zkušebních metod. Na čem se odborná veřejnost asi nejvíce shodne, je fakt, že míra provzdušnění, resp. charakteristiky vzduchových pórů v betonu pozitivně ovlivňují trvanlivost betonu a z pohledu mezních stavů únosnost i použitelnost. Jednou z cest ke kontrole odolnosti betonu proti ch.r.l. může být tedy zkušební postup popsán v ČSN EN 480-11.

5. Závěr

Z uvedených skutečností a dosavadní laboratorní praxe vyplývá, že v nejbližší době pravděpodobně nedojde k radikální změně zavedených zkušebních postupů. Pro získávání lépe vypovídajících výsledků zkoušek odolnosti povrchu cementového betonu by bylo vhodné:

- zpřesnit a sjednotit metodiku MPZ (zejména výrobu, ošetřování a uložení vzorků)
- věnovat se systematickému zkoumání jednotlivých kritických momentů jak v procesu přípravy tak v procesu vlastního zkoušení
- následně vést odbornou diskusi o možnostech precizace zkušebních postupů s možností úpravy stávající ČSN 73 1326

Na závěr by autoři chtěli poděkovat panu Ing. Jiřímu Jelínkovi, vedoucímu střediska laboratoře společnosti Skanska Transbeton, s.r.o. za odbornou pomoc a konzultaci tohoto příspěvku.

Literatura

- [1] Stanovení převodního vztahu pro mrazuvzdornost betonu podle metod uvedených v ČSN a EN (Jiří Dohnálek, Jiří Kolísko, Petr Tůma, Sborník 12. Betonářské dny 2005, Hradec Králové)
- [2] ČSN 73 1326 Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek (účinnost od 1.10.1985)
- [3] ČSN 73 1326 Změna Z1 (11/2003)
- [4] ČSN 73 1326 Změna Z1 (návrh 1993)
- [5] TKP SPK MDS Kapitola 18, Příloha č.3 (1997)
- [6] TKP SPK MDS Kapitola 18, Příloha P2 a další text (2005)

PŘÍSPĚVEK K OTÁZKÁM VYUŽITÍ POPÍLKŮ VE STAVEBNICTVÍ

Doc. Ing. Karel Kulísek, CSc. (1)

Ing. Robert Štěpánek (2)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ÚTHD, Veveří 95, 662 37 Brno
Tel. 541 147 504, e-mail: kulisek.k@fce.vutbr.cz, Web: www.fce.vutbr.cz

(2) Recycling Service, s.r.o., Rybkova 17, 602 00 Brno
Tel. 541 247 651, e-mail: stepanek_robertr@sasbrno.cz

Anotace:

Jedním z úkolů stavebnictví bylo vytvářet podmínky pro zpracovávání energetických odpadů, jak ve výrobě stavebních hmot, tak ve stavební výrobě. Příspěvek se zabývá stručným přehledem ve využívání elektrárenských a teplárenských popílků v naší republice a uvádí nové technicko organizační podmínky vytvořené v devadesátých letech. Dále seznamuje s návrhem nových technických norem pro použití popílků v silničním stavitelství. V závěru posuzuje přínos norem a možností zlepšení efektivity užití popílků v tomto oboru stavebnictví.

1. Stručně k rekapitulaci historie využívání popílků

Využívání elektrárenských a teplárenských popílků má v naší republice dlouhodobé tradice. V minulých letech byla v podmínkách centrálně řízeného plánování tato problematika chápána jako dlouhodobě koncepčně rozvíjený záměr, který se však v konkrétních výsledcích projevil spíše pouze v oblasti výzkumu a vývoje. Přejít do praktického využívání byl však pomalý a nevedl k žádoucímu hromadnému a efektivnímu využití druhotných surovin.

Výjimkou byla výroba pórobetonu na bázi popílku, kde byly vykazovány relativně velmi dobré výsledky, popílek byl využíván v celé řadě závodů ve velkých objemech, navíc při poměrně velmi dobrých fyzikálních vlastnostech vyráběných produktů.

Snaha centrálně řídicích orgánů o vyšší využívání popílků vedla až k pokusům o direktivní rozpisy plánované spotřeby, tato opatření v konečném důsledku vedla k dílčím úspěchům. Popílek byl zpracováván na vybraných centrálních betonárnách jako aktivní přísada do betonu, určité objemy spotřeby byly vykazovány v cihlářské výrobě, příležitostně byly využívány popílků a popelů těžených ze složišť pro budování hutněných násypů a zásypů. Zásadním omezujícím vlivem, který bránil vyššímu využívání popílků a aktivnímu přístupu k této problematice byly ekonomické vztahy, které stavební organizaci k uplatnění popílků nijak nemotivovaly.

Příkladem může být využití popílků jako částečné náhrady cementu na centrálních betonárnách. Státní cenová politika tehdy udržovala ceny cementu na nezdravě nízké úrovni, částečná náhrada levného cementu popílkem ztrácela ekonomický smysl, náklady spojené s pořízením popílku se přibližně rovnaly úsporám za ušetřený cement a celkový hospodářský výsledek byl nezajímavý.

2. Nové technické a organizační podmínky pro využívání popílků

Výrazné společenské změny, které v naší republice probíhaly od počátku devadesátých let minulého století měly až neuvěřitelně velký dopad i do zdánlivě odtržené oblasti využívání popílků ve stavebnictví. V energetice jako zdroji této druhotné suroviny i ve stavebnictví jako jejím možným zpracovateli se uskutečnily zcela zásadní majetkové změny, které vedly k novým koncepčním přístupům a v konečném důsledku i k dočasnému období stagnace v uplatňování nových technologií.

Většina našich energetických zdrojů produkujících popílek po změně vlastníků prošla etapou *modernizace technologického vybavení*. Jak je všeobecně známo, značné investiční prostředky byly vloženy do technologií spojených s odsiřením spalin a do výstavby nových kotlů, většinou se jednalo o fluidní kotle přímo odsiřované. Poměrně rychle se tak zvyšovala objemová produkce fluidních popílků, současně se snižoval počet menších, často lokálních zdrojů produkujících klasický popílek. Konečné důsledky těchto změn lze uvést na příkladu územních oblastí jižní a střední Moravy, kde bylo uvedeno do provozu několik fluidních kotlů a není zde již žádný větší zdroj kvalitního klasického popílku vhodného např. pro zpracování při výrobě betonu.

Za další nový systémový prvek v zajištění využívání popílků je možno považovat některé moderní organizační zásady, které jsou v oblasti energetiky dnes již běžně uplatňovány. Na principu outsourcingu jsou z elektrárenských a teplárenských provozů často vyčleňovány činnosti spojené s likvidací popelů a popílků, vedení energetického zdroje se zajímá především o výrobu elektřiny a tepla, efektivní využívání popílku jako druhotné suroviny tak nepatří mezi rozhodující cílové úkoly.

V rámci modernizace velkých a středních elektráren a tepláren byla většinou vybudována i *míchací centra* na úpravu produkovaných popílků, pro jejich provozování je však většinou najímána cizí organizace. V míchacích centrech jsou převážně vyráběny různé druhy popílkových stabilizátů, které jsou navrženy a certifikovány jako stavební polotovary pro uzavírání a technickou rekultivaci stávajících popílkových složišť energetiky. Využívání takto vyráběných popílkových stabilizátů přímo ve stavebnictví je spíše příležitostné, technologické vybavení většiny míchacích center ani neumožňuje vyrábět speciální stavební polotovary pro náročnější užití. Velké investiční prostředky vložené do výstavby míchacích center tak z hlediska efektivního využívání popílků ve stavebnictví nebyly dosud zcela efektivně využity.

V současné době je *situace v energetice i ve stavebnictví v organizačním uspořádání již stabilizována* a postupně se vytváří nové a většinou příznivé podmínky pro využívání popílku ve stavební výrobě. Na základě dlouhodobých smluvních vztahů společnost Orgrez, a.s. divize Ostrava provádí pravidelné odběry a sledování vlastností popílků u většiny našich elektráren a tepláren, veškeré výsledky jsou zapracovány do pravidelně vydávaných Evidenčních listů. Stavební organizace, které mají zájem o využívání popílků tak mohou využít *evidenční listy* jako výchozí podklady pro výběr vhodných surovin a současně mohou využít i služeb společnosti Orgrez, a.s. při organizačním zabezpečení příštích dodávek popílku.

3. Návrh nových technických norem pro využití popílků v silničním stavitelství

Důležitou součástí organizačního zabezpečení využívání popílků ve stavebnictví je i postupný přechod k využívání jednotných evropských norem. Hromadné využití popílků pro výrobu cementů a pro jejich využívání při výrobě betonů již procesem přechodu na evropské normy prošlo v minulých letech, tyto normy jsou běžně využívány s dobrými výsledky a nečiní uživatelům žádné zásadní potíže.

Podobným procesem v současné době prochází příprava technologií spojených s využitím popílků při stavbě vozovek. Úkolem přejímání evropských norem pro stavbu vozovek bylo pověřeno Centrum technické normalizace společnosti Silmos s.r.o., Brno, v jehož širším řešitelském týmu měl spoluautor tohoto příspěvku možnost pracovat. V dalším textu bude stručně poukázáno na zásadní aspekty při zpracování návrhů nových norem.

ČSN EN 14227-4 Směsi stmelené hydraulickými pojivy – Specifikace – Část 4.

Z hlediska dalších aplikací popílků v silničním stavitelství má rozhodující význam norma ČSN EN 14227-4. Tato norma je českou verzí evropské normy EN 14227-14:2006 a má stejný statut jako oficiální verze.

Základní norma ČSN EN 14227-4 je výchozím podkladem pro zpracování navazujících norem pro výrobu a užití popílkových suspenzí a popílkových stabilizátů, u kterých dosud ve stavební výrobě nedošlo k žádoucímu uplatnění, z technologického hlediska se však jedná o stavební polotovary velmi perspektivní.

Vlastní norma ČSN EN 14227-4 je tedy specifikací pro popílek a vymezuje parametry pro křemičitý a vápenatý popílek, vyráběné spalováním práškového uhlí v tepelných elektrárnách a teplárnách a používané do hydraulicky stmelených směsí pro konstrukce vozovek a jiných dopravních ploch. Na tuto normu navazují dvě ČSN EN pro směsi s použitím suchého popílku, a to ČSN EN 14227-3 pro kamenivo zpevněné popílkem a ČSN EN 14227-14 pro zeminy stmelené popílkem. Tyto tři evropské normy jsou návazně doplněny o další dvě ČSN a to ČSN 73 6124-2 Popílkové suspenze - jako specifikace pro optimálně ztekucený popílek a ČSN 73 6124-3 Popílkový stabilizát – jako specifikace pro optimálně zvlhčený popílek.

ČSN EN 14227-4 nahrazuje dvě stávající ČSN (ČSN 72 2072-7 a ČSN P 72 2081-12) a již z předmětu evropské normy a názvu je vidět zásadní odlišnost v pohledu norem na popílek jako materiál. Evropská norma člení popílek do dvou skupin na křemičitý a vápenatý, zatímco stávající dvě ČSN hovoří o popílkem klasickém a fluidním. Evropská norma jako hledisko při dělení popílků na dvě skupiny předepisuje dosažení stanovených vlastností pro obě kategorie. Zařazení konkrétního popílku do kategorie je tedy pouze na základě toho, jakých parametrů daný popílek dosáhne. Uvedená terminologie popílků je v technických normách užita již řadu let např. v normě ČSN EN 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití (popílkem W, V), resp. nepřímo v ČSN EN 450 Popílek do betonu, který je zkoušen dle cementářské normy.

Obě stávající ČSN 72 2072-7 a ČSN P 72 2081-12 vycházejí již svým názvem z technologie spalování, při kterém popílek jako odpadní produkt vzniká. První ČSN sice hovoří obec-

ně jenom o popílku, ale vedle ní existuje druhá ČSN P určená přímo pro fluidní popílek. Znamená to, že posuzování vlastností popílků je rozdílné pro popílky vzniklé klasickým spalováním a pro popílky z fluidních kotlů, každá tato kategorie má svoji skupinu norem, svoje předepsané parametry a jejich hodnoty.

Při práci na vyhodnocování rozdílů mezi požadavky obou skupin norem – evropských a ČSN – byla provedena obsáhlá studie, která na základě statistického vyhodnocení výsledků zkoušek s popílky, porovnávala hodnoty dosažené u klasických a fluidních popílků z vybraných našich elektráren s požadavky a zatříděním popílků podle návrhu nové ČSN EN 14227-4. Po prvním posouzení se zdálo jako naprosto jednoznačné hledisko vymezení obou kategorií stanovením obsahu volného CaO. Příslušná EN nestanovuje pro křemičité popílky žádnou hranici, pouze zavádí povinnost provádět zkoušku objemové stálosti při obsahu volného CaO nad 1%. Pro vápenaté popílky je hranice obsahu volného CaO stanovena minimální hodnotou 5%. Stávající ČSN pro klasické popílky požaduje obsah volného CaO stejnou hranicí max. 1%, pro fluidní popílky max. hranicí 10%.

Při podrobnějším porovnávání požadavků obou norem bylo hledisko obsahu volného CaO jako kritéria pro kategorizaci popílků odsunuto jako vedlejší a komentářem v definicích byl přijat v ČSN EN 14227-4 mnohem obecněji zaměřený převod:

- za křemičitý popílek se považuje zpravidla popílek vzniklý klasickým spalováním,
- za vápenatý se považuje zpravidla popílek fluidní.

Technologie spalování zde tedy hraje podstatnou roli (stejně jako ve stávajících ČSN), přitom je nutné dosáhnout parametrů předepsaných normou.

ČSN 73 6124-2 Popílkové suspenze a ČSN 73 6124-3 Popílkový stabilizát

Vzhledem k tomu, že ČSN EN 14227-4 a návazné normy pojednávají o použití popílků do směsí v suchém stavu, byly z hlediska komplexnosti škály užití popílků jako pojiva ve stmelěných směsích pozemních komunikací a inženýrských staveb - zařazeny do souboru projednávaných norem i dvě tzv. zbytkové české technické normy.

Předmětem *ČSN 73 6124-2 Popílkové suspenze* - je stanovení kvalitativních požadavků na koncentrované samotuhnoucí popílkové suspenze, používané jako stavební polotovar při budování hutných a únosných konstrukcí zemních těles vytvářených odléváním do prostoru konstrukce. Samostatným významným použitím popílkové suspenze je například konstrukční vrstva vozovky - kamenivo zpevněné popelkovou suspenzí KAPS podle ČSN 73 6127 s rozmanitými inženýrskými aplikacemi. Předmětem normy je dále stanovení kvalitativních požadavků na popílky, ze kterých mohou být popílkové suspenze vyráběny.

Předložený návrh ČSN 73 6124-2 Popílkové suspenze má přímou vazbu na základní normu ČSN EN 14227-4 a v podstatě ji doplňuje tak, že upřesňuje specifikaci části základní normy pro směsi popílku, pojiva a vody, vyráběné v optimálním ztekuceném stavu.

Předmětem *ČSN 73 6124-3 Popílkový stabilizát* - je stanovení kvalitativních požadavků na popílkový stabilizát používaný jako stavební polotovar při provádění hutných a únosných konstrukcí zemních těles. Dále je předmětem normy stanovení kvalitativních požadavků na popílky, ze kterých může být popílkový stabilizát vyráběn. Norma ČSN 73 6124-3 má přímou vazbu na základní normu ČSN EN 14227-3 Směsi stmelené hydraulickými pojivy

– Specifikace – Část 3: Směsi stmelené popílky, představující specifikaci pro směsi kame-niva s popílkem a zahrnující pět druhů směsí.

Návrh ČSN 73 6124-3 Popílkový stabilizát v podstatě doplňuje výše uvedenou základní normu tak, že upřesňuje a přesně specifikuje část základní normy pro směs popílku, pojiva a vody, vyráběnou optimálně zvlhčeném stavu.

4. Závěr

Uplatnění nové evropské normy ČSN EN 14227-4 při stavbě pozemních komunikací přináší do problematiky využití popílků některé nové prvky, základní koncepce posuzování vlastností popílků a jejich produktů se však výrazně nemění. Mimo uplatnění nového názvosloví jsou v evropské normě nově formulovány požadavky na granulometrii popílku, dále je limitován obsah volného CaO v popílku, který definuje hranici mezi křemičitým a vápenatým popílkem.

Novým prvkem ČSN EN 14227-4 je možnost využití speciálních směsí klasických a fluidních popílků, které ve vhodném poměru mísení mohou získat nové výhodné vlastnosti. Takto připravený směsný popílek je následně zatříděn a hodnocen jako křemičitý nebo vápenatý podle konkrétních vlastností připravené popílkové směsi.

Příprava směsných popílků jako polotovaru vhodného k dalšímu užití umožní stabilizovat vlastnosti produktu a tyto vlastnosti garantovat při dodávkách. V navržené normě ČSN EN 14227-4 včetně národních příloh, úprava klasifikace popílků může být zvláště vhodná k využití u energetických zdrojů, které produkují klasický i fluidní popílek současně. Může však být s výhodou využita i v lokalitách, kde v relativně těsné blízkosti jsou u různých energetických zdrojů produkovány klasické a fluidní popílky. Navržená úprava normy může mít praktický význam především k vytváření potenciálních možností užití fluidních popílků, které většinou vykazují kolísavé vlastnosti, ve směsi s popílkem klasickým však lze jejich tuto nevýhodu omezit nebo zcela eliminovat.

Uplatnění nové evropské normy pro zpracování popílků v silničním stavitelství si klade za cíl zlepšit organizační i technologické podmínky pro využívání popílků v této oblasti stavebnictví s předpokladem, že společně s převzetím evropské normy dojde i k postupnému přebírání pozitivních zahraničních zkušeností. Současně lze předpokládat, že postupné zavádění těchto technologií do praxe povede i ke zlepšení spolupráce producentů popílků a stavebních organizací jako zpracovatelů. Jako první pozitivní krok v tomto směru lze považovat spoluúčast specialistů našich největších producentů popílků při zpracování výše uvedených evropských norem i dvou nových ČSN a jejich příslib sladit interní předpisy s požadavky nových navržených norem.

Uvedený příspěvek byl zpracován za podpory projektu GA 103/06/1829 a VVZ MSM 0021630511.

5. Literatura

- Fečko, P. a kol. Popílky. Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, 2003. 187 s., ISBN 80-248-0327-5.
- Večerka, I., Vrtěnová, V. Přejímání evropských norem pro stavbu vozovek, svazek 1. Zpráva Silmos s.r.o. - CTN, Brno 2007.
- Štěpánek, R., Parmová, Y. Návrh ČSN 73 6127-2, ČSN 73 6127-3. Recycling Service, s.r.o, Brno, 2007.
- Soubor norem: ČSN 722071 Popílek pro stavební účely - Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení.
- Soubor norem ČSN P 722080 Fluidní popel a fluidní popílek pro stavební účely - Společná ustanovení, požadavky a metody zkoušení.
- ČSN EN 450 (722064) Popílek do betonu - Definice, požadavky a kontrola jakosti
- ČSN EN 197-1 (72 2101) Cement - Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití

METODY MĚŘENÍ DIFUZE CO₂ POVRCHOVÝMI ÚPRAVAMI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

Ing. Václav Pumpr, CSc. (1)

Ing. Zdeněk Vávra (2)

BĚTOSAN s.r.o, Na Dolinách 28, 147 00 Praha 4, www.betosan.cz

(1) e-mail: pumpr.v@betosan.cz

(2) e-mail: vavra.z@betosan.cz

Anotace:

Životnost či použitelnost železobetonových konstrukcí může být významně snížena agresivním působením plynného prostředí, které danou konstrukci obklopuje. Velmi častou příčinou poruch je postupná ztráta alkality tzv. krycí vrstvy v důsledku karbonatace, tj. reakce vzdušného CO₂ s hydratačními produkty cementu a z toho rezultující ztráta pasivity uložených vý-ztužných vložek.

Příspěvek se zabývá experimentálními možnostmi charakterizace účinnosti prostředků tzv. sekundární ochrany zpomalujících tyto nežádoucí procesy.

1. Úvod

Jedním z významných opatření, která mohou prodloužit životnost železobetonových konstrukcí, je aplikace prostředků sekundární ochrany, od nichž se očekává mimo jiné, že budou proces karbonatace účinně brzdit.

Tato schopnost bývá charakterizována hodnotou tzv. ekvivalentní difúzní tloušťky R_d CO₂, resp. pomocí bezrozměrného koeficientu difúze CO₂ v daném prostředí sekundární ochrany (zpravidla nátěr tvořený tenkou polymerní vrstvou). Tento koeficient μ CO₂ je definován jako:

$$\mu^{CO_2} = \frac{D_v^{CO_2} \cdot |c|}{J_s \cdot s_s}$$

kde	$D_v^{CO_2}$	dif.koeficient pro CO ₂ ve vzduchu (m ² s ⁻¹)
	$ c $	koncentrační spád (kgm ⁻³)
	J_s	hustota toku CO ₂ polymerní vrstvou (kgm ⁻² s ⁻¹)
	s_s	tloušťka permeované vrstvy polymeru (nátěru) (m)

Ekvivalentní difúzní tloušťka R_d CO₂ je definována jako:

$$R_d^{CO_2} = \mu^{CO_2} \cdot s_s$$

Ekvivalentní difúzní tloušťka R_d CO₂ (nazývaný rovněž někdy jako odpor proti permeaci) udává s ohledem na definici, jak velká by musela být při daném koncentračním spádu vrstva vzduchu, která by kladla stejný (ekvivalentní) odpor vůči difúzi CO₂ jako vrstva zkoumaného materiálu. Proto se tento odpor nazývá rovněž ekvivalentní difúzní vrstva.

2. Stanovení koeficientu odporu proti difúzi μ^{CO_2}

Z definičního vztahu koeficientu odporu proti difúzi μ^{CO_2} vyplývá, že k jeho vyčíslení je nezbytné znát jednak hodnotu difúzního koeficientu CO_2 ve vzduchu $DVCO_2$ za stanovených podmínek, jednak hustotu difúzního toku CO_2 přes zkoumanou vrstvu (pro zjednodušení dále jen polymerní membránu). Transport hmoty membránou ať již vlivem chemického potenciálu, teploty či tlaku je obecně dosti složitý proces, který závisí jak na charakteru membrány, tak na charakteru pronikajících hmotných částic. U polymerních membrán může mít transport hmoty v závislosti na přítomnosti či nepřítomnosti pórů a jejich velikosti povahu molekulárního (Knudsenova) toku nebo toku laminárního (Poiseuilleova). U membrán z izotropních nepórovitých materiálů je transport hmoty sumou následných procesů sorpce, rozpouštění, aktivované difúze a desorpce pronikající látky. Přestože existuje několik empirických či semiempirických metod k odhadu transportních parametrů plynů, jedinou spolehlivou cestou jejich určení je experimentální stanovení. U systému beton - polymerní membrána, kde je polymerní materiál nanášen na povrch protkaný řadou pórů popř. vlasových trhlin, kdy dochází k částečné penetraci polymerního filmu do podpovrchových partií betonu, je zřejmé, že jiný způsob určení difúzních charakteristik než experimentální stanovení není reálný.

2.1. Kolorimetrické stanovení hloubky karbonátce

Jednou z nejjednodušších metod z experimentálního hlediska i z hlediska instrumentální náročnosti je tzv. kolorimetrické stanovení propustnosti pro CO_2 . Nejde o experimentální postup, jehož výsledkem by byl parametr mající konkrétní fyzikální rozměr. Podstata zkoušky je jednoduchá, krychle ze standardního betonu ze z jedné strany dokonale uzavře ví-cevrstevným epoxidovým nátěrem. Zbývající stěny zkušební krychle se převrství v souladu s pokyny výrobce zkoušenou či zkoušenými povrchovými úpravami a zkušební těleso se umístí do temperovaného prostoru s konstantní relativní vlhkostí a atmosférou obohacenou o CO_2 . Po stanovené době se těleso rozpůlí resp. rozčtvrtí a ihned se pomocí vhodného acidobázického indikátoru (obvykle fenolftalein) určí hloubka karbonátce.

Výsledkem této zkoušky není, jak již bylo řečeno, nějaký fyzikální parametr zkoušeného nátěru, ale pouze verdikt, zda za daných experimentálních podmínek zkoušený nátěr vyhověl požadavku daného předpisu či nikoliv. Tento postup je používán např. v Rakousku, kde byl normativně podchycen do Technických podmínek pro údržbu a sanaci betonových a železobetonových konstrukcí [7]. U nás je tento postup normativně podchycen v prakticky nezměněné podobě např. v aktuálním vydání Technických podmínek pro sanaci betonových konstrukcí TP SSBK II z roku 2003 v kapitole P.7.10. [8].

Nevýhodou postupu je vedle fyzikálně nejednoznačného výstupu měření především vysoká časová náročnost. Zkušební tělesa jsou exponována po dobu 6 měsíců a po provedení zkoušky jsou destruktivně znehodnocena a nejsou k dispozici k dalším zkouškám. Na druhou stranu se uvedený zkušební postup blíží reálné expozici ošetřeného železobetonového povrchu asi nejvíce a rovněž barevná vizualizace hloubky karbonátce je vcelku dostatečně přesná pro vyhodnocení zkoušky.

Provedení této zkoušky zvládne každá elementárně vybavená zkušební laboratoř.

2.2. Permeační stanovení transportních parametrů CO_2

K experimentálnímu stanovení fyzikálně jednoznačných transportních parametrů plynů (popř. i par), tj. stanovení koeficientu odporu proti prostupu CO_2 , je možné principiálně použít dvou metod:

- metod sorpčních
- metod permeačních

Použití sorpčních metod, kdy je de facto sledována rychlost rozpouštění plynu v polymerním materiálu, je nejen s ohledem na instrumentální náročnost, ale i z hlediska sledovaného cíle nereálné. Proto se jako jediné schůdné jeví **použití metod permeačních**. Při permeační metodě je obecně studovaný (měřený) vzorek umístěn do měrné cely, kterou rozděljuje na dvě oddělení. Měřený plyn v důsledku obvykle koncentračního spádu prostupuje (proniká) skrze membránu do tzv. měrné části cely, kde je množství prošlého, či procházejícího plynu vhodným způsobem detekováno.

Při tzv. **integrální permeační metodě** je měrné oddělení cely **uzavřeno** a množství prošlého plynu je určováno ze změny tlaku, objemu či hmotnosti.

Druhou možností experimentálního uspořádání je tzv. **uspořádání diferenciální**, kde měrné oddělení zkušební cely je **promýváno proudícím nosným plynem** a prošlý studovaný plyn je tímto proudem nosného plynu unášen k vhodnému detekčnímu čidlu.

Obě tato experimentální uspořádání mají své výhody i nevýhody. Stěžejním problémem obou permeačních metod je stanovení množství prošlého či procházejícího plynu, protože právě zvolený způsob detekce zásadním způsobem předurčuje celkové experimentální uspořádání a nepřímě i to jak dalece se měření přibližuje či vzdaluje reálným podmínkám působení atmosférického CO_2 na povrch stavebních konstrukcí.

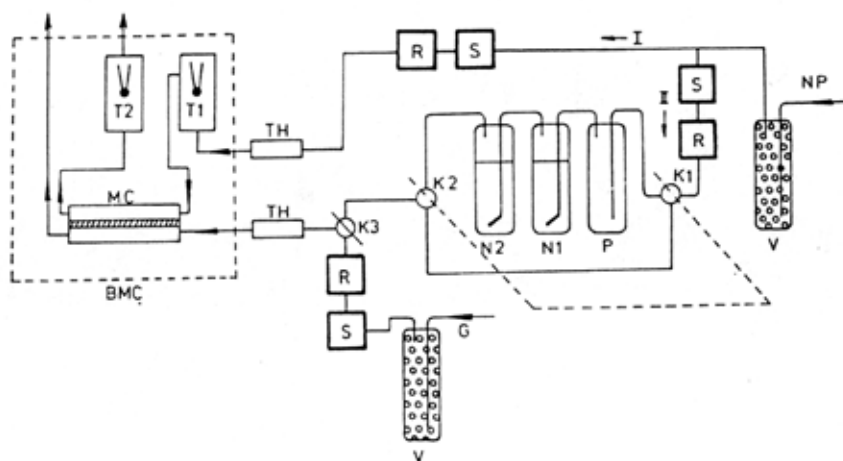
Uspořádání diferenciální

Diferenciální permeační metoda, která byla v 90. letech rozpracována na KÚ ČVUT ve spolupráci s VŠCHT Praha, má pro stanovení transportních parametrů plynů přes tenké polymerní membrány řadu výhod, především rychlost, přesnost a reprodukovatelnost měření.

Experimentální uspořádání měřicí aparatury je schematicky zobrazeno na obr.1. Aparatura byla navržena tak, aby umožnila stanovit transportní parametry CO_2 a vodní páry na vzorcích polymerní membrány tloušťky do 2mm při atmosférickém tlaku a zvolené teplotě. Podstatou měření je stanovení množství procházejícího plynu přes změřený vzorek ze změny tepelné vodivosti nosného plynu. Jako nosný plyn s dostatečně odlehlou tepelnou vodivostí se osvědčil vodík.

Ze schématu je patrné, že nosný plyn (označen jako NP) je přiváděn z tlakové nádoby přes redukční ventil a je zbavován vlhkosti na molekulových sítích v sušící komoře V.

Cestou I prochází pak suchý nosný plyn (vodík) stabilizátorem průtoku S, průtokoměrem R a termostatovacím hadem TH do bloku s měřicí celou a termistorem. V bloku prochází ko-můrkou s termistorem T1 do horního oddělení cely, jehož dno tvoří měřený vzorek (polymerní membrána). Po té nosný plyn prochází komůrkou s termistorem T2 a opouští měřicí blok.



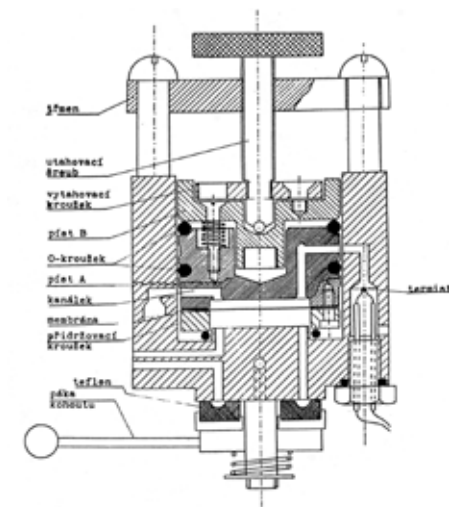
Obr.1 Schéma měřicí aparatury pro diferenciální permeační metodu měření transportních parametrů plynů

Cestou II je možné přivádět buď nosný plyn nasycený vodními parami nebo čistý měřený plyn - CO₂. Při stanovení je oxid uhličitý přiváděn přes sušící komoru V, stabilizátor průtoku S, průtokoměr R, ventil K3 a termostatovací had TH do dolního oddělení cely.

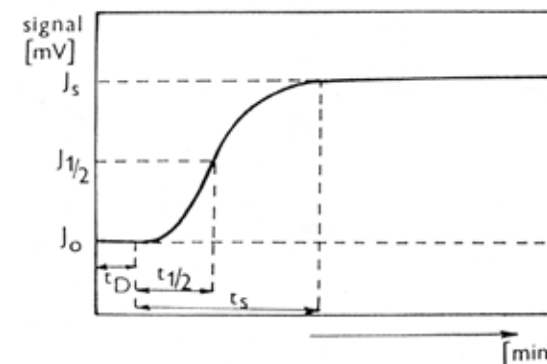
Termistory T1 a T2 indikují tepelnou vodivost procházejícího plynu a jsou v obvodu odporového mostu vyhřívány elektrickým proudem. Různé tepelné vodivosti plynu v okolí termistorů vyvolávají vznik stejnosměrného napětí na měřicí diagonále mostu, které je, jak lze prokázat, přímo úměrné složení plyné směsi (tj. vodíku obohaceného o procházející měřený plyn CO₂).

Za klíčovou část měřicí aparatury lze považovat měřící celu, jejíž řez je uveden na obr.2. Cella je zhotovena z mosazného bloku, je umístěna v termostatovaném obalu a skládá se ze dvou částí. Jednou z nich je zabroušený válcovitý píst o průměru 40 mm do něhož se vkládá měřený vzorek. Dokonalé utěsnění měřicí cely je základním předpokladem funkčnosti celé aparatury a je zajišťováno unikátní konstrukcí děleného pístu.

Měření vyžaduje připravit kruhové vzorky a to buď jako samonosný film, což nebývá v okruhu nátěrových hmot, které jsou předmětem našeho zájmu příliš časté, nebo nanesené na vhodném nosiči. Experimentálně bylo v minulosti odzkoušeno několik typů papírových nosičů, jako relativně dobře použitelný se jeví křídový nenasákový papír, přestože je zřejmé, že tento nosič vzorku se velmi liší od reálného podkladu - betonu. Po umístění vzorku do měrné cely a dokonalém vytemperování měrné cely a ustálení průtoků nosného plynu v obou větvích (cesta I a II), se v jedné větvi nahradí vodík oxidem uhličitým a počne se snímat elektrický signál z měrného mostu. Na obr.3 je uvedena typická odezva. Pro vyhodnocení transportních parametrů je možné využít jak rychlosti celé změny, tak rozdílu v napěťovém signálu při do-sažení stacionárního stavu.



Obr.2 Konstrukční uspořádání měřicí cely



Obr.3 Změna napěťového signálu při diferenciálním stanovení permeace CO₂

Za pomoci této aparatury byly v uplynulém období provedeny desítky měření, které potvrdily výše uvedené výhody diferenciální permeační metody, tj. především rychlost, přesnost a reprodukovatelnost měření.

Na druhou stranu je nutno připustit, že tento postup je velmi instrumentálně náročný a je spíše předurčen pro výzkumné a badatelské účely než pro rutinní zkoušky materiálů. Navíc je třeba říci, že podmínky měření i přípravy vzorků jsou silně vzdáleny reálné expozici nátěrů na stavebních konstrukcích. Podmínky expozice vzorků při této metodě (zcela suché plyny, vodík a CO₂ bez stop vlhkosti a vzduchu) proto vedou k poněkud odlehkým výsledkům v porovnání s jinými metodami, přičemž je zřejmé, že jedním z důvodů této skutečnosti je fakt, že není naplněna základní předpoklad I.Fickova zákona a sice to, že difúzní koeficient plynu je konstantní bez ohledu na koncentrační spád a případnou přítomnost dalších plyných složek.

Uspořádání integrální

Mezi integrální permeační metody náleží veškeré tzv. kelímkové metody. Ve stavební praxi je známý a delší dobu používaný postup využívající permeační integrální metody pro stanovení propustnosti vodní páry povrchovou úpravou stavebních děl. Detailně je popsán např. v [2]. Při tomto měření je měřený vzorek zatmelen do zkušební misky (cely). Uzávěřené dno misky (kelímku) je naplněno vhodným sorpčním činidlem (při stanovení paropropustnosti obvykle silikagel, chloristan hořečnatý apod.). Celá nádoba (kelímek) je pak umístěna do prostředí o známé koncentraci, resp. známém a neměnném parciálním tlaku vodní páry a množství prošlé vlhkosti je detekováno ve zvolených časových intervalech nárůstem hmotnosti celé měrné nádoby.

Při známé tloušťce vzorku a definovaném koncentračním či tlakovém spádu měřeného média (vodní páry) lze stanovit z přírůstků hmotnosti v závislosti na čase hustotu toku (permeace) materiálu přes membránu, resp. stanovit hodnotu μ_{H_2O} . Mezi nesporné výhody tohoto postupu náleží to, že rozsah měření není prakticky omezen, vše odvisí od doby expozice, metoda umožňuje proměřovat i vzorky větší tloušťky a příznivé je i to, že vzorky mohou být nanášeny na reálný materiál (např. beton).

Nevýhodou tohoto postupu je opět relativně větší časová náročnost, měřitelné přírůstky hmotnosti jsou u málo propustných materiálů patrné až po týdnech. Zdlouhavost měření klade zvýšené nároky na regulaci teploty v prostoru, kde je umístěn kelímek. Na druhou stranu se stanovení prostupu vodních par provádí v tomto experimentálním uspořádání v řadě zemí dlouhá desetiletí a postupy jsou rovněž po desetiletí normativně podchyceny [3, 4].

Specifikou měření prostupu vodních par je skutečnost, že obvyklým cílem formulace nátěrových hmot je dosáhnout co nejvyšší hodnoty propustnosti, tj. minimalizovat odpor proti prostupu vodních par. Proto měření v tomto „kelímkovém“ uspořádání, poskytuje obvykle uspokojivé výsledky, protože měřitelné přírůstky hmotnosti jsou detekovatelné v relativně krátkém období a rovněž vcelku jednoduchým způsobem lze udržovat stálou tenzi vodních par v prostoru, kde je „kelímek“ se vzorkem umístěn.

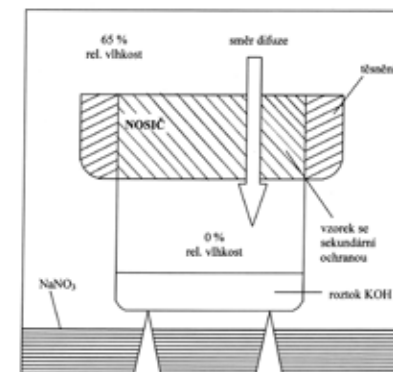
U měření odporu proti prostupu oxidu uhličitého je situace poněkud odlišná. Formulace nátěrových hmot bez výjimky směřuje k dosažení co nejvyššího odporu proti difúzi CO_2 . To samo o sobě zvyšuje nároky na instrumentaci, která musí zajistit po dobu měření zcela konstantní podmínky a to jak teplotní, tak z hlediska parciálního tlaku studovaného plynu (CO_2).

Druhým problematickým rysem používání kelímkových metod při stanovení odporu proti difúzi oxidu uhličitého je skutečnost, že obsah CO_2 činí za normálních okolností ve vzduchu pouze 0,03% objemových. Za takto nízké koncentrace není u membrán s vyšším odporem transport oxidu uhličitého vůbec měřitelný, to ostatně komplikuje i výše uvedená měření diferencíální a kolorimetrická.

Engelfried, který na počátku 70. let rozpracoval dodnes v SRN používanou metodiku měření odporu proti prostupu CO_2 zjistil, že pro měření, která mají mít přiměřenou reprodukovatelnost je nezbytné připravovat syntetickou směs čistého vzduchu s obsahem 10% objemových CO_2 [5]. Pro detekci prošlého plynu používá Engelfried tzv. „natronazbest“, což je hydroxid sodný nanášený na rozvlákněném azbestu. Vzhledem k tomu, že toto sorpč-

ní činidlo krom oxidu uhličitého velmi ochotně jímá i vodu, musí celé měření probíhat za zcela suchých podmínek. Tato okolnost je svým způsobem opět tím faktorem, které získané výsledky vzdaluje reálné expozici nátěrových systémů. Je totiž dobře známo, že ve zcela suchém prostředí beton s oxidem uhličitým vůbec nereaguje a lze se důvodně domnívat, že i transport oxidu uhličitého polymerní membránou bude nepřítomností vody výrazně ovlivňován.

Engelfriedova metoda se stala výchozí metodikou pro metodu stanovení dle Matouška a Drochytky, která byla rozpracována na přelomu 80. a 90. let na VUT Brno [6]. Při této integrální permeační metodě je vzorek zkoumaného prostředku sekundární ochrany exponován v prostředí s 65% RV v atmosféře obohacené na 50% CO_2 , viz obr.4.



Obr.4 Schematické znázornění experimentálního uspořádání při kelímkové „integrální“ metodě stanovení propustnosti pro CO_2

Oxid uhličitý procházející vzorkem je sorbován do koncentrovaného roztoku hydroxidu draselného a prošlé množství plynu je následně zpětně detekováno titrací kyselinou chlorovo-díkovou na methylovanž. Právě titrační stanovení se ukázalo být jako relativně problematické, protože jeho přesnost je velmi malá a vyžaduje mimořádnou zkušenost a preciznost. U málo propustných nátěrů je pak přesnost tohoto způsobu indikace zcela nedostačující. Metoda sama o sobě není příliš instrumentálně náročná, klade spíše vysoké nároky na pracovníky laboratoře.

V tomto ohledu se zatím jako přesnější a reprodukovatelnější metoda indikace prošlého plynu jeví volumetrická metoda. Sorpční činidlo, kterým je opět koncentrovaný roztok hydroxidu draselného, je ve stanovených časových intervalech odebráno z měrného kelímku, rozloženo kyselinou chlorovodíkovou a objem uvolněného CO_2 je změřen byretou s vysokou přesností. Po přepočtu na standardní teplotní a tlakové podmínky je možno takto stanovit hustotu difúzního toku přes proměřovanou polymerní membránu (nátěr).

Další zdokonalení metodiky spočívá ve výběru nosiče vzorků. Papírové nosiče používané Engelfriedem a Matouškem a Drochytkou neumožňují dostatečně reálně modelovat především vícevrstevné nátěrové systémy. Proto byl hledán podklad, který by modeloval co nejpřesněji porézní podklad, kterým beton či cementové omítky jsou. Obtíž s přípravou

dostatečně tenkých nosičů z betonu vedly k rozhodnutí používat pórovinové obkladačky po 1. výpalu, tedy keramické porézní destičky s definovanou tloušťkou, které s procházejícím plynným médiem nereagují. Současně však vytváří velmi vhodný podklad pro aplikaci celého nátěrového souvrství tak, jak je obvykle komerčně nabízeno, čímž se tento nosič výrazně v pozitivním slova smyslu odlišuje od papírových nosičů či samonosných polymerních membrán připravovaných na hutných neporézních podkladech, jakým je např. teflon. Výběr tohoto nosiče se ukázal být jako velmi vhodný i pro badatelské účely. Vzorek po provedeném měření je na tomto nosiči způsobitelný pro další experimenty, kam může náležet například umělé stárnutí, chemické či mechanické zatěžování nátěrového souvrství apod.

3. Současný stav v ČR

Stávající platná evropská norma ČSN EN 1062 – 6 [9], která byla začleněna do našeho systému norem, uvádí dvě metody pro měření propustnosti CO₂. Jeden způsob je integrální, druhý je diferenciální. Norma postupy nazývá jako „Metoda A: Vázková metoda“ a „Metoda B: Metoda nosného plynu“. Oba postupy jsou uvedeny rovněž v TP SSBK II v kapitole P.7.11.[8].

Vázková metoda spočívá v kvantitativním měření prošlého CO₂. Do měřicí nádoby je vloženo absorpční činidlo v množství dostatečném pro celou dobu trvání zkoušky. Zkušební nádoba je uzavřena vzorkem s testovaným nátěrem na horním povrchu vzorku. Podkladem vhodným pro zkoušku prostupu pro oxid uhličitý je jakýkoli materiál s průnikem vodní páry menším než 240 g/(m².d). Připravená zkušební nádoba je izolována proti působení okolní atmosféry a vložena do cely se zvýšenou koncentrací CO₂ a to 10 ± 0,5 %. Zkušební nádoba s plochou opatřenou zkušebním povlakem je exponována zkušebním plynem a průběžně (po 24 h) vážena. Při poklesu měřených změn hmotnosti pod 5 mg se prodlouží intervaly vážení. Zkouška se ukončí, jestliže přírůstek hmotnosti nádoby mezi dvěma následujícími měřeními je konstantní. Stejným způsobem se stanoví propustnost oxidu uhličitého referenčním filmem. Metoda vázková není experimentálně příliš náročná, ale klade důraz na kvalitní přípravu vzorku a pečlivost laboratorního pracovníka.

Metoda nosného plynu je uspořádána následovně. Vzorek na vhodném nosiči je umístěn do permeační nádoby tak, že od sebe odděluje prostor s měřicím plynem a prostor s nosným plynem. Nátěr je nasměrován k nosnému plynu. Nosný plyn unáší měřený plyn, který prošel přes membránu zkoušeného nátěru, k detekčnímu zařízení. Zkouška probíhá do ustálení koncentrace CO₂ v nosném plynu. Stanovení propustnosti je prováděno také na referenčním vzorku o známé propustnosti oxidu uhličitého. Metoda nosného plynu je především náročná na vybavení laboratoře a přesnost měření.

4. Závěr

Ochrana železobetonových konstrukcí vůči agresivním vlivům atmosféry pomocí prostředků sekundární ochrany se stala v průběhu 90.let minulého století i v České republice standardní součástí oprav železobetonu i finalizace nových stavebních konstrukcí z železobetonu. Pochopitelně souběžně s tím, začaly být požadovány informace o příslušných technických parametrech nátěrových systémů včetně schopnosti brzdit vstup CO₂. V současné době je možné v technických listech řady výrobků určených pro ochranu železo-betonu tuto informaci nalézt.

Pro racionální volbu nátěrového systému i pro vzájemné porovnání jednotlivých výrobků je ovšem významné uvádět jakým způsobem byl odpor proti prostupu CO₂ stanoven. Jak bylo výše naznačeno, možných experimentálně schůdných postupů je několik a na výslednou hodnotu koeficientu μ_{CO_2} má vliv řada faktorů, zvolený typ nosiče (papír, porézní substrát), koncentrace oxidu uhličitého v syntetické atmosféře, přítomnost vodních par a po-chopitelně i volba sorpčního činidla. Tyto vlivy ve svém důsledku způsobují, že hodnoty koeficientu μ_{CO_2} nejsou zcela srovnatelné ve svých absolutních hodnotách. Proto by bylo velmi žádoucí zkušební postupy sjednotit a jistou naději lze vkládat do evropských norem, které v současné době jsou implementovány do našich normových postupů. Momentálně uvádí za-váděná ČSN EN 1062-6 postupy dva a to jeden postup integrální a druhý diferenciální. Je pochopitelné, že pokud nebude jednoznačně vyšetřena korelace mezi oběma postupy či nebude-li zaveden jako referenční postup pouze jeden, situaci to příliš nezdědne, spíše naopak.

Citovaná literatura

1. Crank, J., Park, G.S.: Diffusion in Polymers. Academic Press, London and New York, 1968
2. ČSN EN ISO 7783-2 „Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a beton - Část 2: Stanovení a klasifikace stupně propustnosti pro vodní páru (permeability)“
3. DIN 53 122 „Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit, gravimetrisches Verfahren“
4. ANSI/ASTM C 355-64 (Reapproved 1973) Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Thick Materials
5. Engelfried R.: ústní sdělení
6. Technické podmínky pro přípravu a kontroly oprav železobetonových konstrukcí ve výrobnách ČEZ, a.s., KÚ ČVUT Praha, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, FAST VUT Brno, Brno-Praha, duben 1997
7. Richtlinie. Erhaltung und Instandsetzung von Bauten aus Beton und Stahlbeton, Österreichischer Betonverein, April 1994
8. Technické podmínky pro sanaci betonových konstrukcí TP SSBK II, Sdružení pro sanaci betonových konstrukcí, Brno 2003
9. ČSN EN 1062 – 6 „Nátěrové hmoty – Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a betony – část 6: Stanovení propustnosti oxidu uhličitého“, 2003

POVRCHOVÉ ÚPRAVY MINERÁLNÍCH SUBSTRÁTŮ A JEJICH HODNOCENÍ

Ing. Kateřina Zetková	(1)
Ing. Igor Ferenčík	(2)
Ing. František Herrmann, CSc.	(3)

(1) SYNPO, akciová společnost, S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice
Tel. 466 067 298, e-mail: katerina.zetkova@synpo.cz
www.synpo.cz

(2) SYNPO, akciová společnost, S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice
Tel. 466 067 296, e-mail: igor.ferencik@synpo.cz
www.synpo.cz

(3) SYNPO, akciová společnost, S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice
Tel. 466 067 289, e-mail: frantisek.herrmann@synpo.cz
www.synpo.cz

Anotace:

Povrchová úprava betonových staveb organickými povlaky je již mnoho let nejdůležitějším nástrojem jejich ochrany. Rostoucí pozornost ochraně betonu souvisí s negativními vlivy životního prostředí a častými případy jeho koroze i havárií. Průběh opotřebování betonových staveb závisí na působení povětrnostních vlivů, na míře znečištění prostředí staveb, na velikosti a způsobu provozního namáhání, ale i na preventivní údržbě. Požadavky na povrchovou úpravu se odvíjí i od typu stavby. Zřejmý je také požadavek na vysokou kvalitu povrchové úpravy (nátěrů), aby mohly dlouhodobě a efektivně plnit své ochranné, dekorativní nebo speciální účely.

1. Povrchová ochrana betonu***Význam a použití nátěrových hmot k ochraně betonu***

Jedním z nejdůležitějších nároků na povrchovou úpravu je omezit či minimalizovat nasákavost vodou, vnikání škodlivých plynů a rozpustných solí do betonových kapilár a nebránit uvolňování vodních par z vnitřku betonu. Mezi další významné požadavky na povrchovou úpravu betonových staveb může patřit celistvost povrchu bez spár a trhlin, odolnost otěru, houževnatost vůči nárazům, bezprašnost, minimalizace nasákavosti chemických látek a olejů, snadná čistitelnost, ale i například barevnost a architektonická přijatelnost povrchu. Nejnovější generace syntetických pojiv svými vlastnostmi velmi snadno pokrývají většinu těchto požadavků. Mezi nejčastěji používaná lakařská pojiva patří akrylová a kopolymerní pojiva, epoxidové a polyurethanové pryskyřice v rozpouštědlové, vodouředitelné i bezrozpouštědlové formě.

Možné kategorizace betonů a typů používaných pojiv

- betonové zdi nových a stávajících občanských staveb
 - o vnitřní
 - o vnější

Pro nátěry vnitřních zdí převládá použití vodouředitelných nátěrových hmot. U méně náročných venkovních aplikací převažují akrylové disperze. Pro náročnější zdi veřejných a průmyslových staveb se používají epoxidové a polyuretanové nátěrové hmoty.

- betonové podlahy

Podle zatížení podlah se odlišují aplikace, které vyžadují tenké nebo silnovrstvé nátěry. Tenké filmy se používají zejména pro dekorativní a preventivní údržbu. Silnovrstvé nátěry jsou určeny pro výrobní, obchodní a veřejné objekty, jejichž povrch musí být chráněn před samotným provozem, ale i například před čistícími prostředky, popř. i před značným dopravním zatížením. U obou typů aplikací se používají epoxidové a polyuretanové nátěrové systémy, a to vodouředitelné, rozpouštědlové, popř. vysokosušivé. U méně náročných aplikací se můžeme setkat s použitím akrylátových, styren/akrylátových disperzí nebo metakrylátových kopolymerů.

- betonové střechy

na jejich ochranu se používají zejména silikonové nebo polyuretanové rozpouštědlové nebo vodouředitelné NH.

- speciální druhy betonů

plavecké bazény (pro jejich ochranu se nejčastěji používají chlorkaučuky a epoxidové NH). Do této kategorie dále mohou patřit betonové silnice, nádrže pro úpravu pitné vody (epoxydy, chlorkaučuky a polyuretanové NH), čistírny odpadních vod (epoxydy, chlorkaučuky a polyuretanové NH).

Dále průmyslové betonové objekty lze například rozlišit na

- chemické provozy
- rafinerie
- inženýrské stavby (mosty, tunely,...)
- potravinářské provozy
- farmaceutické objekty,...

Postup při provádění nátěru

Na prvním místě je nutná specifikace účelu ochrany betonu z hlediska jeho vlastností, odolnosti a životnosti. Dále výběr vhodného nátěrového systému, zajištění předúpravy betonu - příprava podkladu. Podklad musí být suchý, zbaven cizích a nesourodých částic (špina a prach, olej, mastota) a bez defektů (trhliny a díry, které můžou mít vliv na vlastnosti nátěru). Čištění je jednoduché, je možné použít kartáč, smeták, mop nebo vysavač. K odstranění mastnoty může být též použita tlaková voda, s použitím detergentů nebo pára. Někdy je nutné použití biocidů k odstranění hub a řas. V dalším kroku je nutné posoudit stav substrátu a pokusit se eliminovat některé nedostatky.

- Drobnost podkladu

Drobný substrát způsobí velmi malou adhezi, nadměrný průchod vodní páry nebo osmotický tlak může způsobit tvorbu puchýřků. Doporučuje se impregnace (konsolidace) podkladu. K tomuto účelu se nejčastěji používají rozpouštědlové akryláty, vodouředitelné jemnočásticové akrylátové disperze, epoxydy nebo epoxidové emulze.

- Pórovitost podkladu

Pórovitý beton může způsobovat následující problémy. Rozpouštědlo (nebo voda) z PUR může být absorbována do substrátu a v nátěru vzniká množství pórů. Tento efekt se často zhoršuje jestliže během aplikace a vytvrzování se teplota zvyšuje a vzduch z betonových pórů má tendenci expandovat. Nejenom rozpouštědlo, ale i pojivo může být absorbováno

do substrátu a na povrchu zůstávají pigmenty a plniva a dochází nejenom ke ztrátě lesku, ale i ke ztrátě mechanických vlastností.

- Efflorescence

Betonové substráty často mohou obsahovat vyšší procento solí rozpustných ve vodě. Zatímco voda může unikat v podobě vodní páry, sůl bude vytvářet plochy, které mohou přispět k delaminaci nátěru od substrátu. Na transparentních nátěrových filmech tato sůl bude vypadat jako bílá ložiska, která nejenom že mohou způsobovat ztrátu adheze, ale vypadají i velmi neesteticky. K eliminaci těchto problémů může posloužit použití více naředěných impregnací, kde je předpoklad, že budou do substrátu pronikat hlouběji, než běžné impregnační prostředky. Také použití hydrofobních penetrací na bázi silikonových prostředků většinou použitých v kombinaci s akryláty může přispět k eliminaci těchto problémů.

- Vlhkost

Vlhký substrát může být hlavním problémem při aplikaci nátěrových systémů. Ale zajištění suchého podkladu není vždy zcela možné. V tomto případě je vždy nutné použít spodní nátěr, který bude tolerantní k vlhkosti.

Na závěr je nutné dodržet použití předepsané aplikační technologie a provést kontrolu kvality hotového nátěru.

Složení nátěrového systému na beton

Složení nátěrového systému na beton může vypadat následovně.

- Impregnace či penetrace, nebo použití nízkoviskózního primeru.

Cílem použití může být konsolidace nehomogenních částí betonu, zvýšení adheze nátěrového filmu k podkladu i k pórovitým nasákovým substrátům, které obvykle mají nízké adhezivní síly k nátěru. Je důležité, aby penetrační prostředek pronikl co nehlouběji do hmoty, aby byl snášenlivý se silně alkalickým podkladem, atd.

- Plnič

Použití plniče je účelné zejména při opravě starých betonů. Může se, ale nemusí (vzhledem k vysokému plnění) kombinovat s penetračním prostředkem.

- Uzavírací vrstva

Nátěrová hmota by měla vytvořit souvislý film, který by zamezoval průniku vody, případně chemikálií k podkladu.

- Vrchní tenký film

Účelem vrchního nátěru je především chránit beton před vlivem UV záření, vytvořit požadované vzhledové vlastnosti, popř. splňovat i některé další specifické užité vlastnosti (antistatické, akustické, ale i například odolnost růstu mikroorganismů, které nejen že narušují estetický vzhled, ale také způsobují biodegradaci substrátu.)

2. Přehled základních norem pro povrchovou ochranu stavebních materiálů

V oblasti nátěrových hmot a dalších systémů pro ochranu stavebních materiálů jsou zkušební metody i kvalitativní parametry normalizovány na národní i nadnárodní úrovni. Pokud jde o české technické normy, jedná se většinou o státní normy ČSN. Existuje řada původních norem ČSN, v současné době však dochází k intenzivnímu přebírání norem evropských EN a mezinárodních ISO do soustavy státních norem. Tím je zajištěna kompatibilita čs. zkušebních předpisů i norem jakosti se zeměmi Evropské unie i s ostatními vyspělými státy. Přehled harmonizovaných evropských norem pojednává o dodávání, hodnocení, výběru a specifikacích nátěrových hmot na betonové podklady. Neharmonizované normy jsou

používané pro nátěry na podklady běžně se vyskytující ve stavebnictví.

Za navrhování a zpracování těchto norem jsou zodpovědné následující technické komise CEN:

- CEN TC 104 Concrete including protection and repair (*Beton včetně jeho ochrany a oprav*)
- CEN TC 139 Paints and varnishes (*Nátěrové hmoty*).

Harmonizované normy z komise TC 104 podporují legislativní požadavky Evropské směrnice o stavebních výrobcích CPD 89/106/EEC)

Neharmonizované normy, např. ty vyvinuté komisí TC 139 mají v první řadě uspokojovat potřeby z hlediska jakosti, a to mezi výrobcem a uživatelem nebo odběratelem.

Základní přehled nejdůležitějších norem

ČSN EN 1504:2005 (73 2101) Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody

ČSN EN 1062 (67 2020) Nátěrové hmoty – Povlakové materiály a povlakové systémy pro vnější zdivo a betony

ČSN EN 13300:2002 (67 3000) Nátěrové hmoty – Vodou ředitelné nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro nátěry stěn a stropů v interiéru

ČSN EN 927 – 6 částí: NH na dřevo v exteriéru

ČSN EN 12944 – 8 částí: NH na ocelové konstrukce

3. Vlastnosti povlaků a jejich zkoušení

Důvodů proč vůbec zkoušet PÚ a NH může být celá řada, například

- výzkum a vývoj -vývoj nových výrobků
- výrobce - pro zabezpečení jakosti při výrobě, skladování a distribuci NH
- projektant - pro ověření vhodnosti navržené technologie
- smluvní strana - pro ověření kvality vstupů
- inspektor - kontrola dodržení kvality technologických prací
- investor - pro účely zjištění a odstranění vad
- soudní znalec - pro soudně znalecké účely
- certifikační orgán - pro účely certifikace výrobků dle zákona 22/1997 Sb. a udělování značek kvality

Základní přehled zkoušek nátěrových hmot (NH)

Zkoušky nátěrových hmot lze rozdělit do třech základních kategorií a to na zkoušky v kapalném stavu, zkoušky nátěrových hmot před nanášením a při nanášení a zkoušky hotových povlaků-nátěrových filmů.

Zkoušky NH v kapalném stavu

- 1.Stanovení netěkavých podílů v NH (ČSN EN ISO 3251)
- 2.Stanovení výtokové doby z výtokového pohárku (ČSN EN ISO 2431)
- 3.Stanovení viskozity rotačním viskozimetrem (ČSN EN ISO 3219)
- 4.Stanovení tixotropních vlastností NH na rotačním viskozimetru

Zkoušky vlastností NH ve stavu před nanášením a při nanášení

- 1.Povrchového zasychání – Metoda balotinou (ČSN EN ISO 1517)
- 2.Zasychání do stavu bez otisku (ČSN EN ISO 3678)
- 3.Ředitelnosti a konzistence
- 4.Doby zpracovatelnosti (pot life)
- 5.Roztíratelnost, slévateľnost, stříkatelnost, vydatnost
- 6.Stupeň rozlivu
- 7.Stupeň stékavosti s vertikálního povrchu
- 8.Tloušťka mokrého filmu

Zkoušení hotových povlaků

1. Technologické vlastnosti nátěrů
 - Tloušťka povlaku – existují destruktivní i nedestruktivní metody. K destruktivním metodám patří použití úchylkoměru, popř. mikroskopická metoda, k nedestruktivním metodám patří využití ultrazvuku, magnetické indukce, popř. použití vířivých proudů.
 - Přílnavost povlaku – existuje celkem 357 metod, k neznámějším patří odtrhová zkouška přílnavosti dle ČSN EN ISO 4624 a mířková zkouška ČSN ISO 2409.
 - Tvrdost povlaku – opět existuje celá řada metod např. Stanovení povrchové tvrdosti nátěru tužkami- ČSN 67 3075B, ASTM D 3363, ISO 15 184, Stanovení tvrdosti nátěru tlumením kyvadla – ČSN EN ISO 1522, Buchholzova vrypová zkouška – ČSN EN ISO 2815, Stanovení tvrdosti nátěru mikrotvrdoměrem (Vickers) dle bývalé ČSN 67 3074 v MPa)
 - Vláčnost (flexibilita) povlaku
Se zjišťuje jednoduchými metodami zkoušením odolnosti povlaku vůči mechanickému namáhání.

2. Optické vlastnosti nátěrů

Sleduje se například Zrcadlový lesk (ČSN ISO 2813, ASTM D 523), Změna (rozdíl) barevného odstínu (ISO 7724-3), Kryvost nátěrů – (dle bývalé ČSN 67 3065) (platí ČSN EN ISO 6504-1 (67 3014 kryvost podle Kubelka-Munk) a Křídování nátěrů (ČSN EN ISO 4628-6)

3. Specifické uživatelské vlastnosti

Do této kategorie například patří

- Stanovení odolnosti nátěrů proti oděru brusným papírem v přístroji Taber-Abraser
- Odolnost proti obrusu a proti opotřebení valivým zatížením
- Čistitelnost a odolnost vůči omývání a otěru
- a dále protikluznost (frikční koeficient), odolnost kapalinám a chemikáliím, paropropustnost, propustnost pro oxid uhličitý, mrazuvzdornost, odolnost proti střídání teplot, barevná stálost, ...

4. Ochranné vlastnosti – klimatické a korozní vlastnosti

Se zjišťují nejlépe zkouškami substrátů, opatřených nátěrem v reálných podmínkách, kterým budou po dobu své životnosti vystaveny. Pro zkrácení doby těchto zkoušek se využívají tzv. urychlené laboratorní zkoušky, zejména:

- Korozní testy
- Povětrnostní (klimatické) zkoušky
- Cyklické korozní testy (CCT)

4. Závěr

Vady a defekty nátěrů mající původ v projektové dokumentaci navržením nevhodného nátěrového systému, nevhodné předúpravy podkladu nebo nevhodné techniky nanášení vedou ke vzniku vad z 20 -30 % všech případů. Vady způsobené použitím špatného výrobku – vadné šarže nátěrové hmoty vedou ke vzniku vad z 10-15 % všech případů. Podstatné je, že 60-70 % vad a defektů nátěrů jsou zapříčiněny technologickou nekázní při provádění předúpravy povrchu, při přípravě NH k nanášení, nedodržení podmínek při nanášení NH a vytvrzování nátěrového filmu. Oprava takových povrchů je velmi složitá, proto při aplikaci nátěrů věnujte této fázi zvýšenou pozornost a mírněte spěch nezodpovědných natěračských firem.

VADY STAVEBNÍCH DĚL Z HLEDISKA PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ

Ing. Ladislav Bukovský

Ing. Ladislav Bukovský, Švábky 2, 180 00 Praha 8
Tel. 224813001, e-mail: bukovsky@bukovsky.cz
Web: www.bukovsky.cz

Anotace:

Vady stavebních děl z hlediska Obchodního a Občanského zákoníku. Definice vad. Odpovědnost za vady. Uplatňování práv vyplývajících z odpovědnost za vady staveb.

1. Úvod

S termínem vada stavby se setkáváme při řešení odpovědnosti za vady. Česká právní úprava zodpovědnosti za vady je poněkud chaotická a pro laika přímo děsivá. Odpovědnost za vady je dále specifická tím, že vzniká pouze tehdy, byla-li věc vadná v době plnění, přičemž je bez významu, zda se vada objevila v této době nebo později. Jedná se o odpovědnost objektivní, je tedy lhotejně, zda zhotovitel o této vadě věděl nebo ne. Při odpovědnosti za vady zhotoveného díla se nevyžaduje, aby na straně zhotovitele došlo k zavinění vady díla

2. Co je to vada stavebního díla

Vadami se rozumí vše, co snižuje možnost využití a upotřebení věci nebo ji jinak znehodnocuje. Obecně se vady dělí na vady faktické a právní. Je-li vada fyzické povahy, týká se například jakosti nebo množství, jde o vadu faktickou. Právní vada brání nabyvateli, aby získal taková práva k předmětu plnění, která vyplývají ze smlouvy.

Vady lze dělit i podle dalších kritérií. Vady mohou být zjevné a skryté, odstranitelné a neodstranitelné.

U vad zjevných je vyloučena odpovědnost za vady, ledaže zcizitel výslovně ujistil nabyvatele, že věc je bez jakýchkoliv závad. Zjevnost vady je pak specifickou kategorií, jejíž rozpoznatelnost se odvíjí i od schopnosti nabyvatele vadu objevit. Jinou schopnost rozpoznat vadu má průměrný občan a odborník.

Nabyvatel je proto povinen věnovat předmětu plnění alespoň běžnou pozornost, neboť nárok na uplatnění odpovědnosti za vady zákon v tomto případě nepřipouští.

V ustanovení §501 Obchodního zákoníku (dále ObchZ) je upravena situace, kdy je přenechávána nabyvateli věc jak stojí a leží. Jedná se o případ, kdy předmětem smlouvy jsou věci určené úhrnně a nikoliv tedy individuálně nebo druhově a bez ohledu na jejich jakost, množství či váhu. Odpovědnost zcizitele za vady se pak omezuje pouze na ty vlastnosti, jejichž existenci výslovně uvedl nebo které nabyvatel výslovně požadoval.

Česká úprava obsahuje regulaci odpovědnosti za vady zákonné i záruční. Zákonná odpovědnost za vady se vyznačuje tím, že poskytuje smluvním stranám ochranu v případě, kdy si samy nesmluví přísnější režim odpovědnosti za vady. Zákonná odpovědnost za vady je tedy minimem, které je zaručeno oběma smluvním stranám při závazkových vztazích, ať už podle občanského zákoníku nebo podle zákoníku obchodního.

Zákonná odpovědnost za vady zakotvuje odpovědnost zcizitele za vady věci, která má přejít na nabyvatele v okamžiku, kdy dochází k plnění. Je tedy na nabyvateli, aby dokázal, že předmět plnění měl vady v době předání. Tato konstrukce naopak chrání i zcizitele tím, že

na nabyvateli je zde ponecháno důkazní břemeno a k oznámení takové vady má jen určitou zákonem vymezenou lhůtu. Pokud vadu v této prekluzivní lhůtě neoznámí, zaniká jeho právo vyplývající ze včasného oznámení vady.

Z hlediska hodnocení a uplatnění vady musíme rozlišit obchodní vztahy (obchody – smlouvy podle Obchodního zákoníku):

relativní obchod - závazkový vztah, jehož obchodní povaha je vázána na určité podmínky. Při splnění těchto podmínek je vztah posuzován jako obchod (tj. v režimu obchodního práva),

absolutní obchod - závazkový vztah, který je vždy považován za obchod (tj. řídí se vždy ustanoveními obchodního zákoníku) bez ohledu a povahu jeho účastníků. V českém právu jsou tyto závazkové vztahy vyjmenovány v § 261 odst. 3 ObchZ jedná se např. o smluvní vztahy mezi společníky a obchodní společnostmi, družstevníky a družstvem.

fakultativní obchod - závazkový vztah, který je po dohodě jeho účastníků obchodem (tj. řídí se ustanoveními - § 262 ObchZ) Je-li účastníkem takovéto dohody nepodnikatel, nesmí dohodou dojít ke zhoršení právního postavení.

absolutní neobchod - závazkový vztah, který je vždy neobchodem (tj. řídí se ustanoveními občanského zákoníku) bez ohledu na povahu jeho účastníků (tj. i mezi podnikateli) jedná se např. o kupní smlouvy o převodu nemovitosti

Podmínkou vzniku odpovědnosti za vady je předání díla objednateli. Kontroluje-li objednatel průběh prací, tedy provádění díla, a přitom upozorňuje zhotovitele na vadné provádění, nelze hovořit o uplatňování práv z odpovědnosti za vady, neboť dílo nebylo dosud předáno. Pokud objednatel prokáže, že vada, která vznikla až po této době, byla způsobena porušením povinností zhotovitele, které mu vyplývají ze smlouvy nebo ze zákona, odpovídá zhotovitel i za tyto vady. Důležité je i splnění podmínky oznámení vad zhotoviteli bez zbytečného odkladu. Pokud objednatel tuto povinnost nesplní, nelze mu přiznat právo z takto oznámené vady.

3. Vady staveb dle Občanského zákoníku

Definice vady vychází z ustanovení § 616 Občanského zákoníku (dále ObčZ):

Vadou je nedostatek vlastností stanovených právním předpisem a/nebo ve smlouvě sjednaných a/nebo nedostatek vlastností obvyklých.

V souvislosti s odpovědností za vady nelze opominout ani požadavek uvedený v § 617 ObčZ: Je-li třeba, aby při užívání věci byla zachována zvláštní pravidla, zejména řídí-li se užívání návodem nebo je upraveno technickou normou, je prodávající povinen kupujícího s nimi seznámit, ledaže jde o pravidla obecně známá. Nesplní-li prodávající tuto povinnost, je povinen nahradit kupujícímu škodu z toho vzniklou.

Odpovědnost za vady podle ObčZ tedy není stanovena na takové smluvní volnosti jako u obchodně právních vztahů.

Zhotovitel odpovídá nejen za vady zhotovené věci, ale též za to, že věc má vlastnosti objednatelům při zakázce vyvinuté. Podle ustanovení § 645 odst. 2 ObčZ zhotovitel též odpovídá za vady věci, jejichž příčinou je vadnost materiálu dodaného objednatelům či nevhodnost jeho pokynů, pokud neprokáže, že na tuto vadnost materiálu či nevhodnost pokynů objednatel upozornil. Je tedy na zhotoviteli jako na odborníkovi, aby posoudil, zda zákazníkova objednávka je realizovatelná, a nese odpovědnost za to, že případně nezjistil její nevhodnost.

Právní úprava odpovědnosti za vady díla nebyla, narozdíl od prodeje v obchodě, dotčena novelizací občanského zákoníku č. 136/2002 Sb., která měla za cíl harmonizovat český právní řád s evropskou směrnicí č. 1999/44/ES. Tato evropská směrnice totiž nepostihuje výrobu zboží na zakázku – následkem nekonceptní implementace směrnice do českého občanského zákoníku tak došlo k tomu, že byla dosud terminologicky a systematicky vcelku jednotná a ucelená úprava odpovědnosti za vady při prodeji zboží a při zhotovení díla výrazným způsobem odlišena, a to včetně vymezení základních pojmů.

Obecná úprava pro uplatnění práv z odpovědnosti za vady zná pouze šestiměsíční lhůtu, v případě smlouvy o dílo dle ObčZ tedy zcela chybí řešení situace, kdy jednou ze stran je spotřebitel. Česká úprava tak neodpovídá stavu, který předvídá směrnice č. 1999/44/ES.

U staveb zákon stanovuje záruční dobu na tři roky. Prováděcí předpis může stanovit, že u některých částí staveb může být záruční doba kratší, nejméně však osmáct měsíců. Takto předpis však neexistuje. Dle některých právních názorů z obecné úpravy vyplývá, že lze záruční dobu zkrátit, nejméně však musí činit osmáct měsíců. Smluvní záruční doba může být samozřejmě delší.

Spotřebitelské smlouvy nesmějí obsahovat ujednání, která v rozporu s požadavkem dobré víry znamenají k újmě spotřebitele značnou nerovnováhu v právech a povinnostech stran. Nepřípustná jsou mimo jiné zejména smluvní ujednání, která vylučují nebo omezují práva spotřebitele při uplatnění odpovědnosti za vady či odpovědnosti za škodu.

4. Vady staveb podle Obchodního zákoníku

Vadou podle ObchZ je nedostatek vlastností ve smlouvě stanovených.

Odpovědnost podle ObchZ je postavena především na smluvní volnosti a nalezneme zde ustanovení, která platí podpůrně, tedy v případě, nedohodnou-li se smluvní strany jinak. Je nutno upozornit že jakmile se jednou ze stran stane spotřebitel, je již volnost a dispozitivnost ustanovení značně omezena.

Ustanovení o smlouvě o dílo obsahují úpravu odpovědnosti za vady. §560 ObchZ odkazuje v případě díla spočívajícího ve zhotovení věci na obdobné použití ustanovení §420 až 422 ObchZ, která upravují problematiku odpovědnosti za vady u kupní smlouvy podle tohoto zákona. V ostatních případech platí, že zhotovitel odpovídá ze zákona za vady, které dílo mělo v době předání a je to odpovědnost objektivní.

Odlišná u ObchZ je u smlouvy o dílo úprava lhůt, ve kterých je třeba, aby objednatel oznámil vadu díla, aby si tak zajistil možnost domoci se práv vyplývajících z odpovědnosti za

vady soudní cestou. Obchodní zákoník na tomto místě v případě odpovědnosti za vady u staveb prodlužuje tuto lhůtu na dobu pěti let. U vad, na něž se vztahuje záruka, platí místo této lhůty záruční doba. Záruka za jakost díla není uvedena v zákoně, musí být ujednána písemně.

V souvislosti s řešením vad vycházejících z obchodně právních vztahů nutno zmínit obchodní zvyklosti (§ 1, § 264 odst. 2 a § 730 ObchZ) lze charakterizovat jako určitá pravidla fakticky dodržovaná stranami hospodářského styku aniž by byla zakotvena v právním předpise. Posuzují se ve vztahu k určitému území, odvětví a konkrétnímu případu. V případě právního sporu je nutno existenci obchodní zvyklosti u soudu prokázat.

5. Závěr

Při hodnocení vad je nutno vždy vycházet z příslušného druhu smluvního vztahu.

Nedostatky, které lze hodnotit jako vady podle Občanského zákoníku, nemusí být vadami v případě smluv uzavřených podle Obchodního zákoníku v případě, že dané vlastnosti nebyly jednoznačně vymezeny.

Je nutno upozornit, že časté ujednání ve smlouvě o dílo, že dílo musí splňovat požadavky platných českých technických norem, neřeší zejména požadavky na vzhled stavby.

Ze zkušeností vyplývá, že jediným způsobem, jak omezit nedorozumění mezi objednatelem a zhotovitelem je jednoznačně a přesně písemně sjednat kvalitativní požadavky, které musí dílo splňovat.

SONDA PRO KOROZNÍ MONITORING V BETONU

Ing. Milan Kouřil, Ph.D. (1)

Prof. Ing. Pavel Novák, CSc. (2)

- (1) Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Technická 5, 166 08 Praha 6, tel. 220 443 750, e-mail: kourilm@vscht.cz
- (2) Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Technická 5, 166 08 Praha 6, tel. 220 444 033, e-mail: novakp@vscht.cz.

Anotace:

Je uveden popis snímače AFT pro korozní monitoring určený pro zabudování do vrstvy čerstvého betonu na železobetonových konstrukcích. Snímač dovoluje sledovat postup jak karbonatační, tak chloridové fronty krycí vrstvou betonu pomocí potenciálových rozdílů mezi jednotlivými vzorky i proti referenčním elektrodám. Snímač je vybaven třemi ocelovými vzorky v různých úrovních od povrchu betonu a čtyřmi stříbrnými vzorky s vrstvou chloridu stříbrného. Snímač je elektricky propojen s ocelovou výztuží konstrukce. Hlavní referenční elektroda zhotovená z titanu s vrstvou oxidů iridia, je umístěná ve snímači, připojeny jsou další dvě kontrolní referenční elektrody. Analogový napěťový signál snímače je převáděn k dalšímu zpracování stíněným kabelem. Snímač umožňuje i proudová a jednorázová polarizační měření.

1. Úvod

Na základě existujících komerčních produktů (snímač ECI od firmy Virginia Technologies [1], snímač Corrowatch a elektroda ERE 20 od firmy Germann Instruments (FORCE Technology) [2], Model 900 Concrete multi-depth sensor od firmy Rohrback Cosasco Systems Inc. [3]), literárních údajů [4-6] a vlastních zkušeností jsme sestavili snímač AFT určený pro zabudování do vrstvy čerstvého betonu. Snímač dovoluje využít elektrochemické postupy ke stanovení korozní agresivity v krycí vrstvě betonu. Vlastní snímač je zdrojem napěťových analogových signálů, které jsou přenášeny stíněným kabelem do měřicího ústředního resp. loggeru, umístěných vně železobetonové konstrukce. Alternativně lze ocelové vzorky snímače připojit i na proudový sledovač. Snímač je využitelný i pro polarizační měření.

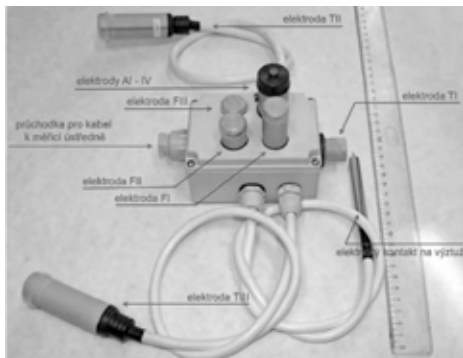
2. Popis snímače

Snímač AFT dovoluje:

- sledovat postup chloridové a karbonatační fronty krycí vrstvou betonu podle potenciálu chloridostříbrných elektrod a podle samovolného korozního potenciálu ocelových vzorků snímače.
- Měřit samovolný korozní potenciál kovové výztuže v místě upevnění referenčních elektrod.
- Měřit semikvantitativně hodnotu polarizačního odporu ocelových vzorků na snímači v různých úrovních od povrchu.

Na snímači (obr. 1, 2) jsou umístěny ocelové válcové vzorky v odstupňované vzdálenosti od povrchu betonu. Prvá úroveň se předpokládá ve vzdálenosti 5 až 10 mm od povrchu betonu, třetí v úrovni první vrstvy výztuže, druhá v polovině vzdálenosti první a třetí úrovně.

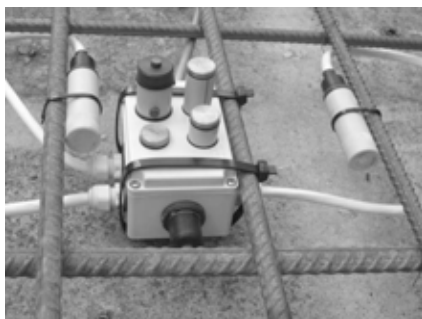
Na snímači jsou také odstupňovaně umístěny čtyři stříbrné elektrody s vrstvou chloridu stříbrného k indikaci postupu chloridové fronty. Snímač obsahuje také referenční elektrodu z titanu pokrytého oxidy iridia v prostředí cementového tmelu. Další dvě referenční elektrody lze připojit do snímače stíněným kabelem jako externí ke kontrole funkce hlavní referenční elektrody ve snímači. Referenční elektrody mohou být alternativně burelové. Potenciál zabudovaných referenčních elektrod lze periodicky kontrolovat z povrchu betonu v místě zabudování snímače. Snímač také obsahuje elektrické připojení k vlastní ocelové výztuži železobetonové konstrukce.



Obr. 1 Snímač AFT433, elektrody A I – IV jsou chloridostříbrné pro detekci postupu chloridové fronty, F I – III ocelové (ČSN 10 505) pro detekci postupu kritických podmínek pro aktivaci výztuže, T I – III jsou referenční elektrody (titan s oxidy iridia) pro snímání potenciálu elektrod A I – IV, F I – III a výztuže.

Snímač může být doplněn o elektrodu z korozivzdorné oceli v úrovni první vrstvy výztuže. Tato elektroda může plnit jak funkci referenční elektrody, tak i protielektrody.

Za účelné pokládáme v místě zabudování snímače vymezení vzdálenost od povrchu tyčkami z korozivzdorné oceli, která budou přivařeny k výztuži. Toto uspořádání dovolí jak vymezení vzdáleností elektrod snímače od povrchu, tak jeho lokalizaci. Dále pak to umožní kontrolní měření potenciálu výztuže (v místě zabudování snímače), které může být využito i pro periodickou kontrolu potenciálu zabudovaných referenčních elektrod.



Obr. 2 Umístění snímače AFT 433 pro zalití do povrchové vrstvy betonu

Při potenciálových měřeních se zjištěná hodnota samovolného korozního potenciálu obvykle převádí na informaci o pravděpodobnosti korozní aktivity výztuže pomocí hraničních hodnot uvedených v ASTM C-876. Podle této již dosti staré normy je při samovolném korozním potenciálu kladnějším než -120 mV (ACLE) pravděpodobnost koroze menší než 90%; při Ekor v intervalu -120 až -270 mV (ACLE) je pravděpodobnost koroze neurčitá a při Ekor zápornějším než -270 mV (ACLE) je údajně pravděpodobnost koroze větší než 90%. Tato interpretace je poněkud nejednoznačná, už proto, že „šedá“ - neurčitá zóna je široká 150 mV a také proto, že samovolný korozní potenciál je ovlivněn vedle korozní aktivity i oxidační schopností prostředí. Malá oxidační schopnost (záporné potenciály) nemusí nutně znamenat zvýšenou korozní aktivitu.

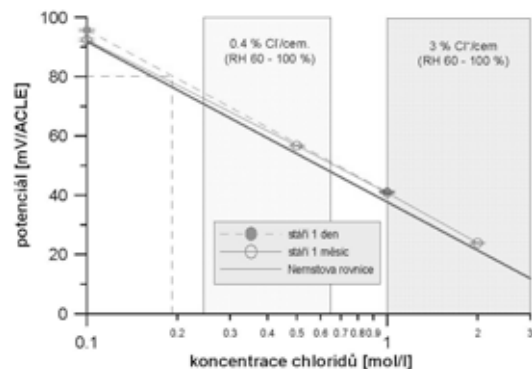
V každém případě ale v článku mezi aktivním a pasivním vzorkem výztuže vzniká významný potenciálový rozdíl a lze tak i bez použití srovnávací elektrody pomocí změn potenciálových rozdílů mezi vzorky, sledovat postup fronty podmínek vedoucích k aktivaci oceli. Okamžitou korozní rychlost kovových vzorků na snímači je možné jednorázově stanovit měřením polarizačního odporu lineární polarizací stejným proudem v tříelektrodeovém potenciostatickém nebo galvanostatickém zapojení. Podmínkou je, aby potenciálová změna od samovolného korozního potenciálu byla v oblasti lineární závislosti na polarizačním proudu. To je obvykle splněno jen v těsné blízkosti samovolného korozního potenciálu (± 20 mV (Ekor)).

Korozní rychlost je nepřímo úměrná polarizačnímu odporu. Pro přepočítání je ale třeba znát konstantu úměrnosti, která je závislá na mnoha faktorech a je nutno ji většinou odhadnout. Z tohoto hlediska je výhodnější používat jako kritérium korozní aktivity přímo hodnotu polarizačního odporu. Hraniční hodnota, odpovídající korozní rychlosti 1 až 2 μm za rok, je cca 30 Ωm^2 . Problém přesnějšího stanovení hodnoty polarizačního odporu na vyvinutém snímači spočívá v umístění zabudované referenční elektrody v minimální vzdálenosti 100 mm od měřeného vzorku o známém povrchu, což může způsobit v případě betonu s malou vlhkostí velkou chybu vlivem ohmického odporu. Jako protielektroda k polarizaci ocelových vzorků na snímači se předpokládá vlastní ocelová výztuž železobetonové konstrukce.

Možnou variantou měření na snímači je i metoda galvanostatických pulzů, při které není dodržován rozsah polarizace proudem v lineární oblasti změny potenciálu. Polarizační proud je volen tak, aby na aktivně korodujícím povrchu byla potenciálová změna malá (10-20 mV), na povrchu zapasivovaném velká (až stovky mV). Snadno polarizovatelný pasivní povrch koroduje málo, neschopný polarizovatelný (aktivní) povrch hodně. Výsledky jsou kvalitativní. Pro potřeby korozního monitoringu v betonu mají ale i tyto výsledky vyhovující vypovídací hodnotu, neboť jde o rozlišení mezi korozní rychlostí v pasivitě, kdy je řád nižší než 10-1 μm za rok a korozní rychlostí v aktivitě, kdy je vyšší než 100 μm za rok.

Zabudované referenční elektrody jsou titanové s povrchovou vrstvou oxidů iridia. Tato elektroda reaguje na pH okolního prostředí. Konstantní hodnotu pH v elektrodách zajišťuje v tomto případě zalití do cementového tmelu. Hodnota potenciálu by se měla ustavit v intervalu 0 (pro pH 12,5) až -50 mV (ACLE) pro pH 13. Potenciál elektrod se za období prvních 80 dnů měnil v intervalu -75 až $+40$ mV (ACLE). Určitou počáteční nestabilitu potenciálu této elektrody lze eliminovat kontrolními měřeními před zabudováním a po zabudování lze kontrolovat potenciál z povrchu betonové konstrukce.

U zabudovaných chloridostříbrných elektrod závisí potenciál v prostředí bez chloridů na pH (pH 8 odpovídá +360 mV(ACLE), pH 12,5 odpovídá +240 mV(ACLE), pH 13,5 odpovídá +180 mV(ACLE)). Za přítomnosti chloridů v pórovém roztoku sleduje potenciál Nernstovu rovnici (obr. 3). V obr. 3 jsou také vyznačeny pásy s rozsahy rovnovážných koncentrací chloridů v pórovém roztoku v závislosti na obvyklém údaji koncentrace chloridů v betonu (hmotn. % Cl-/cement) a relativní vlhkosti atmosféry. Za kritickou pro aktivaci se obvykle pokládá koncentrace 0,2 až 0,4 % Cl-/cement, což odpovídá asi potenciálům +80 mV (ACLE) a nižším.



Obr. 3 Závislost potenciálu chloridostříbrných elektrod na koncentraci chloridů v pórovém roztoku betonu.

Odezva na informace z korozního monitoringu v betonu nemusí být, na rozdíl od průmyslových aparátů, okamžitě po změně korozního stavu vzorků snímače. Protože maximální rychlost postupu karbonatační fronty lze odhadnout na 1 mm za rok a chloridové fronty na jednotky mm za rok, pak postačuje, aby i četnost kontroly údajů ze snímače byla relativně malá, stačí jedenkrát měsíčně.

Ze snímačů zabudovaných v kritických místech lze získávat spolehlivě informace, které jsou kontrolovatelné z povrchu a dovolí dostatečně včasné varování před aktivací ocelové výztuže železobetonové konstrukce.

Vypracováno v rámci projektu MSM 6046137302 a grantu MPO ČR FT-TA/047.

Literatura

1. <http://www.vatechnologies.com/eciDesign.htm>
2. <http://www.germann.org/Pages/Products/index.htm> , <http://www.force.dk>
3. <http://www.rohrbackcosasco.com/corrater.aspx?cid=900>
4. Schiessl, P., Raupach, M., Monitoring System for the Corrosion Risk of Steel in Concrete Structures, Concrete International, No.7, 52-55 (1992)
5. Bjegovic D., Mikulic D., Sekulic D.: Non-destructive corrosion rate monitoring for reinforced concrete structures. Proceedings of 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Rome (2000)
6. Myrdal R.: The electrochemistry and characteristics of embeddable reference electrodes for concrete structural engineering. EFC publication 43, Woodhead Publishing Limited (2006)

VLIV POUŽITÉHO TYPU FORMY NA NAMĚŘENÉ HODNOTY PEVNOSTI BETONU

Ing. Jan Horský

Horský s.r.o., Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9, +420 603 540690, www.horsky.cz

e-mail: horsky@horsky.cz

1. Úvod

Jedním ze základních parametrů betonu je jeho pevnost. Její správné stanovení a odpovídající vztah k pevnosti betonu konstrukce je tedy jednou z nejdůležitějších zkoušek betonu. Pevnost v tlaku se u nás stanovuje zejména na krychlích o hraně 150 mm, dále na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, a na zlomcích trámů zbylých po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Pevnost se též měří na vývrtech, ale zde bychom mohli hovořit o vlivu tvaru tělesa na stanovené pevnosti a ne o vlivu formy.

V mém příspěvku se budu věnovat pouze pevnostem stanoveným na válcích a krychlích vyrobených v plastových a ocelových formách.

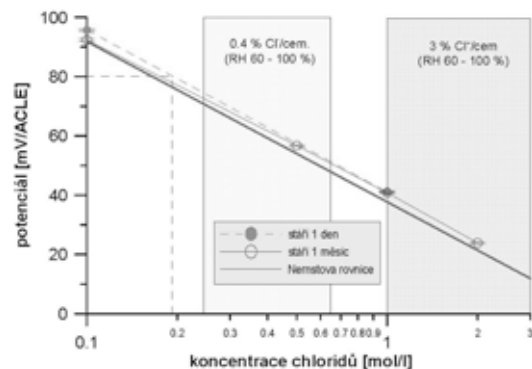
2. Vztah mezi krychelnou pevností stanovenou na tělesech vyrobených v plastových a ocelových formách

V současné době nikdo, krom státních grantů nedostává dost financí, aby se zabýval takovou záležitostí. Moje výsledky, které zde prezentuji tedy nejsou ze současných měření, ale z doby, kdy plastové formy začaly nahrazovat formy ocelové a na tyto práce byl ještě čas. Pro stanovení přepočtu pevností mezi ocelovými a plastovými formami jsme nakoupili nové ocelové a nové plastové formy a z každé tehdy vyráběné třídy betonu (podle ČSN 73 2400) bylo vždy z jednoho mixu vyrobeno 16 krychlí v ocelových a 16 krychlí v plastových formách. Výsledky jsem si samozřejmě uložil a publikuji je až nyní. Výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v následující tabulce 2.

Tabulka 2 pevnosti stanovené na krychlích z ocelových a plastových forem vždy průměr ze 16 krychlí

Krychle	forma		Průměr	sm.odch.	var. souč.
B10	plast	MPa	14,6	1,03	7,04
	ocel	MPa	16,0	0,72	4,48
B12,5	plast	MPa	19,0	1,10	5,80
	ocel	MPa	20,5	1,02	4,98
B15	plast	MPa	22,2	1,13	5,11
	ocel	MPa	23,7	1,14	4,82
B20	plast	MPa	28,3	1,09	3,84
	ocel	MPa	30,0	1,27	4,22
B25	plast	MPa	32,3	1,12	3,48
	ocel	MPa	34,5	1,06	3,06
B28	plast	MPa	36,4	0,99	2,71
	ocel	MPa	39,1	0,84	2,16
B35	plast	MPa	42,8	0,73	1,69
	ocel	MPa	46,5	0,70	1,51

U zabudovaných chloridostříbrných elektrod závisí potenciál v prostředí bez chloridů na pH (pH 8 odpovídá +360 mV(ACLE), pH 12,5 odpovídá +240 mV(ACLE), pH 13,5 odpovídá +180 mV(ACLE)). Za přítomnosti chloridů v pórovém roztoku sleduje potenciál Nernstovu rovnici (obr. 3). V obr. 3 jsou také vyznačeny pásy s rozsahy rovnovážných koncentrací chloridů v pórovém roztoku v závislosti na obvyklém údaji koncentrace chloridů v betonu (hmotn. % Cl-/cement) a relativní vlhkosti atmosféry. Za kritickou pro aktivaci se obvykle pokládá koncentrace 0,2 až 0,4 % Cl-/cement, což odpovídá asi potenciálům +80 mV (ACLE) a nižším.



Obr. 3 Závislost potenciálu chloridostříbrných elektrod na koncentraci chloridů v pórovém roztoku betonu.

Odezva na informace z korozního monitoringu v betonu nemusí být, na rozdíl od průmyslových aparátů, okamžitě po změně korozního stavu vzorků snímače. Protože maximální rychlost postupu karbonatační fronty lze odhadnout na 1 mm za rok a chloridové fronty na jednotky mm za rok, pak postačuje, aby i četnost kontroly údajů ze snímače byla relativně malá, stačí jedenkrát měsíčně.

Ze snímačů zabudovaných v kritických místech lze získávat spolehlivě informace, které jsou kontrolovatelné z povrchu a dovolí dostatečně včasné varování před aktivací ocelové výztuže železobetonové konstrukce.

Vypracováno v rámci projektu MSM 6046137302 a grantu MPO ČR FT-TA/047.

Literatura

1. <http://www.vatechnologies.com/eciDesign.htm>
2. <http://www.germann.org/Pages/Products/index.htm> , <http://www.force.dk>
3. <http://www.rohrbackcosasco.com/corrater.aspx?cid=900>
4. Schiessl, P., Raupach, M., Monitoring System for the Corrosion Risk of Steel in Concrete Structures, Concrete International, No.7, 52-55 (1992)
5. Bjegovic D., Mikulic D., Sekulic D.: Non-destructive corrosion rate monitoring for reinforced concrete structures. Proceedings of 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Rome (2000)
6. Myrdal R.: The electrochemistry and characteristics of embeddable reference electrodes for concrete structural engineering. EFC publication 43, Woodhead Publishing Limited (2006)

VLIV POUŽITÉHO TYPU FORMY NA NAMĚŘENÉ HODNOTY PEVNOSTI BETONU

Ing. Jan Horský

Horský s.r.o., Klánovická 286/12, 194 00 Praha 9, +420 603 540690, www.horsky.cz

e-mail: horsky@horsky.cz

1. Úvod

Jedním ze základních parametrů betonu je jeho pevnost. Její správné stanovení a odpovídající vztah k pevnosti betonu konstrukce je tedy jednou z nejdůležitějších zkoušek betonu. Pevnost v tlaku se u nás stanovuje zejména na krychlích o hraně 150 mm, dále na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, a na zlomcích trámů zbylých po zkoušce pevnosti v tahu za ohybu. Pevnost se též měří na vývrtech, ale zde bychom mohli hovořit o vlivu tvaru tělesa na stanovené pevnosti a ne o vlivu formy.

V mém příspěvku se budu věnovat pouze pevnostem stanoveným na válcích a krychlích vyrobených v plastových a ocelových formách.

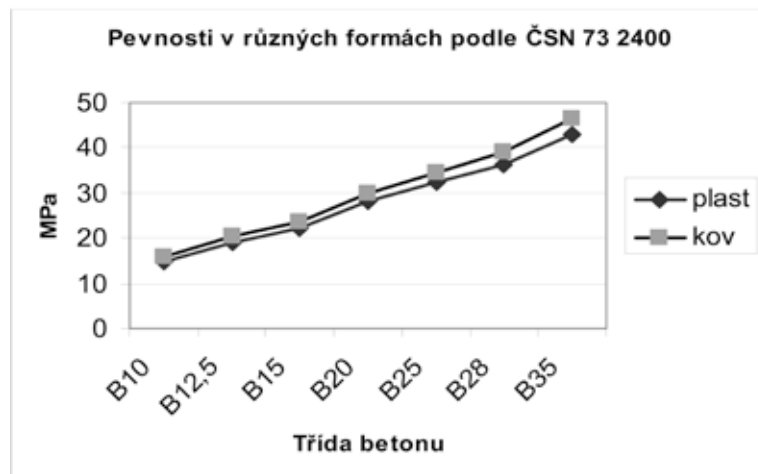
2. Vztah mezi krychelnou pevností stanovenou na tělesech vyrobených v plastových a ocelových formách

V současné době nikdo, krom státních grantů nedostává dost financí, aby se zabýval takovou záležitostí. Moje výsledky, které zde prezentuji tedy nejsou ze současných měření, ale z doby, kdy plastové formy začaly nahrazovat formy ocelové a na tyto práce byl ještě čas. Pro stanovení přepočtu pevností mezi ocelovými a plastovými formami jsme nakoupili nové ocelové a nové plastové formy a z každé tehdy vyráběné třídy betonu (podle ČSN 73 2400) bylo vždy z jednoho mixu vyrobeno 16 krychlí v ocelových a 16 krychlí v plastových formách. Výsledky jsem si samozřejmě uložil a publikuji je až nyní. Výsledky jednotlivých zkoušek jsou uvedeny v následující tabulce 2.

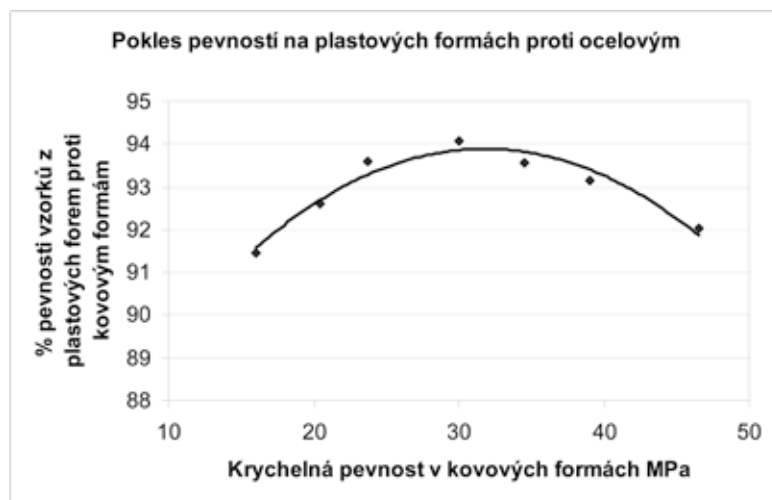
Tabulka 2 pevnosti stanovené na krychlích z ocelových a plastových forem vždy průměr ze 16 krychlí

Krychle	forma		Průměr	sm.odch.	var. souč.
B10	plast	MPa	14,6	1,03	7,04
	ocel	MPa	16,0	0,72	4,48
B12,5	plast	MPa	19,0	1,10	5,80
	ocel	MPa	20,5	1,02	4,98
B15	plast	MPa	22,2	1,13	5,11
	ocel	MPa	23,7	1,14	4,82
B20	plast	MPa	28,3	1,09	3,84
	ocel	MPa	30,0	1,27	4,22
B25	plast	MPa	32,3	1,12	3,48
	ocel	MPa	34,5	1,06	3,06
B28	plast	MPa	36,4	0,99	2,71
	ocel	MPa	39,1	0,84	2,16
B35	plast	MPa	42,8	0,73	1,69
	ocel	MPa	46,5	0,70	1,51

Vyjádríme-li výsledky graficky vidíme přímo, že vzorky vyrobené v plastových formách mají nižší pevnost



A vyjádříme-li výsledky pokles pevnosti vzorků vyrobených v plastových formách v procentech získáváme závislost, která má překvapivě parabolický průběh (patrně to souvisí i s dávkou jemných podílů a modulem pružnosti).



Pokud ještě vezmeme v úvahu opotřebení plastových forem používaných běžně na stavbách není posun pevností stanovených na válcích a krychlech z plastových forem až v tak velkém rozporu s hodnotami uváděnými v normách. Zde byly vztahy stanovovány vždy v nových ocelových formách a to jak pro válcovou, tak krychelnou pevnost.

3. Vztah mezi krychelnou a válcovou pevností

Vztah mezi krychelnou a válcovou pevností specifikuje zejména v současné době platná norma ČSN EN 206-1 a starší česká norma ČSN 73 1317. Další přepočty můžeme najít ve studiích některých renomovaných ústavů – jak na př. Nomogramy Kloknerova ústavu ap. Je zajímavé, že pohled na tento vztah se liší i v obou zmíněných platných normách. Jen pro porovnání uvádím tabulku z obou norem.

Tabulka 1 Vztah mezi krychelnou a válcovou pevností podle norem

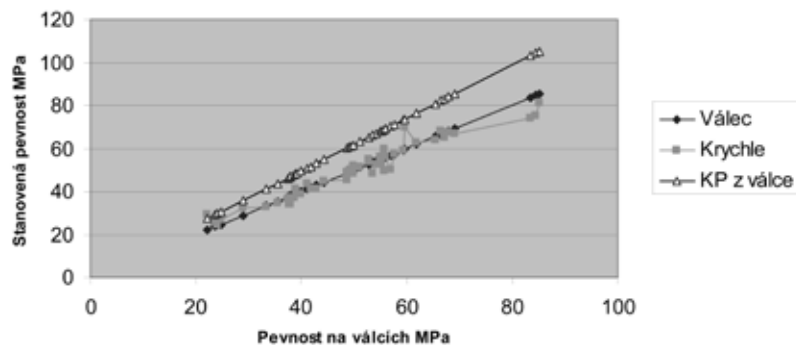
Třída betonu	ČSN EN 206-1 $f_{ck,cube}/f_{ck,cyl}$	ČSN 731317 $\alpha_{cy, cu}$
C 8/10	1,25	1,25
C 12/15	1,25	1,25
C 16/20	1,25	1,25
C 20/25	1,25	1,25
C 25/30	1,20	1,2
C 30/37	1,23	1,2
C 35/45	1,29	1,15
C 40/50	1,25	1,15
C 45/55	1,22	1,15
C 50/60	1,20	1,1
C 55/67	1,22	1,1
C 60/75	1,25	
C 70/85	1,21	
C 80/95	1,19	
C 90/105	1,17	
C 100/115	1,15	

Z nomogramů Kloknerova ústavu je možno použít přepočtový koeficient 1,235.

Z uvedeného je vidět, že hodnoty v evropské normě jsou trochu rozházené a zdá se, že válcová pevnost nebyla stanovena zcela zodpovědně.

Z měření nejen naší laboratoře, ale i ze studií ŘSD (Ing. Krchov) je možno zjistit překvapující zjištění, že reálné hodnoty jsou od těchto teorií značně vzdálené. Naše výsledky, které zde prezentuji jsou vzaty ze zkoušek statických modulů pružnosti, kdy nám místo srovnávacích válců byly dodány pro stanovení pevnosti krychle. Krychle byly podle vyjádření dodavatelů zhotoveny v plastových formách, válce pak jak v plastových tak ocelových formách. Všechny válce byly pro zkoušku okončovány sirnou maltou a krychle byly pouze proměřeny, zda vyhovují platným normám. Pro účel této přednášky bylo vyhodnoceno celkem 50 posledních měření. Výsledky neuvádím tabelárně – byla by to velká změť čísel, ale pouze graficky. V grafu jsou uvedeny pevnosti válcové – jako základní a k nim jsou přiřazeny pevnosti krychelné. Pro srovnání je zde uvedena teoretická krychelná pevnost vypočtená z pevnosti válcové a to jednotným koeficientem 1,235 převzatým z nomogramů Kloknerova ústavu. Výsledky jsou v následujícím grafu.

Hodnoty krychelných pevností vztahované k válcové pevnosti a přepočít z válcové na krychelnou pevnost



Z těchto měření je patrné, že krychelná pevnost stanovená na krychlích je velmi blízká pevnosti válcové. Průměrný přepočtový koeficient ($f_{ck,cube}/f_{ck,cyl}$) je zde **0,99**. Podobné výsledky byly stanoveny dalšími laboratořemi provádějícími zkoušky pro ŘSD na pozemních komunikacích. To klade otázku, zda je pevnost stanovená jedním či druhým způsobem správná. Současně to však odpovídá tvrzení mnohých prodejců laboratorních zařízení, že pevnosti stanovené na krychlích vyrobených v plastových formách jsou nižší než skutečnost.

4. Závěr

Z uvedeného plyne, že beton na našich stavbách – splní-li požadavky předpisů (ČSN EN 206-1; TKP-MDS kap. 18) má ve skutečnosti výrazně vyšší pevnost než je v požadavku projektu. Zkoušení v České republice je tedy posunuto do oblasti bezpečnosti.

Výsledky samozřejmě nejde přímo zobecnovat platí pro konkrétní betony a konkrétní složení betonů. U zavlhklých, či lehkých betonů bychom patrně naměřili závislosti jiné.

ZKUŠEBNÍ POSTUPY PŘI KONTROLE KVALITY ASFALTOVÝCH IZOLAČNÍCH PÁSŮ

Ing. Milan Myška, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra materiálového inženýrství a chemie, Odborná laboratoř OL 123, Thákurova 7, 166 29 Praha 6
Tel. 22435 4456, 603 245 071, e-mail: myska@fsv.cvut.cz
Web: www.fsv.cvut.cz

Anotace:

Zkušební laboratoř č. 1048-OL 123 na FSv. ČVUT v Praze v rámci akreditačního oprávnění ČIA se věnuje zkušebnictví a kontrole kvality nejrozličnějších stavebních výrobků, materiálů i diagnostice stavebních konstrukcí. Jednou z dlouhodobě rozvíjených zkušebních oblastí je smluvně prováděná kontrola kvality asfaltových modifikovaných izolačních pásů. Některé zkušenosti a poznatky ze zavádění zkušebních metod a při provádění zkušebních postupů podle relativně stále ještě nových evropských norem jsou uvedeny v následujícím příspěvku. Rovněž je ukázáno na některé možnosti nových způsobů diagnostiky kvality těchto výrobků.

1. Zkoušení a zkušební předpisy

Jednou z mimopedagogických aktivit katedry materiálového inženýrství a chemie - dříve katedry stavebních hmot na Stavební fakultě ČVUT v Praze, je činnost její odborné zkušební laboratoře OL 123. V současné době je v seznamu akreditačního oprávnění více než 80 zkušebních postupů pro různé druhy stavebních materiálů a zkoušení jejich vlastností. ZL FSv. ČVUT v Praze je registrována ČIA pod č. 1048 a je členem sdružení akreditovaných laboratoří při AO Stavcert Praha, s.r.o.

Zkouškám hydroizolačních pásů a později i fólií se OL 123 trvale věnuje již asi 10 let. Pochopitelně na začátku stál zájem jednoho z největších prodejců a v dnešní době i výrobce tohoto sortimentu v ČR. Protože intenzivní vývoj zejména v oblasti asfaltových pásů přinesl na trh celou paletu nových výrobků na bázi modifikovaného asfaltu polymery např. typu SBS nebo APP, museli jsme se hned z počátku vyrovnat s tehdy jediným zkušebním předpisem ČSN 50 3602, jehož zkušební postupy byly parametrově nastaveny pro oxidované pásy. Do programu akreditace byl zařazen IZP 123/12, v němž byly např. promítnuty postupy v té době z aktuálnější normy DIN 52 123, kde již byla řešena úprava zkušebních postupů pro asfaltové modifikované pásy. Díky tomuto nadčasovému řešení (1997), byl pro naši OL 123 poměrně snadný přechod na nově zaváděné zkušební postupy v řadě norem ČSN EN po roce 2 000. Těžko je zde provést jednoduchý výčet všech nových zkušebních postupů, neboť jak je pro nově přijímané EN typické, jejich číslování je odlišné od našich zvyklostí (určitá spojitost je zachovávána pouze souběžnou českou signaturou – v tomto případě 72 76xx.)

Jako zpravidla vždy při zavedení nových postupů, nastal i v našem případě problém s odpovídajícím přístrojovým vybavením. Především se to týkalo zkoušky odolnosti izolačních pásů na trnu za nízkých teplot, a to až při teplotě -30 0C. Postavili jsme se k řešení čelem,

neboť jak těžko se pátralo ve světě po výrobcí, tak hluboko nakonec zasahovalo do kapsy, a tak v souladu se standardním českým postupem, jsme si tedy vhodnou chladicí vanu postavili sami s tím, že mechaniku zvedání těles z lázně obstarává univerzální stroj FP 100.

2. Konfrontace výsledků zkoušek a výrobní normy

V počáteční fázi provádění kontrolních zkoušek modifikovaných izolačních pásů podle IZP, byly výsledky naší OL 123 nejednou vystaveny nesouhlasu v konfrontaci s údaji deklarovanými z laboratoří výrobců, ale i samotné provádění zkoušek bylo vystaveno přímé kontrole ze strany některých tuzemských i zahraničních výrobců, ve snaze zpochybnění námi stanovených parametrů nebo zkušební metodiky. Dnes už můžeme jen vzpomínat s úsměvem na nejčastější připomínky, které byly právě ke zkoušce ohebnosti na trnu za smluvně stanovené teploty zpravidla -25 °C. Tato zkouška se před vydáním ČSN EN 1109 prováděla na v chladu temperovaných tělesech ohybem rukou přes trn předepsaného průměru (zpravidla 30 mm). I přes nesporně přípustitelný vliv „zručnosti“ technika při tomto způsobu provedení, jsme své výsledky vždy obhájili. Zejména němečtí kolegové, kteří měli k dispozici speciální chladicí komory s automatickým ohybem těles, označovali náš postup „Myška-Handmethode“, přestože naše varianta byla identická podle jejich DIN 52 123 a zcela legitimní k provedení v automatu. Podstatné pro výsledek této zkoušky bylo hodnocení povrchu tělesa v místě ohybu a klasifikace případných trhlin, zda dosahují až k výztužné vložce. Tady docházelo opět k nejednotnému výkladu, protože citelně scházely výrobní normy pro deklaraci vlastností asfaltových modifikovaných pásů. První obranou zahraničních výrobců byl odkaz na podnikový předpis, který např. připouštěl povrchové trhlinky nebo jejich četnost, v další etapě byla situace částečně řešena příručkou „Cechu výrobců izolačních asfaltových pásů“ ve SRN, v níž byly uvedeny základní technické požadavky a kritéria s návaznostmi na zkušební postupy pro jejich stanovení a v některých případech i pro vyhodnocení. Dnes je situace opět nová. Díky usilovné činnosti TNK 65 při ČNI je k dispozici nejen celý „balík“ zkušebních předpisů (který již za aktivního přispění zástupců ČR, a tedy i našich poznatků při provádění zkoušek prošel první revizí po 5 letech platnosti), ale jsou tu k dispozici i harmonizované výrobní normy. Jak už je pro ES typické, místo bývalé 1 české normy jich zde máme najednou 6, a to rozdělených podle účelu použití:

- EN 13707 Hydroizolační pásy a fólie - Výztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střech - Definice a charakteristiky,
- EN 13969 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy do izolace proti vlhkosti a asfaltové pásy do izolace proti tlakové vodě - Definice a charakteristiky,
- EN 13970 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové parozábrany - Definice a charakteristiky,
- EN 14967 Hydroizolační pásy a fólie – Asfaltové pásy vkládané do stěnových konstrukcí – Definice a charakteristiky,
- EN 13859-1 Hydroizolační pásy a fólie - Definice a charakteristiky pásů a fólií podkladních a pro pojistné hydroizolace - Část 1: Pásy a fólie podkladní a pro pojistné hydroizolace pro skládané krytiny,
- EN 13859-2 Hydroizolační pásy a fólie - Definice a charakteristiky pásů a fólií podkladních a pro pojistné hydroizolace - Část 2: Pásy a fólie podkladní a pro pojistné hydroizolace pro stěny.

Časté připomínky vyvolaly diskusi ke kondicionování vzorků, těles a ke zkušební teplotě, neboť při porovnávacích zkouškách se prokázal určitý přímý vliv okolní teploty i teploty těles na mechanické vlastnosti asfaltových pásů a na jejich tažnost. S tímto případem jsme

se poprvé setkali v laboratoři italského výrobce, jehož pozvání přišlo pro nás v krásném v letním období, ale zkušebně klimaticky náročném, a to i přes to, že pro ně bylo klimatizované pracoviště laboratoře na rozdíl v té době od našeho samozřejmostí. Se zdůvodněním na nutné zkrácení běžného 24 hodinového kondicionování zkušebních těles, byla tato krátkodobě uložena v chladicím agregátu s nastavenou teplotou +13 °C (pás byl odebrán náhodně z vnější skladové plochy při teplotě +31 °C) a následně byla provedena tahová zkouška, jejíž výsledky byly příznivější než námi stanovené hodnoty z běžné kontroly prodejního sortimentu tohoto obchodního partnera.

Tato skutečnost vyvolala otázku ověření vlivu prostředí na mechanické vlastnosti a tažnost polymerem modifikovaných asfaltových izolačních pásů. Některé z dosažených výsledků pro pásy s polyesterovou vložkou jsou uvedeny v Tab. 1 až Tab. 3. Výsledky současně prokazují i vlastnosti tohoto typu technicky vyspělého asfaltového izolačního pásu při možných kritických teplotách zpracování. Základní stanovené zkušební prostředí je dnes podle ČSN EN 12311-1 a jiných norem definujících zkoušení v dřívě označovaném „laboratorním prostředí“ stanoveno na +23 ±2 °C (hodnoty v tabulkách označeny tučně).

Tabulka 1:

vzorek	parametr	zkušební teplota tělesa			
		23 °C	5 °C	0 °C	0 °C+vodní lázeň
modifikovaný pás SBS tl. 50 mm	tah-podélně (kN/m)	26,4	26,8	31,1	26,3
	tažnost-podélně (%)	57,7	55,8	57,2	52,3
	tah-příčně (kN/m)	20,5	24,2	23,1	23,1
	tažnost-příčně (%)	66,9	66,0	63,7	63,6
modifikovaný pás SBS - typ 1 tl. 40 mm	tah-podélně (kN/m)	20,3	22,1	23,0	25,0
	tažnost-podélně (%)	51,9	50,2	48,3	50,5
	tah-příčně (kN/m)	18,0	17,9	20,8	20,1
	tažnost-příčně (%)	64,7	58,7	58,6	58,8
modifikovaný pás SBS - typ 2 tl. 40 mm	tah-podélně (kN/m)	16,2	19,4	17,4	18,8
	tažnost-podélně (%)	44,5	40,8	37,9	40,0
	tah-příčně (kN/m)	14,2	15,3	15,1	16,0
	tažnost-příčně (%)	52,4	44,4	43,5	47,1

Tabulka 2:

vzorek	parametr	zkušební teplota tělesa			
		23 °C	19 °C	17 °C	13 °C
modifikovaný pás SBS - typ 3 tl. 40 mm	tah-podélně (kN/m)	13,5	14,5	14,6	15,4
	tažnost-podélně (%)	40,8	36,8	38,6	39,3
	tah-příčně (kN/m)	12,7	12,4	12,7	14,5
	tažnost-příčně (%)	47,3	45,4	42,4	46,1

Tabulka 3:

vzorek	parametr	zkušební teplota vzorku
		13 °C + 10 min. ochlazení při teplotě -20 °C
modifikovaný pás SBS - typ 3 tl. 40 mm	tah-podélně (kN/m)	18,2
	tažnost-podélně (%)	30,6
	tah-příčně (kN/m)	13,8
	tažnost-příčně (%)	22,8

K předloženým výsledkům, které ve velké četnosti zjevně ukazují na určité zvýšení mechanických vlastností asfaltových polymerem modifikovaných pásů při nižší teplotě zkušebního tělesa za současného očekávaného snížení jejich tažnosti, je možno doplnit názor vysoce postaveného zástupce jednoho z významných zahraničních výrobců, že „asfaltové izolační pásy nejsou švýcarské hodinky“. To pro vysvětlení některých anomálií, které je možno pozorovat v naměřených hodnotách. Takže konec konců lze pro určité typy používaných

nosných vložek v izolačních pásích s tímto názorem souhlasit. Z tohoto hlediska je proto významná četnost zkušebních sad i specifikace míst odběru zkušebních těles z pásu, což právě pro místo odběru těles není ve všech EN normách jednoznačně definováno (na rozdíl od původní české, kde byl přímo vzorový muštr pro odběr všech těles pro všechny požadované zkoušky).

Mezi další sledované charakteristiky asfaltových pásů, které jsou předmětem naší standardní kontroly patří rozměrová stabilita (ČSN EN 1107-1). Pro tuto zkoušku se odebírají tělesa pouze z podélného směru pásu. Rozšířením pozorování i na tělesa z příčného směru jsme se zaměřili na objasnění příčiny chování některých pásů při natavování, projevujícím se tzv. „banánovým efektem“ (kroucením). Získané výsledky ukázaly, že je potřeba věnovat větší pozornost výběru výztužné vložky a nesporně přispěly ke z kvalitnění testovaných pásů našeho obchodního partnera.

Zajímavou zkušenost přinesly rozdílné výsledky při stanovení tloušťky izolačního pásu. Zejména u zahraničních výrobců jsme se setkali s různými typy speciálně vyrobených i automaticky měřících tloušťkoměrů oproti námi používanému posuvnému měřítku v ruce technika, byť se později jednalo o měřidlo s digitálním ukazatelem naměřené hodnoty. Přitom tloušťka pásu je významnou charakteristikou, neboť kvalita a trvanlivost asfaltového pásu s tloušťkou asfaltových vrstev zcela jistě souvisí (samozřejmě za podmínky správného rozptýlení polymeru v asfaltu). Až při zavedení ČSN EN 1849-1 došlo k upřesnění metodiky měření, a to pod přítlakem 20 kPa na plošku 10 mm². Za tímto účelem jsme se vybavili metrologicky navázaným digitálním tloušťkoměrem, který jsme osadili do tuhého stojanu a na stopku nasadili správnou dotykovou plošku. Při zařazení zkušební postupu do akreditačního oprávnění nastal problém, neboť pečlivý prověřovatel narazil na požadavek přítlaku, který jsme neobhájili tvrzením, že pružina mikrometru je na tento přítlak nastavena (což jsme později zjistili, že je opravdu možné, protože jsou takové typy s různým definovaným přítlakem vyráběny, našeho se to samozřejmě netýkalo). A tak nás auditor v termínu 1 měsíce postavil před úkol doložit správnost měření nebo zkoušku zrušit. Řešení bylo nakonec jednoduché a stačilo použít metrologicky navázané váhy a kalibrační postup sepsat. Po čase, kdy už zkušební postup podle EN byl již v platnosti, jsme se v jedné laboratoři výrobce dostali do stejné situace, jako v době našeho posuvného měřítka. Jejich elektronický tloušťkoměr odbouchal 10 hodnot a miniPC vyslalo údaje včetně směrodatné odchylky. Protože shoda ve stejných bodech na přivezených tělesech nastala, provedli jsme jim to, co nás zastavilo při reakreditaci. Podařilo se nám jejich tloušťkoměr nasměřovat na váhu a po přepočtu jsme byli na 10 kPa. Problém ale pokračoval, neboť šlo o tloušťku krycích vrstev modifikovaného asfaltu (jinak řečeno o peníze). Náš mikrometr s postupem času ubíral z okamžité naměřené tloušťky mikron za mikronem, což během minuty měření byly již destiny milimetru a při deklarované tloušťce pásu např. 4,2 mm to změny byly významné. Ani nová EN neřeší dobu měření tloušťky, a tak jsme pro dnešní měření s partnery svého zákazníka nastavili čas měření dohodou na 20 sekund. Chvilí trvalo, než některý výrobce sladil měření na výrobní lince s měřením v podnikové laboratoři (a naší v OL 123) a už jenom jeden tuzemský s náma (naším zákazníkem) „hraje betla“, tedy velmi těsně se drží obou stran deklarované hodnoty tloušťky pásu.

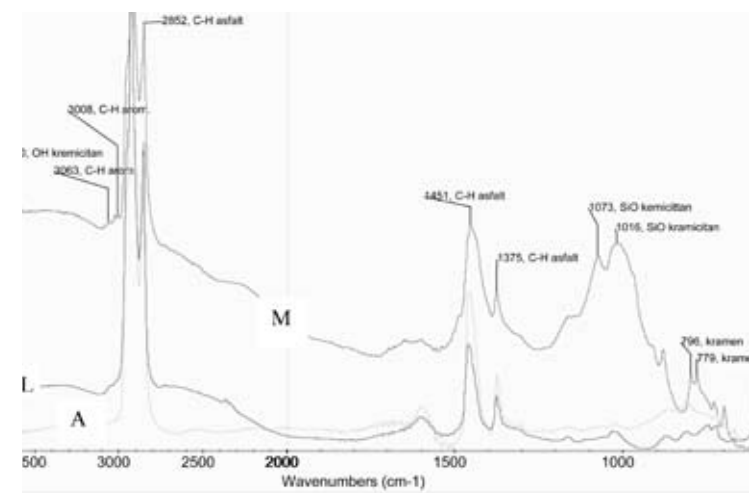
2. Diagnostika jiným pohledem

Dlouhodobé zkušenosti s testováním asfaltových izolačních pásů do naší OL 123 postupně přivedly nové zákazníky i ze sféry realizačních (aplikačních) firem. Ve většině případů se jednalo o reklamace buď dodaných nových výrobků na stavbu nebo výrobků aplikovaných

zejména ve střešních skladbách, u kterých byly v krátkém čase pozorovány poruchy. V některých případech po projednání se zákazníkem používáme standardní zkušební postupy ze souboru norem ČSN EN jako pro nové výrobky, některé situace si vyžádaly zcela nové přístupy k diagnostice.

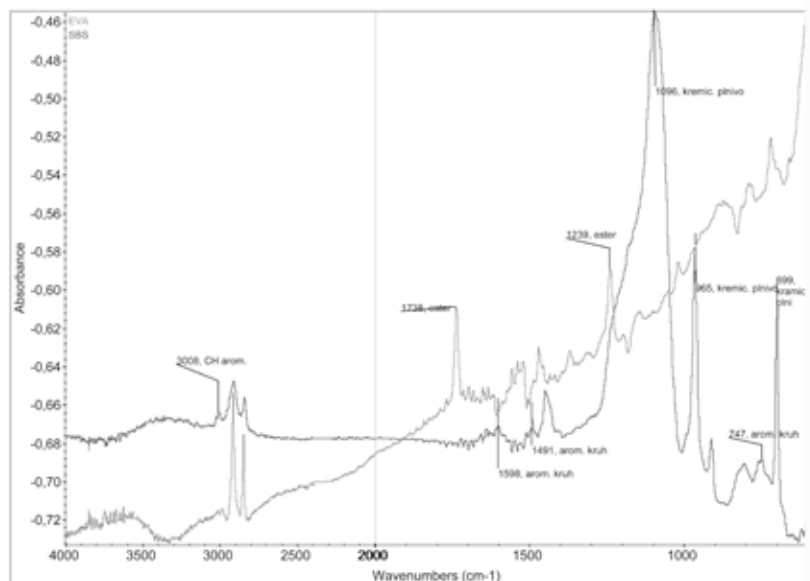
Jedním ze zadaných úkolů bylo stanovení typu polymeru v modifikované asfaltové hmotě. K tomuto účelu byla zvolena metoda infračervené mikrospektroskopie. Jedná se o absorpční spektroskopii, kdy každá chemická vazba mezi atomy ve vzorku pohlcuje (absorbuje) dopadající infračervené záření v závislosti na energii svého vibračního pohybu. Pohlcená energie dopadajícího záření se ve spektru projeví absorpčním pásem, jehož poloha na ose x (tj. poloha na ose vlnočtů) je specifická pro typ chemické vazby, tj. pro dané chemické složení vzorku. Tato měřicí metoda dovoluje identifikovat chemické složení vzorku na základě vyhodnocení IR spekter, resp. polohy absorpčních pásů ve spektru. Infračervená spektroskopie je metodou srovnávací, tzn. IR spektrum je vyhodnoceno na základě srovnání reálných spekter se spektry standardů uložených v knihovně spekter (v našem případě na VŠCHT Praha). Pokud není v knihovně nalezeno vhodné srovnávací spektrum, pak je reálné IR spektrum superpozicí spekter všech složek analyzované směsi. Výsledná identifikace je potom založena na prostém vyhodnocení poloh analytických absorpčních pásů a zkušenosti chemika – analytika.

Mikroskopickým pozorováním polymerem modifikované asfaltové hmoty v místě lomu byly identifikovány části matné a části lesklé, lepivé a z obou odebrány reprezentativní vzorky (již toto samotné pozorování ukazovalo na nehomogenitu asfaltové hmoty, respektive na špatnou disperzi polymeru v asfaltu). IR spektra z několika různých měření v různých místech odebraných vzorků jsou uvedena na obr. 1. Ve spektrech jsou označeny polohy vrcholů u analyticky využitých absorpčních pásů i u srovnávacích standardů (čistý asfalt, polymer SBS, polymer EVA). Jako základní materiál lesklého lepivého vzorku (L) byla identifikována směs alifatických uhlovodíků - IR spektrum v tomto případě odpovídalo spektru čistého asfaltu (A).



Obr. 1: IR spektra částí hmoty (L,M) z asfaltového pásu a IR spektrum čistého asfaltu (A)

Ve spektru matné hmoty (M) byly nalezeny další absorpční pásy (viz. obr. 1), které odpovídaly přítomnosti anorganického plniva na bázi křemičitanu. Dále byly nalezeny absorpční pásy odpovídající přítomnosti velmi nízké koncentrace (cca. 1 % hmot.) aromatické organické látky. Poloha pásů v IR spektru rovněž ukazuje na přítomnost polymeru na bázi polystyrenu. IR spektra srovnávacích standardů jsou uvedena na obr. 2. Z těchto dvou standardů odpovídá aditivum v matné hmotě asfaltového pásu typu SBS. Avšak v referenčním vzorku SBS (poznámka: typ polymeru v asfaltové hmotě nebyl znám a pro srovnání byl použit vzorek z Parama Pardubice) je přítomen jako plnivo jiný typ křemičitanu, než je křemičitan v matné hmotě asfaltového pásu.



Obr. 2: IR spektra standardů EVA (E) a SBS (S)

Na závěr bych chtěl upozornit ještě na jednu diagnostickou metodu, pomocí které jsme provedli ve spolupráci s laboratoří a. s. Paramo Pardubice stanovení kvality disperze polymeru v asfaltovém pásu.

Pod ultrafialovým světlem fluorescenčního mikroskopu částičky např. polymeru typu SBS v asfaltu žlutě fluoreskují, zatímco asfalt zůstává tmavý. Při výrobě asfaltových pásů se používá i plnidel, která mohou pod ultrafialovým světlem také tvořit tmavá místa. Velikost těchto míst závisí na velikosti částiček plnidla. Podle velikosti a tvaru zobrazených částiček polymeru, nebo asfaltu se usuzuje na kvalitu disperze polymeru v asfaltu. Pro porovnání kvality disperze bylo použito hodnocení podle normy ČSN EN 13632 Asfalty a asfaltová pojiva - Vizualizace disperze polymeru v polymerem modifikovaných asfaltech. Tato norma charakterizuje disperzi polymeru v asfaltu pomocí kódu čtyř charakterizačních písmen:

Kontinuální fáze: P: kontinuální polymerní fáze,

B: kontinuální asfaltová fáze,

X: obě fáze jsou kontinuální (promíchané fáze).

Popis fáze: H: homogenní,
I: nehomogenní.

Popis velikosti: S: malá homogenní (pod 10 μm),
M: střední (mezi 10 μm a 100 μm),
L: velká (nad 100 μm),

Popis tvaru: r: zakulacený,
s: páskový,
o: jiný.

Příklady typů disperzí polymeru v asfaltu (100 x zvětšeno):

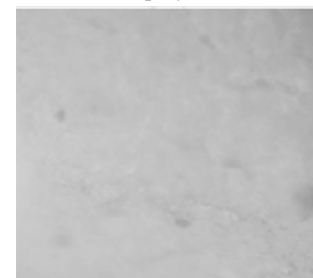
Disperze typ BILs

- kontinuální asfaltová fáze, nehomogenní, velká velikost částic polymeru, páskový tvar



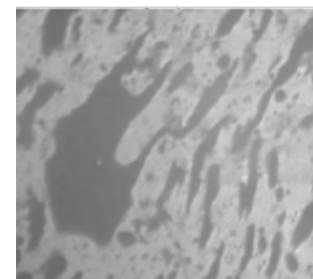
Disperze typ PHSo

- kontinuální polymerní fáze, homogenní, malá velikost, jiný tvar



Disperze typ PILs

-kontinuální polymerní fáze, nehomogenní, velká velikost částic asfaltu, páskový tvar



Asfalt bez polymeru



Norma uvádí ještě některé další vzorové příklady pro rozlišení homogenity a nehomogenity disperze polymeru v asfaltu. Její použití je zejména při kontrole výroby modifikované asfaltové hmoty, ale lze ji úspěšně použít i na hotových výrobcích. V našem případě jsme u reklamovaných pásů, které vykazovaly po 2 letech expozice v horní vrstvě střešního pláště poruchu asfaltové krycí vrstvy i poruchy v podélných i příčných spojích, identifikovali velmi proměnnou homogenitu disperze polymeru v asfaltu, což v interakci s dalšími shledanými skutečnostmi prokázalo výrobní vadu použitého typu pásu.

Zpracováno za podpory výzkumného záměru MSM 6840770031

VODOSTAVEBNÍ BETON – VODOTĚSNOST, MRAZUVZDORNOST

Ing. Miroslav Moravec (1)

Ing. Tomáš Moravec (2)

(1) Stachema Kolín, spol. s r.o., Zibohlavy 1, 280 02 Kolín

Tel. 602 590 393, e-mail: moravec@stachema.cz

Web: <http://www.stachema.cz>

(2) Stachema Kolín, spol. s r.o., Zibohlavy 1, 280 02 Kolín

Tel. 602 418 024, fax: 321 718 067, e-mail: moravec.tomas@stachema.cz

Web: <http://www.stachema.cz>

Anotace:

Vodostavební beton - metodika zkoušení, zkušební normy, správné a účelné využití výsledků kontrolní činnosti ve stavební praxi, porovnání zkušeností ze 70tých a 80tých let se současnou situací.

1. Pojem termínu vodostavební beton

Jedná se o normální beton z portlandského, portlandského struskového eventuelně vysokopečnického cementu, na který negativně působí voda a povětrnostní podmínky. Zvýšení odolnosti proti těmto účinkům lze dosáhnout správným výběrem složek a návrhem jejich vhodného složení pro výrobu čerstvého betonu, optimální konzistencí pro danou technologii dopravy, ukládání a zpracování čerstvého betonu. Těmito opatřeními je nutné zajistit požadované vlastnosti ztvrdlého betonu – především vodotěsnost a mrazuvzdornost.

Norma ČSN 73 1209 Vodostavebný beton

Na začátku 80tých let byl nahrazován soubor norem ČSN 73 2020 – ČSN 73 2027 Vodostavebné betony novou normou ČSN 73 1209 Vodostavebný beton, účinnost od 1.12.1986.

Tab.1 - Označování vodostavebního betonu dle ČSN 73 1209 (tabulka 1)

Požadovaná vlastnost betonu		Označení
Nízké hydratační teplo	Masivní s středně masivní beton ($h \geq 1,0m$) – vyžaduje se	M
	Hrubostěnný a tenkostěnný beton ($h < 1,0m$) – nevyžaduje se	H
Vodotěsnost		V2; V4; V8; V12
Odolnost proti korozi		A1; A2; A3
Mrazuvzdornost		T50; T100; T150
Houževnatost		HB

Pevnost v tlaku	Masivní a středně masivní beton ($h \geq 1,0m$)	B 7,5; B 12,5; B 15; B 20; B 30
	Hrubostěnný a tenkostěnný beton ($h < 1,0m$)	B 12,5; B 15; B 20; B 30; B 40
	Houževnatý beton	B 45

Tab.2 - Volba stupně vodotěsnosti dle ČSN 73 1209 (tabulka 3)

Konstrukce	Nejvyšší vodní tlak na konstrukci v m vodního sloupce			
masivní $h > 2,0m$	10	25	60	100
středně masivní $1,0m \leq h \leq 2,0m$	6-10	15-25	35-60	60-100
hrubostěnná $h \leq 0,15m$	4-6	10-15	25-35	45-60
tenkostěnná $0,15 \leq h \leq 0,15m$	2-4	7-10	15-25	30-45
tenkostěnná $h \leq 0,15m$	2	7	15	30
Doporučený stupeň vodotěsnosti betonu ¹⁾	V2	V4	V8	V12

Tab.3 - Volba stupně mrazuvzdornosti dle ČSN 73 1209 (tabulka 5)

Charakteristický počet zmrazovacích cyklů $n_{c,k}$ podle vztahu (1)	Doporučený stupeň mrazuvzdornosti betonu	Počet cyklů při zkoušce mrazuvzdornosti
$n_{c,k} < 50$	T50	50
$50 \leq n_{c,k} \leq 100$	T100	100
$n_{c,k} > 100$	T150	150

(1) Volba stupně mrazuvzdornosti je závislá na požadované životnosti konstrukce, na průměrném počtu ledových dní v průběhu jednoho roku a na počtu dní, kdy dochází ke kolísání hladiny vody v období ledových dnů na povrchu betonu

Stupeň mrazuvzdornosti dle $n_{c,k}$

$$n_{c,k} = \frac{t_{reg}}{65} * (n_{c,m} + n_{gl,m} * n_{hw,m})$$

$n_{c,k}$... průměrný počet dní střídání mrazu a tání v průběhu jednoho roku

t_{reg} ... požadovaná životnost konstrukce v letech

$n_{gl,m}$... průměrný počet ledových dní

$n_{hw,m}$... průměrný počet střídání hladiny vody za den v období ledových dnů (kolísání o více jak 500 mm)

2. Zkušební normy

ČSN 73 1321 Stanovení vodotěsnosti betonu (z 1987) (nahradila ČSN 73 1321 z roku 1968)

Platnost této normy byla zrušena 31.12.2003, v roce 2004 byla však vydána norma TN SVB ČR 01-2004 (technická norma platí pro společnosti Svazu Výrobce Betonu ČR a jejich dceřiné společnost), která pro zkoušení vodotěsnosti obsahuje právě tuto zrušenou normu.

Zkušební sada vzorků, rozměry zkušebních těles

Vodotěsnost se zkouší na sadě nejméně tří zkušebních těles, při průkazných zkouškách se vyrábějí z jedné záměsi, při kontrolních musí být každé těleso vyrobeno z jiné záměsi.

Při užití frakce kameniva s horní mezí zrn do 32 mm je základní těleso čtvercová deska 300x300x150 mm, případně kruhová deska \varnothing 300x150 mm. V případě potřeby je možno použít i tělesa s délkou hrany 200 mm, popř. s průměrem 200 mm.

Pro tenkostěnné konstrukce tloušťky menší než 150 mm má být tloušťka zkušebního tělesa rovna tloušťce konstrukce přičemž délka hrany základny, případně její průměr je nejméně 200mm

Stáří a uložení zkušebních těles:

Zkouška vodotěsnosti se provádí ve stáří těles 28 dní, případně v jiném stáří (využití 90-denního termínu zkoušení). Zkušební tělesa jsou uložena dle účelu zkoušky.

Zkoušení vodotěsnosti

Povrch zkušebních těles je nutné před zkouškou zbavit vrstvičky zatvrdlé cementové malty drobným osekáním. Tlaková voda působí na zkoušený povrch betonu na kruhové ploše o průměru 100 mm. Zatěžování vodním tlakem – prvních 24 hodin tlak 0,2 MPa. Po dalších 24 hodinách dochází ke zvýšení tlaku na 0,4, 0,8, 1,2 MPa dle požadavku na stupeň vodotěsnosti.

Ukončení zkoušky

Zkouška je ukončena v případě: 1) dojde k prosáknutí vody zkušebním tělesem

2) uplyne předepsaná doba působení vodního tlaku

Po ukončení zkoušky se zkušební tělesa rozlomí a zakreslí se oblasti, do kterých prosákla voda.

Výsledek zkoušky

Výsledkem zkoušky je nejnižší stupeň vodotěsnosti dosažený na zkušebních tělesech. Pro tenkostěnné konstrukce dle ČSN 73 1209 se hodnotí hloubka průsaku tlakové vody jako aritmetický průměr hloubek zjištěných u celé sady vzorků v mm s přesností na 1 mm. Součástí zprávy jsou výkresy řezů zkušebních těles se zakreslenými oblastmi vodou prosáklého betonu včetně údajů o zjištěné hloubce průsaků v mm.

ČSN EN 12390-8 Zkoušení ztvrdlého betonu – Hloubka průsaku tlakovou vodou (z 05/2001)

Zkušební vzorky, rozměry

Zkušební těleso musí být krychle, válec nebo hranol o délce hrany či průměru nejméně 150 mm.

Stáří a uložení zkušebních těles:

Zkouška se provádí ve stáří tělesa nejméně 28 dní. Zkušební tělesa jsou ošetřována ve vodě.

Zkoušení vodotěsnosti

Plochu, na kterou bude působit vodní tlak, je nutno ihned po doformování zdrsnit ocelovým kartáčem. Vodní tlak nesmí být vyvoznán na plochu, která byla upravována hladítkem. Tlaková voda působí na zkoušený povrch betonu na kruhové ploše o průměru 75 mm. Na těleso působí vodní tlak (500±50) kPa po dobu (72±2) hodin. Během zkoušení se pravidelně pozoruje stav povrchů zkušebního tělesa, které nejsou vystaveny vodnímu tlaku, zda se neobjevuje voda. Jestliže se voda objeví je třeba zvážit platnost výsledku zkoušky a tuto skutečnost zaznamenat.

Výsledek zkoušky

Po ukončení předepsané doby působení vodního tlaku se těleso zlomí a označí se hranice průsaku. Změří se největší hloubka průsaku od zkoušené plochy a zaznamená se s přesností na 1 mm.

Návaznost na ČSN EN 206-1 čl. 5.5.3 Odolnost vůči průsaku tlakové vody

Odolnost vůči průsaku tlakové vody se určuje na zkušebních tělesech, metoda a kriteria shody musí být odsouhlasena specifikátorem a výrobcem. Pokud není odsouhlasená zkušební metoda k dispozici, může se odolnost vůči průsaku vody stanovit nepřímo mezními hodnotami složení betonu.

Výše uvedené skutečnosti znamenají:

V systému Euronorem nejsou stanovena kriteria pro vyhodnocení výsledků zkoušek. Jinými slovy, můžeme si měřit podle ČSN EN 12 390-8 velikost průsaku, ale žádná norma ze systému Euronorem nám už neřekne, zda je průsak (a odpovídající vodotěsnost) vyhovující.

Stanovení mrazuvzdornosti betonu ČSN 73 1322 (z roku 1696)

Zkouška střídavého zmrazování a rozmrazování vodou nasycených betonových trámčů počtem cyklů, který je stanoven pro požadovaný stupeň mrazuvzdornosti.

Zkušební tělesa a jejich uložení

Zkušební tělesa jsou trámce čtvercového průřezu rozměrů 100x100x400 mm nebo 150x150x600 mm, která se používají pro zkoušku pevnosti v tahu za ohybu dle ČSN EN 12390-5.

Před začátkem zmrazování jsou tělesa uložena:

- 25 dní ve vlhkém prostředí a 3 dny ve vodě při použití cementu portlandského a portlandského struskového
- 57 dní ve vlhkém prostředí a 3 dny ve vodě bude-li konstrukce ze zkoušeného betonu vystavena střídavému účinku mrazu ve stáří betonu větším než 90 dní
- na základě projektu či požadavku objednatel zkoušky

Zkušební zařízení

- mrazicí prostor s regulovanou teplotou do -20°C nebo -23°C
- vodní lázeň pro rozmrazování zkušebních těles, s automatickou regulací teploty v rozmezí +15°C až +22°C.

Postup při zkoušení

Zmrazování a rozmrazování zkušebních těles se koná ve zmrazovacích cyklech, při kterých se mění teplota. Jeden zmrazovací cyklus se skládá ze 4 hodiny zmrazování a 2 hodin rozmrazování.

Výsledky zkoušky

- zjištěné úbytky hmotnosti zkoušených trámčů v % hmotnosti.
- pevnosti v tahu za ohybu a zpravidla i pevnost v tlaku na koncích trámčů
- součinitel mrazuvzdornosti – je to poměr hodnoty aritmetického průměru pevnosti v tahu za ohybu zmrazovaných těles k hodnotě aritmetického průměru pevnosti v tahu za ohybu porovnávacích trámčů.

hodnota součinitele mrazuvzdornosti nesmí klesnout a) dle ČSN 73 1322 pod 75%
b) dle ČSN 73 1209 pod 85%

Mrazuvzdorností se rozumí schopnost betonu odolávat ve vodou nasyceném stavu opakovanému zmrazování a rozmrazování. Při zmrazování dochází ke tvorbě ledu v kapilárách, které jsou nasáknuty vodou. Dochází ke zvětšování objemu (led má o 11% větší objem než voda). Vznikající tlak ledu dosahuje vysokých hodnot. Led nejprve vzniká na povrchu a podle rychlosti ochlazení se tlačí do středu betonu a způsobuje objemový nárůst. Po roztání ledu zůstává až třetina celkového roztažení. Právě průběh tohoto jevu je optimálně zachycen úbytkem pevnosti v tahu za ohybu při průběhu zmrazování. Proto je možné považovat stanovení součinitele mrazuvzdornosti za velice vhodnou zkoušku.

Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek ČSN 73 1326 (z roku 1985) a změna Z1 (z roku 2003)

V současné době se dle této normy používají 1) A.metoda automatického cyklování - „Áčko“
2) C. metoda automatického cyklov. II-„Čěčko“

1) metoda „A“

Zkušební tělesa pro tuto metodu jsou krychle 150x150x150 mm vyrobené v nerozebíratelné plastové formě, válec o průměru 150 mm (případně odřez o výšce 50 mm) nebo hranol 40x40x160 mm (pro zkoušení jemnozrnných betonů).

2) metoda „C“

Základním zkušebním tělesem je odřez horního povrchu betonu válce o průměru 150 mm a výšky 300 mm, vyrobeného z čerstvého betonu při průkazních či kontrolních zkouškách, nebo vývrtu o průměru 150 mm ,odebraného z konstrukce.

Zkušební tělesa pro obě metody jsou po odformování uložena ve vodě o teplotě (20±2) °C. Vývrtu mladší než 28 dní se ošetřují stejným způsobem. V tomto prostředí jsou tělesa uložena po dobu (28±1) dní.

Zkouška probíhá na horním povrchu tělesa – povrch se nijak neupravuje.

Upozornění:

- vliv lidského činitele při provádění těchto zkoušek je značný (jednak úprava povrchu při výrobě těles – norma udává zarovnávaní pilovitým pohybem ocelového pravítka, jednak vlastní provádění zkoušky)
- porovnání výsledků výše uvedených metod je problematické – jsou značné rozdíly závislé na množství odpadu
- metoda „C“ je vhodná při zkoušce dopadů na vývrtech z konstrukce – zkoušíme reálný povrch a proto je možné výsledky vzájemně porovnávat a operovat i se získanými hodnotami

3. Správné a účelné provádění a využití výsledků kontrolní činnosti

Důležitou a dá se říci rozhodující roli v zajištění optimální (z hlediska kvality a hospodárnosti) má funkčně zavedené podnikové zkušebnictví. Kontrolu výroby bet.směsí (kvalita složek, čerstvého a ztvrdlého betonu) je nutno provádět přímo v místě výroby (u betonárny). Předem je třeba naprosto jasně stanovit systém kontroly, jednotný způsob zpracování výsledků kontrolních zkoušek a určit systém jejich předávání (forma atestace). Dalším nezbytným předpokladem je personální obsazení a přístrojové vybavení tak, aby bylo možné provádět všechny potřebné zkoušky dle příslušných ČSN.

Hlavní úkoly zkušební laboratoře:

- 1) zajišťování veškeré kontrolní činnosti a následné prokazování kvality výroby
- 2) využití výsledků kontrolních zkoušek a průběžného sledování kvality k hospodárnému technologickému řízení výroby

Důležitou činností je propojení a zároveň využití získaných výsledků ve formě průkazních a kontrolních zkoušek ve fázi předvýrobní a výrobní přípravy. Součástí předvýrobní přípravy musí být betonářský list

- a) stanovení tříd a druhů betonu, jejich požadované konzistence, technologie dopravy, ukládání, zpracování a ošetřování
- b) druh a rozsah průkazních zkoušek včetně určení jednotlivých složek betonových směsí
- c) druh a rozsah kontrolních zkoušek včetně určení místa a způsobu jejich provedení (provedení zkoušek externími organizacemi odsouhlasí firemní laboratoř).

Jako jeden z příkladů uplatnění poznatků ze zkušebnictví je využití skutečnosti, že v průběhu času se fyzikálně mechanické vlastnosti betonu zlepšují (hlavně při použití portlandských struskových event. vysokopecních cementů). Na základě výsledků značného množství zkoušek byly stanoveny vztahy pro nárůst pevnosti v tlaku mezi 28 a 90 dny. Je velice vhodné využít této skutečnosti pro určité typy konstrukcí. Dlouhodobému zkoumání vlastností betonu po 28 a 90 dnech se věnovala zkušební laboratoř firmy Vodní stavby Praha v rámci realizace vodohospodářských staveb. Sledován byl hlavně vývoj pevnosti v tlaku, dále pak vodotěsnost a mrazuvzdornost betonu. Tyto poznatky byly použity mimo oblast vodních staveb i při návrhu betonů pro pražské metro a JE Temelín. Pro vztah mezi krychelnou pevností v tlaku ve stáří 28 a 90 dní bylo prošetřeno několik typů regresních křivek, schopných vyjádřit s maximálním přiblížením a v jednoduché formě vzájemnou závislost sledovaných veličin. Mezi jednotlivými křivkami byly zjištěny zanedbatelné rozdíly a nebyla ani proká-

zána změna závislosti mezi různými třídami betonu. Výsledné vztahy pro pevnost betonu v tlaku byly určeny na základě metody nejmenších čtverců odchylek vzájemných výsledků takto (údaje v MPa):

$$R_{ck}^{90} = 1,073 \cdot R_{ck}^{28} + 5,59 \quad \text{a} \quad R_{ck}^{28} = 0,890 \cdot R_{ck}^{90} - 3,81$$

Případná změna metodiky zkoušení (stáří 90 dní) musí být uvažována již v projektu. Označení betonu zkoušeného po 90 dnech se dle normy ČSN EN 206-1 provádí doplněním termínu zkoušení do označení (např. tedy C 30/37-90d, což dle zkušeností odpovídá přibližně třídě C 25/30 zkoušené po 28 dnech). Toto může být výhodné i pro splnění doporučených hodnot pro návrh betonů do konkrétního prostředí dle ČSN EN 206-1.

4. Výstavba vodních děl ze 70tých a 80tých let

V 70tých a 80tých letech minulého století byla realizována řada vodohospodářských děl (převážně sypané přehrady) s velmi zajímavými betonovými konstrukcemi namáhanými působením vody a mrazu. Protože od této doby uplynula již relativně dlouhá doba bylo by dnes velice zajímavé a prospěšné provést hodnocení kvality betonu eventuelně posoudit jeho poškození a porovnat s výsledky kontrolních zkoušek získaných při výstavbě. Dále je uvedeno několik příkladů těchto konstrukcí.

- a) Vodní dílo Landštejn – realizováno v letech 1971-1973 firmou Vodní stavby Praha. odběrný objekt – beton B 330 V8 T50, návodní líc hráze – bet.prefabrikáty jako ochrana těsnícího pláště (PVC fólie)



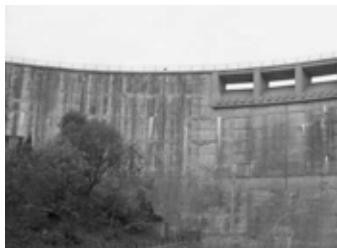
Obr.1a-b – Vodní dílo Landštejn, koryto bezpečnostního přelivu a návodní líc hráze

- b) Vodní dílo Lučina – realizováno v letech 1965-1970 firmou Vodní stavby Praha. sdržený objekt se šachtovým přelivem, návodní železobetonové těsnění



Obr.2 – Vodní dílo Lučina

c) Vodní dílo Vrchlice – realizováno v letech 1965-1970 firmou Vodní stavby Praha. klenbová přehrada válcového tvaru



Obr.3 – Vodní dílo Vrchlice

d) Vodní dílo Trnávka – realizováno v letech 1977-1981 firmou Vodní stavby Praha. Sdružený funkční objekt – spodní výpusti, bezpečnostní přeliv, odpadní štola a vývar, návodní líc hráze – vrstva stříkaného betonu jako ochrana těsnící fólie Netec-sendvič.



Obr.4a-4b – Vodní dílo Trnávka – betonáž sdruženého funkčního objektu

5. Současná situace

V posledních letech došlo k podstatné a poměrně rychlé změně v technologii výroby betonu. Na našem trhu se naráz objevila celé řada velice účinných přísad. To přináší nutnou změnu v přístupu k řízení technologie výroby. Je možné bez problémů zajistit zvýšené požadavky na fyzikálně mechanické vlastnosti betonu (pevnost, odolnost proti průsaku, mrazuvzdornost, odolnost proti působení vody a ch.r.l.). Vyžaduje to ale přesné nastavení výrobních předpisů a průběžnou kontrolu výroby.

Pro názornost uvádíme výsledky kontrolních zkoušek odolnosti proti průsaku ze současně probíhajících betonáží za období května až července 2007:

- Třída betonu: C 25/30 XA1 (beton základové konstrukce)
 Receptura: CEM II/B-S 32,5 R ... 385 kg
 DTK 0/4 ... 900 kg
 HDK 4/8 ... 120 kg
 HDK 8/16 ... 520 kg
 HDK 11/22 ... 310 kg
 Stachement 2481 ... 2,5 kg
 voda ... 175 l
 konzistence – sednutí kužele S4, rozlité F5
 vodní součinitel – 0,46

Počet zkoušek: 62
 Aritmetický průměr průsaku: 19 mm
 Max. hodnota průsaku: 42 mm
 Min. hodnota průsaku: 2 mm
 Směrodatná odchylka: 9,3 mm



Na závěr uvádíme v tabulce 4 návrh mezních hodnot pro vodostavební betony. Tento návrh je určen pro technickou diskusi a předpokládá, že platné požadované hodnoty jednotlivých vlastností budou určeny specifikátorem pro konkrétní konstrukce stavby.

Tab.4 - Doporučené orientační mezní hodnoty pro složení a vlastnosti betonu v České republice – návrh pro vodostavební betony

Stupeň výstavby	Bez řezání konkr. betonu	konkr. způsobena karbonátem				konkr. způsobena průsaky			působení mrazu a rozmrazování				chemický agresivní prostředí				
		K0	K0.1	K0.2	K0.3	K0.4	K0.1	K0.2	K0.3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	
Maximální vodní součinitel vlt	---	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Operační specifikace cement. pevn. třídy betonu (bez mražení, živnostní kontrolace, pro konkrétní konstrukce je specifikována v tab. 15.2	C12/15	C16/20	C18/25	C20/25	C25/30	C25/30	C30/37	C35/45	C25/30	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60	C55/65	C60/70
Minimální obsah cementu při nahrazení betonu (kg/m ³)	---	290	290	290	300	300	300	320	300	300	320	340	320	340	360	340	380
Minimální obsah vzduchu v OB při zkoušce dle ČSN EN 12390-8 pro beton (%)	---	---	---	---	---	---	---	---	1	4 (0,4)	4 (0,4)	4 (0,4)	---	---	---	---	---
Max. průsak vody (přik. dle ČSN EN 12390-8 mm)	---	---	---	---	50	50	20	50	50	50	35	35	50	50	35	20	---
Mrazuvzdornost dle ČSN 73 1322	---	---	---	---	---	---	---	---	T50	T50	T50	T100	T100	T100	T100	T100	---
Odolnost betonu vůči mražení a rozmrazování při zkoušce dle ČSN 73 1326 – metoda podle vyžadování v tab. 15.2	---	---	---	---	---	---	---	---	A-100	A-100	A-100	A-100	A-100	A-100	A-100	A-100	---
Jiné požadavky	---	---	---	---	---	---	---	---	Klasifikace podle ČSN EN 12520 v souvislosti s mrazuvzdorností	---	---	---	Roztavné třídy betonu dle ČSN 73 1326	---	---	---	---

Vysvětlivky a zpřesnění závazných požadavků na beton:

SVC – síranovzdorný cement

- Beton nemusí být provzdušněn na předepsanou hodnotu (může být částečně provzdušněn a nebo vůbec), pokud jsou provedena příslušná opatření (např. příměs křemičitého úletu současně s vod. součinitelem nižším než 0,4) a vyhoví přitom kritériu odolnosti. Pokud beton bez provzdušnění nesplní při PZ kritéria odolnosti a vodotěsnosti, je nutno beton provzdušnit (částečně provzdušnit).
- Pevnosti v tlaku dle ČSN EN 12390-3, odolnosti proti průsaku tlakovou vodou dle ČSN EN 12390-8, mrazuvzdornosti dle ČSN 73 1322 a odolnosti povrchu betonu proti působení vody a chemickým rozmrazovacím látkám dle ČSN 73 1326 je třeba v případě použití portlandských struskových, síranuvzdorných event.vysokopepných cementů předepsat v 90-ti denním termínu zkoušení
- V případě uhličitě agresivity (více než 15 mg/litr podzemní vody CO₂ agresivního) se použije směsných cementů vyhovujících ČSN EN 206-1, Z2, tab. F.2.

DEFORMAČNÉ VLASTNOSTI A ÚNAVA ASFALTOM STMELENÝCH MATERIÁLŮV

František Schlosser, prof., Ing. CSc.; Branislav Nemeč, Ing.

Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra technológie a manažmentu stavieb

1 Úvod

Kvalita je jednou zo základných požiadaviek pri výstavbe cestnej komunikácie. Spolu s premennými parametrami má vplyv na bezpečnosť a pohodlie jazdy užívateľov pozemných komunikácií. Kvalitatívne parametre – najmä premenné – ovplyvňujú bezpečnosť a pohodlie jazdy. Návrh konštrukčných vrstiev vozovky musí byť vykonaný s ohľadom na návrhový model zodpovedajúci pružnému polpriestoru. Vo výpočtoch – podľa návrhovej metodiky na Slovensku – sa využívajú parametre vyjadrujúce deformačné vlastnosti a únavy (životnosti) konštrukčných vrstiev vozovky. Systém posúdenia závisí od viacerých faktorov. Výpočet vozoviek sa vykonáva s hodnotami (dynamickeho) modulu pružnosti, Poissonovho čísla a hrúbky konštrukčnej vrstvy. Pre vyjadrenie prevádzkovej výkonnosti je potrebné poznať aj pevnosti materiálov stmelených hydraulickým spojivom (spravidla v podkladových vrstvách vozovky) alebo asfaltovým spojivom (spravidla horné podkladové vrstvy a kryty vozoviek). Únava sa vyjadruje pomocou únavaových koeficientov.

2 Komplexný modul

Komplexný modul (E^*) (tuhosti, pružnosti) - je materiálová, teplotne a časovo premenná charakteristika väzkopružného (viskoelastického) pretvorenia pri krátkodobom namáhaní striedavým zaťažením. Je to podiel najväčších amplitúd buďiaceho napätia a ním vynútenej deformácie pri ustálenom harmonickom kmitaní s prihliadnutím k ich vzájomnému časovému (fázovému) posunu. Pri hodnotení komplexného modulu (E^*) je potrebné poznať hodnotu výchylky voľného konca (y_0). Hodnota je určujúca aj pre vyjadrenie pomerného pretvorenia, ktoré má v európskej norme a podľa STN 73 6160 rozdielne hodnoty. Základná výchylka voľného konca na každú stranu od zvislej osi trapezoidu bola zvolená podľa STN 73 6160 [4] v hodnote 0,1 na každú stranu a podľa [5] má byť $\varepsilon < 50.10^{-6}$. Hodnoty deformačných vlastností boli zisťované pri teplote vzduchu v klimatizačnej komore 0 °C, +11 °C, +27°C, meranie bolo vykonávané po temperovaní skúšobného telieska a prostredia (vzduchu) na rovnakú teplotu obmedzené maximálnou hodnotou pomerného pretvorenia pri skúške komplexného modulu a únavy asfaltom stmelených materiálov. Princíp komplexného modulu je znázornený na obr. 1, spôsob merania a hodnotenia na obr. 2.

Komplexný modul sa zisťuje na hranoloch alebo trapezoidoch a hodnotí podľa vzťahov:

- komplexný modul**

$$E_{(i\omega)}^* = E_1 + iE_2 \quad (1)$$

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \cos(\psi - \varphi) \quad (2)$$

$$E_2 = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} \cdot \sin(\psi - \varphi) \quad (3)$$

E1 - reálna zložka - pružné vlastnosti [MPa]

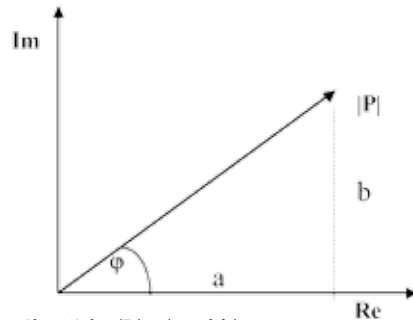
E2 - imaginárna zložka - väzké vlastnosti [MPa]

- **uhol vyjadrujúci fázový posun**

$$\alpha = \psi - \varphi = \arctg \frac{E_2}{E_1} \quad (4)$$

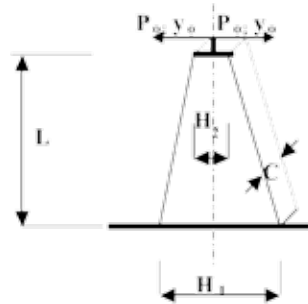
- **modul tuhosti S** - podiel σ_0/ε_0 , rovná sa absolútnej hodnote komplexného modulu

$$S = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_0} = |E_{(i\omega)}^*| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad (5)$$



Obr. 1 Princíp komplexného čísla; $|P| = |a + bi|$
Im – imaginárna zložka; Re – reálna zložka

Komplexný modul sa zisťoval na telieskach tvaru trapezoidu podľa normy STN 73 6160 a metodiky KATEMS (Katedry technológie a manažmentu stavieb) aj pri väčšom počte frekvencií budiacej sily a rozdielnych teplotách podľa obr. 2.



Obr. 2 Schéma merania komplexného modulu

Počas hodnotenie rôznych materiálov stmelенých asfaltovým spojivom bol overený experimentálne spôsob merania a hodnotenia stmelенého materiálu tak, aby bola zistená hodnota komplexného modulu pri pomernom pretvorení podľa normou stanovenej skúšky. Späťne boli namerané hodnoty pre hodnotenie komplexného modulu pri vyrátanom pomernom pretvorení podľa programu LAYMED. Výpočet bol vykonaný pre tri teploty s výpočtovými hodnotami podľa dimenzačnej metódy. Po výpočte pomerného pretvorenia a výchylky voľného konca bol vykonaný opätovný výpočet s hodnotami komplexného modulu zisteného

z prvého výpočtu. Pri opätovnom meraní s prepočítanými hodnotami boli zistené hodnoty komplexného modulu pre zmes OKH, ktoré by mali byť dosiahnuté pri uložení stmelенého materiálu v konštrukčnej vrstve vozovky (in situ). Pri nastavení výchylky voľného konca podľa experimentálne určených hodnôt boli vykonané merania komplexného modulu pri pomernom pretvorení, ktoré by malo – aspoň približne – zodpovedať podmienkam pri zabudovaní v konštrukčnej vrstve vozovky. Namerané hodnoty zodpovedali teoretickým predpokladom s malými odchýlkami. Hodnoty y_0 boli odvodené podľa teploty (tab. 1).

Tab. 1 Priehyb voľného konca trapezoidov pri skúške E* pre OKH

Teplota	Komplexný modul E* [MPa]	Maximálne radiálne napätie σ [MPa]	Priehyb v osi w [1.10^{-1} mm]	Pomerné pretvorenie ε [-]
Základné meranie (rok 2002)				
0 °C	8720	0,918	0,332	$3,84 \cdot 10^{-5}$
11 °C	7462	0,924	0,340	$6,31 \cdot 10^{-5}$
27 °C	2386	0,372	0,379	$10,56 \cdot 10^{-5}$
Opakované meranie (rok 2006)				
0 °C	10105	1,013	0,337	$8,80 \cdot 10^{-5}$
11 °C	8191	0,987	0,341	$9,47 \cdot 10^{-5}$
27 °C	2644	0,422	0,362	$13,20 \cdot 10^{-5}$

Z tab. 1 je zrejmé, že hodnoty pomerného pretvorenia a výchyliek voľného konca trapezoidu umožňujú reálnejšie hodnotenie priehybov konštrukčnej vrstvy vozovky.

Tab. 2 Namerané hodnoty pri skúške E* pre OKH

Teplota	Komplexný modul E* [MPa]	Priehyb voľného konca trapezoidov [mm]	Pomerné pretvorenie ε [-]
		Vypočítané hodnoty	
0 °C	10105	0,13	$8,80 \cdot 10^{-5}$
11 °C	8191	0,15	$9,47 \cdot 10^{-5}$
27 °C	2644	0,20	$13,20 \cdot 10^{-5}$
-	-	Namerané hodnoty	
0 °C	10729	0,122 – 0,142	$8,60 \cdot 10^{-5}$
11 °C	6830	0,111 – 0,144	$8,86 \cdot 10^{-5}$
27 °C	2514	0,148 – 0,168	$10,5 \cdot 10^{-5}$

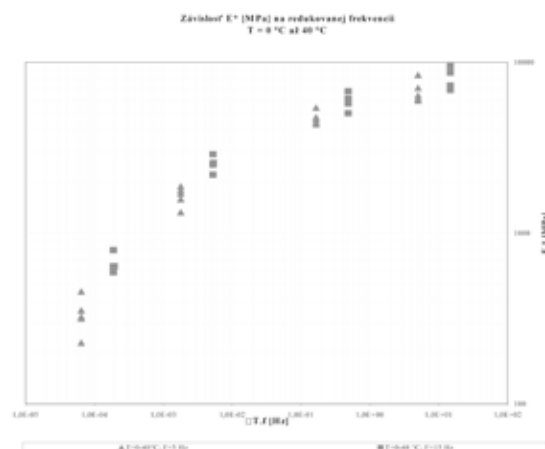
Niektoré podmienky vykonanej skúšky spresňuje metodika KATEMS pre komplexný modul (E*) podľa obr. 2 nasledujúco:

- o tvar telieska: trapezoid (H1=70 mm; H2=30 mm; C=40-50 mm; L= 300 mm)
- o teploty pri meraní: 0; +11; +27; +40 °C
- o zaťaženie telieska: sinusoidálne - harmonická sila (P = 0 – 2 kN)
- o frekvencia: 5; 8,3; 10; 15; 20; (25) Hz
- o výchylka voľného konca: 0,1 mm na každú stranu

Z vykonaných meraní vyplýva, že metóda merania a hodnotenia E* je vhodná pre určenie deformačných vlastností zmesi na báze asfaltového spojiva.

Hlavné krivky umožňujú reálnejšie hodnotiť zmesi s ohľadom na frekvenciu budiacej sily. Preto je potrebné vykonávať merania pri rovnakých podmienkach kvôli vzájomné-

mu porovnaniu nameraných výsledkov. Najväčšou výhodou hlavných kriviek je, že aj pri počiatočnom pomerne veľkom množstve základných meraní, je výhodou relatívne malý počet skúšok pri kontrolných meraniach a vhodnosť posudzovanej zmesi sa posúdi podľa bodu (E^*) v rozmedzí určeného rozptylu pri každej teplote. Je to dôsledok toho, že pri zadání nameranej hodnoty (pri ľubovoľnej frekvencii alebo teplote) do grafu je okamžite (z priebehu grafu) zrejme, či zmes je v oblasti povoleného rozsahu tolerancií, ktoré je potrebné vopred určiť. Na obr. 3 sú znázornené vybrané klasické zmesi. Príklad priebehu komplexného modulu v závislosti od zmeny frekvencie pre zmesi s rôznym obsahom asfaltu recyklovaných materiálov (aj s obsahom cementu a vody) – ale pri jednej teplote + 27 °C – je na obr. 3. Z priebehu vyplýva, že E^* stúpa so zvyšujúcou sa frekvenciou.



Obr. 3 Schéma hlavných kriviek

3 Únava

Únava je porušenie vnútornej štruktúry zhutnenej asfaltovej zmesi opakovaným striedavým (harmonickým) zaťažením. Najvýhodnejšie sa zobrazuje vo Wöhlerovom diagrame. Skúška sa vykonávala rovnakým spôsobom, ako meranie komplexného modulu - pri časovo premennej sile a konštantnej deformácii. Meranie môže byť vykonávané dvomi spôsobmi, kedy sa zisťuje veľkosť amplitúdy:

- harmonickej sily v čase – pri konštantnej deformácii, kedy sila dosiahne polovičnú hodnotu oproti začiatku merania (až do zníženia veľkosti sily na polovicu). Podľa pripravovanej euronormy sa má vykonať minimálne $1 \cdot 10^6$ cyklov zaťaženia harmonickou silou) alebo sa objaví trhlinka v skúšobnom teliesku pri vopred určených výchylkách voľného konca
- deformácie, kedy narastie na dvojnásobok pri pôsobení konštantnej sily (počas celej skúšky).

Únava je vyjadrená životnosťou zmesi. Môže sa zisťovať pre nové zmesi a pre zmesi zabudované v konštrukcii vozovky. Treba však odobrať vzorky z asfaltovej zmesi tak, aby bolo možné vyrobiť trapezoidy. Veľkú úlohu má správna voľba pomerného pretvorenia (výchylka voľného konca pri každom zaťažovacom stupni na začiatku merania), aby skúška únavy mohla byť vykonaná korektne. Rozmery skúšobných teliesok určuje tab. 3.

Tab. 3 Rozmery skúšobných teliesok

Rozmery teliesok	Druh zmesi		
	$D \leq 14$ mm	14 mm < $D \leq 20$ mm	20 mm < $D \leq 40$ mm
B	56 ± 1 mm	70 ± 1 mm	70 ± 1 mm
b	25 ± 1 mm	25 ± 1 mm	25 ± 1 mm
e	25 ± 1 mm	25 ± 1 mm	50 ± 1 mm
h	250 ± 1 mm	250 ± 1 mm	250 ± 1 mm

Čiara únavy zmesi skúšky telieska na rôznych úrovniach amplitúd, pri ktorých sa skúška uskutočňuje, má byť zaznamenaná. Únavová čiara by mala byť určená v bilogarithmickej stupnici ako lineárna regresia únavovej životnosti ku vodorovnej rovine. Využitie výsledkov zodpovedá priemernej hodnote 1.106 cyklom ϵ_6 a sklon únavovej čiary $1/b$ má byť určený. Štandardná odchýlka reziduálnej disperzie únavovej životnosti sN a relatívny index kvality pre ϵ_6 , $\Delta\epsilon_6$ majú byť vypočítané.

Skúšobné zariadenie by malo umožniť systému aplikovať sínusové posunutie voľného konca skúšobného telieska s **konštantnou frekvenciou**. Posunutie (priehyb) počas skúšky by malo byť menšie ako **0,1 $\mu\text{m}/\text{N}$** . Skúšobné zariadenie by malo byť schopné aplikácie zaťaženia na skúšobné teliesko pri frekvencii **25 ± 1 Hz**, ak sú požadované špeciálne podmienky pri iných frekvenciách <4 %.

Poznámka: Ak je použitá iná frekvencia ako 25 Hz, mala by byť uvedená v skúšobnej správe. Výsledky získané pri skúške s rozdielnymi frekvenciami nemôžu byť priamo porovnateľné.

Skúšobné telieska majú byť rovnoramenného trapezoidálneho tvaru a konštantnej hrúbky s rozmermi podľa tab. 3. Skúšobné telieska pre skúšku sa získajú rezaním z dosák výrobných v laboratóriu (podľa prEN 12967-33), z dosák odobratých z vrstvy vozovky alebo z jadrového vývrtnu s minimálnym priemerom **200 mm**. Vývrty majú mať rovnaké rozmery (podľa tab. 3) a majú mať hrúbky **nie menšie ako 40 mm**.

Skúšobné telieska majú byť skúšané v rozmedzí medzi 2 týždňami až 8 týždňami po dátume narezania.

Uskutočnenie skúšky únavy

Skúšobné teliesko i má byť ohýbané sínusoidálne v hornej časti jeho voľného konca predpísanou amplitúdou $\pm 5 \mu\text{m}$ pri dosiahnutom kritériu porušenia. Medzi **100 cyklami a 500 cyklami** reakcia sily má byť zaznamenaná s presnosťou $\pm 2 \%$ a priemerná reakcia sily vypočítaná pre skúšku. Počet cyklov N_i podľa kritérií porušenia má byť meraný s presnosťou 300 cyklov. Priemerná hodnota reakcie sily medzi **100 cyklami a 500 cyklami** je definovaný ako začiatočná hodnota reakcie sily.

Voľba pretvorenia

Deformácie ϵ_i by mali byť vybrané pre jednu z dvoch možností pre hodnoty, ktoré:

- sú priebežne snímané do logaritmickej stupnice alebo
- sú v **najmenej v 3 úrovniach** s homogénnym číslom teliesok (pre 1 alebo 2 telieska) pre každú úroveň. Hodnoty majú byť priebežne znázornené v logaritmickej stupnici.

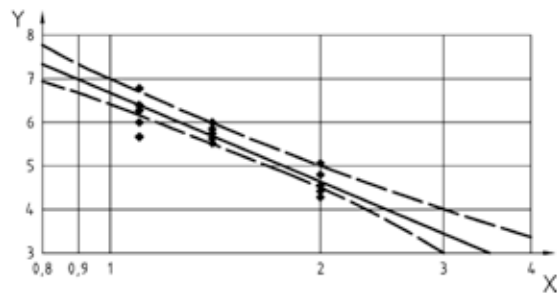
Deformácie by mali byť také, aby na najmenej jednej tretine skúšaných prvkov umožňovali výsledky s $N < 10^6$ a na najmenej jednej tretine skúšaných prvkov umožňovali výsledky s $N > 10^6$. Ak toto nie je možné, mala by byť vykonaná ďalšia skúška.

Pre určenie výsledkov skúšok by malo byť použitých najmenej **18 skúšobných teliesok**.

Na základe výsledkov, ktoré reprezentujú dĺžku životnosti N_i pre vybrané pomerné pretvorenia ϵ_i , únavová krivka by mala byť nakreslená pri spracovaní lineárnej regresie medzi dekadickým logaritmom N_i a dekadickým logaritmom ϵ_i , ktorá má nasledujúci tvar a koeficient korelácie R^2 :

$$\lg(N) = a + \left(\frac{1}{b}\right) \times \lg(\epsilon) \quad (6)$$

Príklad skúšky únavy je znázornený na obr. 5, v ktorom sú osi reverzné (obrátené) k priebehu častejšie zobrazovanému, pretože sklon je zhodný s takto definovaným pre skúšku.



Obr. 4 Schéma únavovej krivky

Y - $\log(N)$; X - $\log(\epsilon/10000)$; N – počet zaťažovacích cyklov; ϵ - pomerné pretvorenie

Platí:

- pre pomerné pretvorenie (ϵ_6) – korešponduje s 10^6 cyklami

$$\epsilon_6 = 10^{b \times (6 - a)} \quad (7)$$

- pre predbežný výpočet zvyškovej štandardnej odchýlky SN

$$S_N = S_{\lg(N)} \times \sqrt{\frac{(1 - r_s^2) \times (n - 1)}{n - 2}} \quad (8)$$

- pre index kvality $\Delta\epsilon_6$

$$\Delta\epsilon_6 = 0,5\epsilon_6 \times (10^{-2b \times S_N} - 10^{2b \times S_N}) \quad (9)$$

kde

$$S_N = S_N \times \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(\lg(\epsilon_6) - \lg(\epsilon))^2}{(n - 1) \times S_{\lg(\epsilon)}^2}} \quad (10)$$

Životnosť zmesi tvoriacej konštrukčnú vrstvu je daná podľa STN 73 6101 a metodiky KATEMS počtom zaťažovacích cyklov potrebných k porušeniu skúšobného telieska, kedy vzniká trhlinka alebo pri poklese sily (napätia) na polovičnú hodnotu oproti hodnote zistenej na začiatku merania. Vyjadruje únavu (S), ktorá je určená (podľa návrhovej metodiky pre netuhé vozovky) vzťahom

$$S = a - b \cdot \log(Nc) \quad (11)$$

kde a, b - súčinitele

Nc - počet zaťažovacích cyklov.

Pre hodnotenie je potrebné vykonať niekoľko meraní pre každú zmes.

4 Záver

Pri navrhovaní vozoviek je potrebné uvažovať aj s kvalitatívnymi vlastnosťami konštrukčných vrstiev. Pri dimenzovaní vozoviek sa odporúča využívať zistené hodnoty komplexného modulu, ktorý lepšie vystihuje prejazd vozidla pri kmitaní nápravy 6 až 25 Hz.

5 Literatúra

- [1] SCHLOSSER, F.: Využitie recyklovaných materiálov v konštrukcii vozovky. In Realizácia a ekonomika stavieb, Štrbské Pleso, 2006
- [2] SCHLOSSER, F., HÍREŠ, V.: Deformačné vlastnosti vyjadrené pomocou hlavných kriviek. In Q-2005, ŽU v Žiline, 2005
- [3] STN 73 6121 Hutnené asfaltové vrstvy, 1994
- [4] STN 73 6160 Skúšanie cestných bitúmenových zmesí, 1986
- [5] NF P98-260-2 Mesure des caractéristiques rhéologiques des mélanges hydrocarbonés
- [6] prEN 12697-26: Bituminous mixtures – Test method for hot mix asphalt – Part 26: Complex modulus, Brusel, 2003
- [7] prEN 12697-24: Bituminous mixtures – Test method for hot mix asphalt – Part 24: Resistant to fatigue, Brusel, 2003

DOHLÉDACÍ ČINNOST A DIAGNOSTIKA NA STAVBÁCH ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY

Ing. Bohuslav Stečinský

České dráhy, a.s.

Odbor stavební a provozu infrastruktury, Nábřeží L. Svobody 1222, 110 15 Praha 1

Tel. 972 233 137, e-mail: stecinsky@gr.cd.cz

Web: www.cd.cz

Anotace:

Príspevek pojednává o systému provádění správy staveb železniční infrastruktury (především mostních a tunelových objektů) z hlediska kontroly a diagnostiky jejich stavu.

1. Systém správy železniční dopravní cesty

V současné době působí v České republice dvě společnosti, které se starají o zajištění železniční infrastruktury v majetku státu. Jedná se především o státní organizaci Správa železniční dopravní cesty (SŽDC, s.o.), která plní funkci státem pověřeného vlastníka železniční dopravní cesty. A dále o akciovou společnost České dráhy (ČD, a.s.), která na základě smluvního ujednání se SŽDC, s.o. provozuje většinu železničních drah v České republice.

ČD, a.s. zajišťují provozuschopnost dráhy celostátní a regionální (na vyjmenovaných tratích) jako jejich provozovatel na základě Úředního povolení k provozování dráhy ve smyslu Zákona o drahách č. 266/1994 Sb., v platném znění, jeho prováděcích vyhlášek a ve smyslu Zákona č. 77/2002 Sb., v platném znění.

Provozováním dráhy ve smyslu „Zákona o drahách“ č. 266/94 Sb. v platném znění jsou činnosti, kterými se zabezpečuje a obsluhuje dráha a organizuje drážní doprava.

SŽDC, s.o. zabezpečuje v současné době vlastními kapacitami přípravu a provádění investiční činnosti. Z této oblasti jsou bezpochyby nejvýznamnější modernizace železničních koridorů.

ČD, a.s. v rámci zajišťování provozuschopnosti fakticky realizuje dohlédací činnost. Tímto pojmem se nazývají úkony spojené s různými stupni prohlídek především vizuálních. Nad rámec této dohlédací činnosti je prováděna rozsáhlá diagnostika dopravní cesty. Vedle toho provádí ČD, a.s. vlastními kapacitami nebo zajišťuje formou subdodávek údržbové a opravné práce a spolupracuje se SŽDC, s.o. na rekonstrukčních a modernizačních pracích. Tyto činnosti vykonávají organizační složky úseku náměstka generálního ředitele ČD, a.s. pro dopravní cestu prostřednictvím odborů O 13, O14 GR a dalších organizačních složek v působnosti náměstka GR pro dopravní cestu.

Príspevek je zaměřen především na dohlédací činnost a diagnostiku staveb železniční infrastruktury, respektive dle běžně užívaných pojmů na stavby železničního spodku. Nejvýznamnější stavby železničního spodku jsou mostní a tunelové objekty. Vedle toho také zdi, nástupiště, železniční přejezdy a další drobné stavby.

Rozsáhlá forma diagnostiky však probíhá na vlastním železničním svršku a to především z hlediska zajištění požadovaných parametrů geometrie koleje. Za tímto účelem vlastní ČD, a.s. měřící vůz a měřící drezínu. Jedním ze základních parametrů tratí je jejich prostorová průchodnost a dále jejich přechodnost. Prostorová průchodnost se pravidelně ověřuje při prohlídkách, které provádí výkonné jednotky ČD, a.s. Pro ověření prostorové průchodnosti se používá fotogrametrický měřící vůz FS3.

Mezi nepravidelné postupy pro ověření kvality dopravní cesty patří tzv. verifikace tratí pro nové soupravy či vozy. Asi nejvýznamnější proces verifikace tratí proběhl v minulých letech v souvislosti s verifikací jednotek typu „Pendolino“.

Dalším druhem ověřování shody prvků nebo tzv. subsystémů konvenční železnice jsou procesy spojené s problematikou Interoperability. Jedinou notifikovanou osobou v této oblasti je dceřinná společnost ČD, a.s. Výzkumný ústav železniční (VUŽ, a.s.). V této problematice jsme ovšem spolu se zbytkem Evropy teprve na začátku.

Výkonnými jednotkami ČD, a.s., které zajišťují základní rozsah dohlédací činnosti jsou Správa dopravní cesty (SDC). Organizační jednotkou, která zajišťuje speciální diagnostiku je Technická ústředna Českých drah (TÚČD).

V současné době schválila vláda materiál o transformaci společnosti ČD, a.s. Tento materiál se zabývá vznikem dceřinné společnosti ČD CARGO a dále restrukturalizací v oblasti dopravní cesty. Předpokládá se přechod organizačních jednotek zajišťujících provozuschopnost (SDC, TÚČD) od ČD, a.s. k SŽDC, s.o. Právní forma a rozsah se teprve upřesňují. Je však pravděpodobné, že k v budoucnu tak dojde k poměrně zásadní změně v oblasti zajišťování dohlédací činnosti a diagnostiky.

2. Dohlédací činnost v oblasti mostů a tunelů

Mezi běžnou dohlédací činností a diagnostikou patří:

- Stálý dohled
- Běžné prohlídky
- Podrobné prohlídky
- Kontrolní prohlídky
- Zvláštní pozorování
- Kontrola prostorové průchodnosti

Stálý dohled vykonávají ve svém obvodu, v rámci předepsaných obchůzek a prohlídek tratí pověřeni zaměstnanci (především tzv. pochůzkáři). V souvislosti s modernějším pojetím stálého dohledu se především na modernizovaných tratích nahrazují tyto pochůzky kontrolní jízdou po trati.

Běžné prohlídky se provádí na všech tunelech a mostních objektech minimálně jednou ročně. Na tunelech a mostech jejichž stavební stav je hodnocen stupněm „3“ minimálně jednou za půl roku.

Podrobné prohlídky se na tunelových objektech provádí v pětiletých intervalech. Na mostních objektech se intervaly prohlídek liší podle typů objektů.

Objekty na poddolovaných územích, v seismických oblastech a ve svážlivém území, objekty s ocelovou a ocelobetonovou nosnou konstrukcí a s konstrukcí z předpjatého betonu, zatímco mosty a všechny objekty hodnocené jako nevyhovující (stupeň 3) podléhají podrobné prohlídce 1x za 3 roky. Na ostatních objektech se podrobné prohlídky provádí v intervalu 1x za 6 let.

3. Postupy k zajišťování kvality dohlédací činnosti a diagnostiky

České dráhy se snaží vedle vlastního zajišťování dohlédací činnosti a diagnostiky, provádět také činnosti směřující k udržení a zlepšení kvality prováděných prací.

Pro zaměstnance ČD, a.s. jsou pořádány tzv. Základní kurzy v rozsahu jednoho týdne na nichž jsou zaměstnanci seznámeni s postupy správy železničních staveb. Nepravidelně jsou pořádány jednodenní semináře. Obvykle při příležitosti vydání nových kapitol TKP, nových předpisů, služebních rukověť a směrnic. Vedle toho pořádají ČD, a.s. i další přednášky ve spolupráci s firemní sférou.

Pro vlastní zkvalitnění dohlédací činnosti zadala TÚČD s vlastní spoluprací vypracování Technicko ekonomické studie ke zlepšení diagnostikování mostních objektů s přímou vazbou na přechodnostní parametry a bezpečnost železničního provozu. V roce 2006 byla dokončena část týkající se ocelových mostů. V tomto roce se připravuje část týkající se mostů masivních.

ČD, a.s. jsou také účastníkem projektu Mezinárodní železniční unie (UIC) Masonry Arch Bridges. V rámci tohoto projektu je zpracováno mnoho dokumentů týkajících se zděných mostů. Mezi nimi také Katalog závad a manuály k provádění diagnostiky. Součástí bylo též ověřování možností nedestruktivní diagnostiky mostních zděných konstrukcí.

NEDESTRUKTIVNÍ METODY A JEJICH UPLATNĚNÍ V SYSTÉMU ZKUŠEBNICTVÍ

Ing. Anna Nohelová (1)

Ing. Jiří Habarta, CSc. (2)

(1) TZÚS Praha, pobočka Brno, Hněvkovského 77, 617 00 Brno, tel. 543 420 844, fax 543 211 591, e-mail: nohelova@tzus.cz

(2) Pellicova 5d, 602 00 Brno, tel. 602 136 986, fax 541 236 943, e-mail: habar-ta@volny.cz, www.volny.cz/habarta

Nedestruktivní metody se u nás ve stavebnictví používají řadu let. Tvoří nedílnou součást komplexu zkušebních metod, které se v tomto oboru používají. Při jejich správném použití umožní širší a přesnější informace o materiálech i o konstrukcích. Jejich rozvoj souvisel jednak s vývojem a dostupností přístrojového vybavení, jednak s aplikačními možnostmi, které byly podpořeny podrobně zpracovanými českými technickými normami. Byl vytvořen a působí kvalifikační systém pro pracovníky, kteří s certifikací získávají informace o možnostech nedestruktivních metod.

1. Obecně

Používání nedestruktivních metod v naší republice má dlouholetou tradici a to především ve strojírenství, ale i ve stavebnictví se přístroje pro nedestruktivní metody začaly používat ve svých ranných začátcích rozvoje především pro zkoušení betonu jako aplikace přístrojů pro měření kovů. Začátky nebyly jednoduché, uváží-li se rozdílnosti ve zkoušené hmotě, tj. především rozdíly mezi homogenní ocelí a nehomogenním betonem. Po prvních pokusech o aplikaci přístrojů pro měření tvrdosti ze strojírenství na měření tvrdosti betonu bylo potřebné a nutné zpracovat odlišné metodiky zkoušení, které by měly obecnější platnost a jejichž výsledky zkoušení by byly reprodukovatelné a bylo možno je použít pro hodnocení dalších potřebných vlastností, charakteristických pro určitý zkoušený beton.

V 60-tých letech min. století bylo vyvinuto mnoho přístrojů pro měření tvrdosti betonu (z tvrdosti betonu se odvozovala jedna z nejdůležitějších vlastností betonu, tj. pevnost). I když výsledky byly jen informativní, byly důležitou pomůckou pro zkoušení pevnosti betonu především ve výrobnách betonu a v panelárnách. Praxe si vyžadovala rychlé metody pro určení základních technických vlastností betonu, potřebných nejen pro navrhování, ale především pro posuzování konstrukcí nejen konstrukcí nových, ale především konstrukcí starších a starých. Byly zpracovány metodiky a normy nejen pro stanovení pevnosti, ale i normy pro určení jiných vlastností, které využívaly pružných vlastností betonu a jejich zkoušení. Aby výsledky stanovených údajů byly srovnatelné, bylo nutno tyto metodiky v širším měřítku ověřit a po jejich ověření zpracovat normy platné v celém oboru zkoušení. Ověřování vytvořených metodik bylo prováděno zkušebními ústavami (především Technickým zkušebním ústavem v Praze a v Bratislavě) a vysokými školami v celé republice, především v Brně a v Praze a dalšími odbornými pracovišti. Normy, které postupně vznikaly, tak byly vytvořeny na základě rozsáhlého výzkumu a obrovské četnosti zkušebních, takže skutečně odpovídaly potřebám a byly proto také dobře použitelné v praxi při zkoušení a hodnocení. Byly vytvořeny obory zkušebních norem pro zkoušení betonu a to jak normy pro destruktivní zkoušení zkušebních těles (odebraných z konstrukce nebo záměrně zhotovených), ale

i skupina norem pro nedestruktivní zkoušení betonu. Normy přitom byly vytvořeny tak, že umožnily aplikaci při zkoušení nejen betonu, ale i jiných stavebních materiálů.

2. Stav normalizace zkušebních metod v oboru nedestruktivního zkoušení do r.1989

Do r. 1989 byla vytvořena skupina norem platných pro nedestruktivní zkoušení betonu. Jsou to tyto normy řady 73:

ČSN 73 1370	Nedestruktivní zkoušení betonu. Společná ustanovení.
ČSN 73 1371	Ultrazvuková impulsová metoda skúšania betónu
ČSN 73 1372	Rezonančná metoda skúšania betónu
ČSN 73 1373	Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
ČSN 73 1374	Dvojparametrová nedeštruktívna metóda skúšania betónu
ČSN 73 1375	Radiometrické zkoušení objemové hmotnosti a vlhkosti
ČSN 73 1376	Radiografie betonových konstrukcí a dílců
ČSN 73 2040	Zkoušení mrazuvzdornosti stavebních dílců. Společná ustanovení
ČSN 73 2041	Zkoušení mrazuvzdornosti stavebních dílců z obvyčejného betonu a železobetonu
ČSN 73 2042	Zkoušení mrazuvzdornosti sendvičových dílců
ČSN 73 2011	Nedeštruktívne skúšanie betónových konstrukcií

Poznámka: Normy podléhaly pravidelné revizi, aby odpovídaly nejnovějším poznatkům a nově vydávaným normám. Proto i normy vytvořené na pracovišti TZUS Praha, pob. Brno, byly revidovány slovenskými odborníky. Vydávání norem střídavě v češtině a ve slovenštině odpovídalo zvyklostem v době jejich vzniku.

3. Platné technické normy pro nedestruktivní zkoušení betonu a normy návazné

Po r. 1989 a zejména později v období přípravy na vstup do EU dochází k přebírání nových norem z EU, neboť jako členové EU musíme v předepsaném termínu tyto nové normy převzít přímým překladem a u norem, které jsou s nimi v rozporu, je povinné zrušení jejich platnosti. Na doporučení odborníků z oboru nedestruktivního zkoušení byly zrušeny také některé normy tohoto oboru, které se v praxi málo využívaly nebo se jevíly jako nepotřebné. Jsou to mj. tyto normy: ČSN 73 1374, ČSN 73 1375, ČSN 73 1376, ČSN 73 2040, ČSN 73 2041, ČSN 73 2042.

Do dnešního dne byly do systému našich norem převzaty také EN pro nedestruktivní zkoušení, na které se odvolávají ostatní již vydané a platné normy, zejména normy pro zkoušení konstrukcí. Jsou to tyto EN:

ČSN EN 12504-1	Zkoušení betonu v konstrukcích –
Část 1:	Vývrty – Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
Část 2:	Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
Část 3:	Stanovení síly pro vytržení
Část 4:	Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulzu

Vzhledem k tomu, že uvedené normy EN pro nedestruktivní zkoušení nejsou identické s dosud platnými českými normami obdobného zaměření a názvu, ponechávají se prozatím v platnosti a budou po provedeném rozboru ponechány, popř. ponechány jen některé části těchto norem. Domníváme se, že ČSN jsou podrobnější a uvádí ověřené pracovní postupy.

Nedestruktivní zkoušení je částí širokého oboru zkoušení, musí se proto při provádění nedestruktivních zkoušek dodržovat návazné normy, např. normy platné pro doplňkové zkoušky (mj. pro zkoušky na odebraných zkušebních tělesech z konstrukce, které předepisuje norma pro nedestruktivní zkoušení konstrukcí ČSN 73 2011), které jsou nutné pro upřesnění výsledků vlastností, zjištěných nedestruktivními metodami. Jsou to především tyto návazné normy:

ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu –

- Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa
- Část 2: Výroba a ošetřování zkušebních těles pro zkoušky pevnosti
- Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- Část 4: Pevnost v tlaku na zkušební lisy

Poznámka: Převzaté zahraniční normy z oboru nedestruktivního zkoušení dávají oproti českým normám jen povšechné informace. Uvádějí zejména jen princip zkušební metody, často bez přesných postupů, dále výsledek zkoušky, jednotky a přesnost získaných výsledků. Často je potom nutné a vhodné použít pro účelné vyhodnocení další informace z našich původních norem, i když jsou z nich ponechány platné jen některé články.

4. Stanovení pevnosti betonu nedestruktivními metodami

Pevnost betonu v tlaku je základní vlastnost, podle které lze beton zařadit do příslušné pevnostní třídy, nyní ve smyslu platné ČSN EN 206-1.

Při hodnocení konstrukcí in situ je třeba tuto vlastnost vždy prokazovat, pokud není známa (zejména u starší narušené konstrukce), resp. jsou-li o jejím deklarovaném údaji pochybnosti.

Požadavek na stanovení pevnosti v tlaku konstrukce se tedy nejčastěji vyskytuje v případech, kdy je požadováno

- a) prokázat, že stavba byla provedena v kvalitě předepsané projektem
- b) ověřit kvalitu betonu konstrukce, kdy je k dispozici dokumentace stavby, avšak o uvedeném údaji jsou s ohledem ke stavu a stáří konstrukce pochybnosti
- c) stanovit kvalitu betonu starší konstrukce, ke které není dokumentace s uvedením kvality betonu konstrukce
- d) stanovit skutečnou pevnost betonu nové stavby, ke které je k dispozici veškerá dokumentace, ale vzhledem k nekvalitnímu provedení neodpovídá projektem předepsaným požadavkům

V případě nových velkých staveb (a) je možno využít výsledků kontrolních zkoušek pevnosti provedených na zkušebních tělesech zhotovených v průběhu stavby, tak jak předepisují platné normy (ČSN EN 206-1). Využití pouze výsledků zkoušek pevnosti v tlaku dodaných betonárnou vyrábějící a dodávající beton pro stavbu je často nespolehlivé s ohledem na malou četnost zkoušek prováděných betonárnou ve vztahu k počtu a množství vyráběných betonů. Mimo to se může po vyrobení betonu projevit vliv dopravy, ukládání a ošetřování. Záměny směsí a nedovolené přidávání vody bohužel někdy také nastává. K čerstvému betonu použitému na stavbu většinou nejsou odpovídající aktuální výsledky (zhotovené zkušební vzorky jsou z jiné záměsi, mají rozdílné ošetřování zkušebních těles, jinou kvalitu kameniva, aj.).

V ostatních uvedených případech (b, c, d) je vždy nutno zkoušet beton konstrukce. K tomu jsou použitelné dvě skupiny zkušebních metod, označované jako metody destruktivní a metody nedestruktivní. Obě skupiny metod jsou používány nejen odděleně, ale i v kombinaci. Způsoby stanovení pevnosti betonu v tlaku jsou podloženy platnými normovými předpisy, umožňujícími na základě provedených zkoušek vyhodnocení pevnosti betonu konstrukce s různou přesností a spolehlivostí. Projeví se také četnost zkoušek a získané informace o sledované konstrukci. Vliv má často i nákladnost prováděných zkoušek.

Dr. A. Pavlík, kterého můžeme označit za předního českého propagátora nedestruktivních metod, hodnotí „účelnost zkoušení“ jako vztah dvou parametrů a to četnosti informací získaných zkouškami a nákladů na tyto provedené zkoušky. Citujeme-li z jeho publikace, pak je tato účelnost podle způsobu vyšetřování následující:

zkušební tělesa	0,20
odebrané vzorky z konstrukce	0,05
zatěžovací zkoušky	0,22
nedestruktivní zkoušky	1,00

Autor publikace na stejném místě přiznává, že nedestruktivní zkoušky neumí stanovit všechny potřebné parametry konstrukce a že je tedy nutné přidat k nedestruktivním zkouškám „doplňující zkoušky“, pod které zahrnujeme mj. odběr vzorků z konstrukce (nutný zejména pro upřesnění nedestruktivních zkoušek) tak, jak požaduje norma pro nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí ČSN 73 2011.

Nutnost použití doplňkových zkoušek při nedestruktivním zkoušení pevnosti betonu konstrukce byla zakotvena do citované ČSN 73 2011. Doplňkové zkoušky při nedestruktivním zkoušení je nutno vždy použít v případě stanovení pevnosti betonu srovnatelné s pevností krychelnou tak, jak je zakotveno v ČSN 73 1373.

5. Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí dle ČSN 732011

ČSN 73 2011 Nedestruktivní zkoušení betonových konstrukcí je norma, která výstižně uvádí stanovení počtu zkušebních míst s ohledem na objem anebo plochu zkoušené konstrukce ve vztahu k získání požadovaných parametrů – zohledňuje měření informativní a podrobné.

Správné použití této normy vyžaduje znalost všech dostupných normových metod nedestruktivního zkoušení a doporučuje použití určité nedestruktivní metody ke stanovení pevnosti betonu konstrukce (při doplnění dalších upřesňujících zkoušek) s ohledem na tvarové a objemové parametry konstrukce. Uvádí různé způsoby vyhodnocení pevnosti betonu konstrukce ve vztahu k přesnosti získaných údajů a způsobu zkoušení.

Vzhledem k dostupnosti tvrdoměrných metod, zejména metody Schmidtových tvrdoměrů a jejich poměrně jednoduchého a rychlého měření je možno podle uvedených postupů stanovit zaručenou pevnost, podle které se beton zařazuje do pevnostních tříd – dříve podle ČSN 73 2400, dnes podle ČSN EN 206-1. Často hodnotíme konstrukce starší a staré, které byly navrženy a označeny podle dříve platných a užívaných ČSN, proto jako pomůcku pro

převod dříve používaných tříd a značek betonu můžeme využít dnes již zrušenou a tedy již neplatnou ČSN 73 2400, případně ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí která nahradila ČSN 73 0038 (normy umožňují porovnat pevnostní třídy nebo značky betonu dřívějšího označení se současným platným značením betonu).

Pro vyhodnocení zaručené pevnosti betonu je nutno vzít v úvahu závaznost zkoušek – vyhodnocení by mělo být prováděno vždy z upřesněných pevností ve smyslu ČSN 73 1373. Měly by tedy v programu zkoušení a vyhodnocení být zařazeny zkušební vzorky z konstrukce, ke kterým by měly být známy pevnosti stanovené nedestruktivně a pevnosti stanovené destruktivní metodou na stejných zkušebních tělesech. Jen z upřesněných pevností je možno odpovědně vyhodnotit zaručenou pevnost.

6. Normy pro tvrdoměrné zkoušení betonu

Pro zkoušení betonu tvrdoměrnými metodami platí v současnosti dva normové předpisy:

ČSN 731373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
 ČSN EN 125-2 Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem

Nutno zdůraznit, že ČSN EN 12504-1 není ekvivalentní ČSN 731373, proto zatím byla česká norma ponechána v platnosti.

Některé rozdíly mezi ČSN 731373 a ČSN EN 12504-2 (dále jen ČSN, EN):

- ČSN je metodická norma pro stanovení pevnosti betonu zkušebního místa čtyřmi různými tvrdoměrnými metodami. EN je metodická norma pro stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem.
 - Normy se liší údaji v počtu platných odrazů tvrdoměrem na jednom zkušebním místě (ČSN má předepsáno 5, EN 9 platných odrazů)
 - udané minimální velikosti zkušebních míst jsou rozdílné. ČSN udává rozměry míst s ohledem na typ Schmidtova tvrdoměru, EN udává plochu jednotně cca 300 mm × 300 mm)
 - jsou další rozdíly ve vlastním zkoušení a přípravě zkušebních míst
 - EN není určena jako alternativa ke stanovení pevnosti betonu v tlaku (EN 12390-3), ČSN umožňuje při upřesnění na odebraných vzorcích stanovit pevnost betonu v tlaku odpovídající pevnosti krychelné, stanovené destruktivně (ČSN 731370)
- Podle toho, k jakému cíli má tedy zkoušení vést je nutno zvolit, podle které normy bude postup zkoušení a vyhodnocení aplikován.

7. Metodika stanovení pevnosti betonu konstrukce při využití nedestruktivních metod

Při stanovení pevnosti betonu konstrukce je třeba zohlednit obecně platné normové předpisy zkoušení pevnosti betonu platné pro zkoušení jak destruktivními, tak nedestruktivními metodami a dále také praktické poznatky a zkušenosti ze zkoušení konstrukcí. Základem pro zkoušení je ČSN 73 2011, ve které, jak je uvedeno v předchozím, jsou uvedeny zásady pro zkoušení a způsob vyhodnocení při využití nedestruktivních metod zkoušení s použitím doplňkových zkoušek tak, aby stanovené hodnoty pevnosti v jednotlivých zkušebních místech měly charakter upřesňující pevnosti, která je srovnatelná s výsledkem destruktivní zkoušky v příslušném zkušebním místě.

Zjišťování pevnosti betonu konstrukce je tedy třeba provádět s ohledem na předchozí tímto postupem:

- s ohledem na tvar, rozměry, velikost sledované konstrukce vybrat metodu nedestruktivního zkoušení a příslušný postup (typ tvrdoměrné metody, ultrazvuková metoda, kombinace metod) a odpovídající zkušební zařízení (typ tvrdoměru, ultrazvukový přístroj, přístroj pro doplňkové zkoušky)

- podle závažnosti měření, požadavků na zjišťované charakteristiky (informativní, statistické hledisko) stanovit počet zkušebních míst

- v každém zkušebním místě provést měření vybranou nedestruktivní metodou (podle příslušné metodické normy) a stanovit pevnost s nezaručenou přesností

- provést doplňkové zkoušky, tj. odběr vzorků – vývrty pro upřesnění zkoušek- stanovit součinitele pro přepočítání pevnosti s nezaručenou přesností na pevnost upřesněnou ve smyslu ČSN 731370 (počet odebraných vzorků je závislý na velikosti konstrukce a způsobu vyšetřování a je dán ČSN 732011 – vzorky nutno odebrat z míst nedestruktivně stanovené min., max., průměrné pevnosti, aby se mohl minimalizovat počet odbíraných vzorků)

8. Kvalifikace pracovníků v oboru nedestruktivního zkoušení ve stavebnictví.

Zdánlivá jednoduchost obsluhy některých zařízení vede někdy k chybným představám, že postačuje mít Schmidtův přístroj a tabulku pro vyhodnocení naměřených hodnot pro hodnocení stavu konstrukce. Takový postup vede k závažným chybám. Proto byl ve spolupráci s TZÚS vytvořen systém kvalifikačních kursů, který je dnes součástí akreditovaného kvalifikačního a certifikačního systému, který zabezpečuje Certifikační sdružení pro personál v Praze-Běchovicích. V systému jsou zařazeny všechny nedestruktivní obory zkoušení a stavebnictví je jeho nedílnou součástí. V současné době trvá školení týden a umožní seznámení se jak s přístrojovým vybavením, tak i s metodikou jednotlivých postupů měření a vyhodnocení. Kvalifikace pracovníků je v tomto systému periodicky ověřována.

9. Závěr

Nedestruktivní metody pro stavebnictví jsou součástí systému zkušebnictví v tomto oboru. Nelze je oddělovat jako samostatně působící, izolovaný a nenavazující obor činnosti. I při jejich používání je nutná jak znalost vlastností jednotlivých materiálů, tak jsou nutné i informace o konstrukcích, jejich navrhování, provádění a užívání. Tyto metody jsou jen zdánlivě jednoduché. Neodborné použití může vést ke značně nespolehlivým závěrům, to ale platí pro všechny zkušební metody. Současný stav normalizace dává dostatek informací pro používání těchto metod. Mezi hlavní výhody nedestruktivních metod patří možnost výrazného rozšíření informací o materiálech a konstrukcích a tak k přesnějšímu hodnocení jejich spolehlivosti

ZKUŠEBNICTVÍ V RÁMCI SYSTÉMU JAKOSTI V OBORU POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Ing. Jaroslav Vodička

ASPK, s.r.o., Jílkova 76, 615 00 Brno

Tel. 548 424 213, e-mail: vodička@silvyvoj.cz

Web: www.silvyvoj.cz

Anotace:

Trend trvalého zvyšování jakosti silničních prací na dálnicích a silnicích I. tříd je v České republice zabezpečován důsledným uplatňováním metodického pokynu Systém jakosti v oboru pozemních komunikací. Jedním z podstatných znaků této oborové normy je požadavek na prokazování způsobilosti uchazečů o zakázky. Na jakost prací má zásadní vliv činnost laboratoří. Kromě akreditovaných laboratoří působí v oboru rovněž laboratoře s příznanou odbornou způsobilostí. Příspěvek stručně popisuje hlavní zásady Systému jakosti v oboru pozemních komunikací, požadavky na zkušební laboratoře působící v rámci tohoto systému a činnost Střediska pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací, které se více než deset let věnuje posuzování silničních laboratoří, dohledem nad laboratořemi s příznanou odbornou způsobilostí a organizační mezilaboratorních porovnání zkoušek, a rovněž zhodnocení uplynulého desetiletého období.

1. Úvod

Otázce jakosti prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací je orgány státní správy ve věcech dopravy v ČR již dlouhodobě věnována značná pozornost. Po změnách společenskopolitického klimatu po roce 1989 a otevření ČR směrem k vyspělým zemím světa, ve kterých jsou již delší dobu v oblastech řízení jakosti uplatňovány systémové nástroje budované na principech akreditace a certifikace, vycházející z norem řady 45000 a 9000, byly na základě rozhodnutí Ministerstva dopravy zahájeny přípravné práce pro zavedení obdobných principů do procesu výstavby, oprav, údržby a správy pozemních komunikací v ČR, které vyústily vyhlášením Resortního systému jakosti v oboru pozemních komunikací (RSJ-PK). RSJ-PK byl schválen ředitelem odboru pozemních komunikací Ministerstva dopravy pod. č.j. 18074/94-230 v květnu 1994 a vyhlášen byl ve Věstníku dopravy 14 v červenci 2004. Byl vyhlášen jako metodický pokyn „Resortní systém jakosti v oboru pozemních komunikací (RSJ-PK) - Zásady RSJ-PK“ a zahrnoval pět následujících oblastí:

- průzkumné, projektové a diagnostické práce,
- zkušebnictví (laboratorní činnosti),
- provádění silničních a stavebních prací,
- výrobky a materiály podléhající schválení,
- ostatní výrobky.

Metodický pokyn pouze stanovoval obecné principy naplnění požadavků na jakost v jednotlivých oblastech a termíny pro jejich zavedení. Konkrétní požadavky na zhotovitele prací, případně činností v jednotlivých oblastech a na výrobky byly postupně formulovány v těchto metodických pokynech:

- MP k RSJ - PK v oblasti 2.2.1 zkušebnictví (laboratorní činnosti), č.j. 19160/95 – 230 z 6.6.1995,
- MP k RSJ - PK v oblasti 2.1.1 projektové práce, č.j. 23617/96 – 120 z 1.11.1996,
- MP k RSJ - PK v oblasti 2.2.2 provádění silničních a stavebních prací, č.j. 23614/96 - 2303 z 1.10.1996,
- MP k RSJ - PK v oblasti 2.3.2 ostatní výrobky, č.j. 23621/98 - 120 ze 7.7.1998,
- MP k RSJ - PK v oblasti 2.1.2 průzkumné a diagnostické práce, č.j. 28346/99 - 120 z 21.10.1999.

Mimo deklarované oblasti v Zásadách RSJ - PK byla pod vlivem očekávaného rozvoje nových technologií a transferu technologií ze zahraničí vyhlášena Metodickým pokynem k SJ-PK v oblasti 2.4.1 zavedení nové technologie, č.j. 25855/00 - 120 ze dne 20.11.2000, další oblast.

V této podobě s dílčími změnami schválenými MP k RSJ-PK pro zavádění RSJ-PK č.j. 29693/98 - 120 z 23.11.1998 byl resortní systém jakosti uplatňován až do roku 2001, kdy na základě analýzy výsledků z fungování RSJ-PK v letech 1994 až 2000 byla provedena rozsáhlá novelizace, která byla schválena jako metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací (SJ-PK) pod č.j. 20840/01-120 ze dne 10.4.2001, který byl vyhlášen ve Věstníku dopravy 9 z 2.5.2001.

V důsledku změn legislativních předpisů, na které má SJ-PK vazbu, byly postupně schváleny změny MP SJ-PK č.j. 30678/01-123 ze dne 20.12.2001 (Věstník dopravy 1 z 10.1.2002), č.j. 47/2003-120-RS/1 ze dne 31.1.2003 (Věstník dopravy 4 z 19.2.2003) a č.j. 174/05-120-RS/1 ze dne 1.4.2005 (Věstník dopravy 9 z 27.4.2005). Poslední obsahově nejrozsáhlejší změna z roku 2005 vedla z důvodu zlepšení přehlednosti Ministerstvo dopravy k vydání úplného znění MP SJ-PK, které bylo schváleno pod č.j. 355/2005-120-RS/1 ze dne 29.6.2005 a vyhlášeno ve Věstníku dopravy 14-15 z července 2005.

2. Metodický pokyn Systém jakosti v oboru pozemních komunikací

Na rozdíl od předcházejícího pojetí RSJ-PK je MP SJ-PK koncipován jako jeden předpis, který v části I Zásady formuluje cíle, působnost, oblasti, základní principy prokazování způsobilosti k činnostem v rámci SJ-PK a jeho správy. Základním cílem tohoto pokynu je stanovit zásady pro trvalý růst jakosti prací při výstavbě, opravách a údržbě pozemních komunikací v duchu platných systémových norem a je určen zejména organizacím činným při výstavbě, opravách a údržbě PK a orgánům správy PK ke sjednocení jejich požadavků na zajištění jakosti.

Část I Zásady rovněž vymezuje podmínky pro působení subjektů k ověřování způsobilosti uchazečů o zakázky na dodávky, služby a stavební práce a stanovuje zásady pro případné poskytování výjimek z ustanovení MP.

SJ-PK je uplatňován v souladu se systémovými normami ČSN EN ISO, ČSN ISO a ČSN EN (zejména ČSN EN ISO 9000: 2001, řady ČSN EN 45000, ČSN EN ISO 19011: 2003 a ČSN EN ISO/IEC 17025: 2005), právními předpisy (zejména Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách a další dotčené zákony, prováděcí vyhlášky a metodické pokyny), ČSN a oborovými technickými předpisy (TKP, TP a další) a má být uplatňován zejména u staveb a prací financovaných z veřejných rozpočtů, Státního fondu dopravní infrastruktury, půjček, prostředků orgánů a organizací EU v následujících oblastech:

- projektové práce (MP, část II/1),
- průzkumné a diagnostické práce (MP, část II/2),
- zkušebnictví, laboratorní činnosti (MP, část II/3),
- provádění silničních a stavebních prací (MP, část II/4),
- ostatní výrobky (MP, část II/5),
- zavedení nové technologie (MP, část II/6).

Konkrétní požadavky na způsobilost zhotovitelů v jednotlivých oblastech, případně požadavky na ostatní výrobky a podmínky pro použití nové technologie, jsou uvedeny v části II MP SJ-PK.

Část I Zásady MP SJ-PK rovněž stanovuje, že výkon správy SJ-PK přísluší MD, které v rámci své působnosti zajišťuje:

- spolupráci a koordinaci s vlastníky silnic II. a III. tříd a místních komunikací s cílem uplatnit principy SJ-PK v rámci jejich působnosti,
- kontakt s vybranými certifikačními orgány a certifikačními orgány pro kvalifikaci stavebních dodavatelů, Střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací (AS-PK) a s Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. (ČIA),
- koordinaci činností v rámci SJ-PK a kontrolu dodržování principů SJ-PK s cílem neustálého zlepšování účinnosti a působnosti SJ-PK a jeho vazbu na systém certifikace stavebních dodavatelů,
- vyhodnocování výsledků jakosti zhotovitelů v silničních, stavebních a ostatních pracích a činnostech
- prosazování principů SJ - PK u objednatelů,
- posuzování a povolování výjimek z ustanovení SJ - PK.

V roce 2006 byla jako poradní a iniciační orgán ředitele odboru pozemních komunikací Ministerstva dopravy zřízena Rada pro jakost odboru pozemních komunikací. Informace o složení Rady, zásadách jednání a další informace z oblasti SJ-PK lze nalézt na web. stránce www.pjpk.cz, na kterou je rovněž odkaz na oficiálních stránkách Ministerstva dopravy.

3. Požadavky na zkušební laboratoře v rámci SJ-PK

Požadavky na způsobilost laboratoří pro zkoušky při provádění silničních a stavebních prací na pozemních komunikacích v souvislosti s jejich výstavbou, opravami a údržbou a při provádění průzkumných a diagnostických prací jsou stanoveny v části II/3 - Zkušebnictví (laboratorní činnosti) metodického pokynu SJ-PK.

Zásadou je, že laboratoř využívaná zhotovitelem k zajištění a kontrole jakosti prací má ověřenou způsobilost a že na kontrole jakosti silničních a stavebních prací se podílí laboratoř nezúčastněná na procesu výroby nebo laboratoř objednatele, přičemž míru spoluúčasti laboratoře nezúčastněné na procesu výroby zajišťuje objednatel ve smlouvě se zhotovitelem v souladu s doporučením uvedeným v tabulce II.

Laboratoře se podle způsobilosti dělí na:

- laboratoře se způsobilostí A - akreditované,
- laboratoře se způsobilostí OZ - odborně způsobilé (nebo též s odbornou způsobilostí).

Laboratoře akreditované musí splňovat všeobecná kritéria daná ČSN EN ISO/IEC 17025:2005 a kritéria daná metodickými pokyny Národního akreditačního orgánu, Českého institutu pro akreditaci, o.p.s. Laboratoře s touto způsobilostí se prokazují „Osvědčením o akreditaci“ vydaným ČIA.

Laboratoře s odbornou způsobilostí musí splňovat požadavky dané Kritérii pro laboratoře pro zkoušky při provádění pozemních komunikací s odbornou způsobilostí (MP 001/2001). Laboratoře s touto způsobilostí se prokazují „Osvědčením o správné činnosti laboratoře“ vydaným Střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací.



O tom, zda laboratoře soustavně plní a dodržují všechna kritéria a závazky podmiňující přiznání způsobilosti, se akreditační nebo pověřený orgán přesvědčují prováděním dozoru nebo dohledu. Základní principy dozoru nad laboratořemi se způsobilostí A jsou obsaženy v postupech ČIA, dohled nad laboratořemi se způsobilostí OZ v Pravidlech dohledu nad laboratořemi s odbornou způsobilostí (MP 002/2001). Dozor nad laboratořemi se způsobilostí A provádí ČIA prostřednictvím pravidelných nebo mimořádných dozorových návštěv, dohled nad laboratořemi se způsobilostí OZ je prováděn stejnou formou AS-PK.

Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací je pověřeným orgánem MD pro provádění činností spojených s posuzováním laboratoří se způsobilostí OZ. Je zřízeno Statutem AS-PK schváleným MD jako samostatný organizační celek společnosti ASPK, s.r.o.

Při své činnosti se AS-PK řídí:

- MP 001/2001 Kritéria pro laboratoře pro zkoušky při provádění pozemních komunikací s odbornou způsobilostí,
 - MP 002/2001 Pravidla dohledu nad laboratořemi s odbornou způsobilostí,
 - MP 003/2004 Zásady pro vypracování zprávy o posouzení žadatele o přiznání odborné způsobilosti laboratoře,
 - MP 004/2004 Pravidla rozhodování ve věci přiznání odborné způsobilosti laboratoře,
 - MP 005/2004 Zásady pro vyřizování námitek v procesu posuzování odborné způsobilosti laboratoře,
 - MP 006/2004 Metodika mezilaboratorního porovnání zkoušek,
 - MP 007/2004 Statut vědecké rady AS-PK a jednací řád VR AS-PK,
- rozhodnutími Vědecké rady AS-PK a pokyny Ministerstva dopravy.

Pro ověření způsobilosti jak akreditovaných, tak laboratoří s odbornou způsobilostí, může v odůvodněných případech (např. nízká opakovatelnost a reprodukovatelnost výsledků zkoušek, aplikace nové metody) Ministerstvo dopravy vyhlásit pro určité okruhy nebo jednotlivé zkoušky mezilaboratorní porovnání zkoušek (MPZ). MPZ včetně subjektu(-ů) pověřených jeho organizací a vyhodnocením se vyhláší ve Věstníku dopravy. Doklad o účasti v MPZ vyhlášeném MD s odkazem na splnění podmínky reprodukovatelnosti předkládá uchazeč společně s Osvědčením o akreditaci nebo s Osvědčením o správné činnosti laboratoře. Tento nástroj je nutno chápat spíše jako doplňkový, který bude aplikován pouze ve výjimečných případech, a to i přes to, že MPZ je v systémech posuzování způsobilosti zkušebních a kalibračních laboratoří považováno jako jeden z neúčinnějších nástrojů kontroly kvality a účast laboratoří ve vhodných programech MPZ by se především měla řídit požadavky pro ověřování způsobilosti laboratoří.

Pro laboratorní práce prováděné v souvislosti s výstavbou, opravami a údržbou pozemních komunikací (včetně jejich součástí a příslušenství) a prováděním průzkumných a diagnostických prací musí laboratoř prokázat v závislosti na účelu zkoušky způsobilost dle tabulky I:

Tabulka I

	Účel zkoušky			
	Průkazní ^{I)}	Kontrolní ^{II)}	Přejímací ^{III)}	Rozhodčí ^{III)}
Požadovaná způsobilost	A/OZ	A/OZ	A/OZ	A
Poznámky: Symbol „-“ je pro účely tabulky I a II tohoto MP chápán ve smyslu „nebo“ a požadovanou způsobilost volí uchazeč/zhotovitel. ^{I)} Za průkazní se pro účel tohoto MP považují rovněž zkoušky při provádění průzkumných a diagnostických prací. ^{II)} Část kontrolních a přejímacích zkoušek bude provedena laboratoří nezúčastněnou na procesu výroby nebo laboratoří objednatel; doporučený podíl zkoušek a požadovaná způsobilost jsou stanoveny v tabulce II, konkrétní rozsah, zhotovitel zkoušek a eventuelní výjimky budou dohodnuty ve smlouvě o dílo. ^{III)} Rozhodčí zkoušky provede laboratoř nezúčastněná na předcházejících zkouškách.				

Tabulka II

Druh PK včetně součástí a příslušenství PK, třída dopravního zatížení (TDZ) dle ČSN 73 6114	Požadovaná způsobilost	Doporučený podíl v % na celkovém objemu jednotlivých zkoušek ^(V)
Dálnice a silnice TDZ S, I a II včetně součástí a příslušenství	A	10
Ostatní PK včetně součástí a příslušenství	A/OZ	5

Poznámka:
^(V) V případě shody výsledků 5-ti po sobě následujících zkoušek provedených nezávislou laboratoří nebo laboratoří objednatel s výsledky kontrolních/přijímacích zkoušek prováděných zhotovitelem v rámci téhož smluvního vztahu lze doporučený podíl se souhlasem objednatel snížit až na 1/2. Shodou výsledků se pro účely této poznámky rozumí výsledky ležící v intervalu reprodukovatelnosti výsledku zkoušky daném zkušební normou nebo jiným předpisem schváleným MD.

Požadavky na způsobilost laboratoře může objednatel ve zdůvodněných případech zvýšit. Tohoto instrumentu by však na základě výsledků hodnocení činnosti laboratoří formou mezilaboratorního porovnání v období let 1996 až 2006 mělo být využíváno pouze výjimečně.

Osvědčení o akreditaci zkušebních laboratoří vydaná zahraničním akreditačním orgánem jsou považována za splnění požadavku na způsobilost A dle tohoto MP SJ-PK pouze:

- je-li akreditační orgán vydávající toto Osvědčení o akreditaci signatářem Multilaterální dohody o vzájemném přijímání certifikátů a protokolů uzavřené mezi členy EA (MLA EA) nebo Úmluvy ILAC o vzájemném uznávání akreditací zkušebních a kalibračních laboratoří (MLA ILAC),
- když z Osvědčení o akreditaci/přílohy jednoznačně vyplývá, že se vztahuje na zkoušky požadované ČSN, TKP, ZTKP, příp. zadávací dokumentací, resp. smlouvou o dílo.

V případě nesplnění podmínky písmene b) je předložený osvědčení o akreditaci zkušební laboratoře vydaného zahraničním akreditačním orgánem považováno za splnění požadavku na způsobilost A podle tohoto MP, prokáže-li se uchazeč dokumentem vydaným Ministerstvem dopravy pověřeným pracovištěm (Střediskem pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací).

Informace o signatářích jednotlivých dohod lze získat na web. stránce <http://www.cai.cz>.

4. Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací

Existence a úloha Střediska pro posuzování laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací a jeho zapojení do činností zabezpečovaných Národním akreditačním orgánem ve funkci externího akreditačního střediska je zakotvena v MP k RSJ - PK v oblasti 2.2.1 zkušebnictví (laboratorní činnosti) z roku 1995. V návaznosti na něj byl schválen Statut tohoto střediska, kterým Ministerstvo dopravy a spojů jeho zřízením pověřilo Silniční vývoj spol. s r.o.

Ve snaze o maximální oddělení činností souvisejících s posuzováním způsobilosti laboratoří od ostatních činností Silničního vývoje spol. s r.o. byl založen k 1. lednu 1996 samostatný právní subjekt ASPK, s.r.o., jehož jedinou organizační složkou se stalo AS-PK.

V roce 1997 byla v důsledku nenaplnění předpokládaných vazeb Střediska pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací jako externího akreditačního střediska na činnostech zabezpečovaných Národním akreditačním orgánem schválena změna Statutu, kterou se mimo jiné změnil původní název Akreditačního střediska laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací na Středisko pro posuzování způsobilosti laboratoří pro zkoušky při provádění pozemních komunikací. Od poloviny roku 1997 byla zahájena rutinní činnost související s posuzováním způsobilosti laboratoří, která kontinuálně pokračuje do současné doby.

Poradním a dozorcím orgánem AS-PK je Vědecká rada AS-PK, která se při své činnosti řídí Statutem a Jednácím řádem. Vědeckou radu tvoří:

- 4 zástupci laboratoří zhotoviteléské sféry (laboratoře s odbornou způsobilostí, laboratoře akreditované Českým institutem pro akreditaci),
- 3 zástupci z oblasti státní správy (MD, ŘSD ČR),
- 2 zástupci z oblasti vědeckých institucí (vysoké školy),
- přidružený člen (zástupce Českého institutu pro akreditaci).

Hlavním předmětem činnosti AS-PK z hlediska resortní působnosti je posuzování laboratoří žádajících o přiznání odborné způsobilosti udělením Osvědčení o správné činnosti laboratoře (obrázek 1), dále provádění dohledu v laboratořích s přiznanou odbornou způsobilostí a organizování a zabezpečování mezilaboratorního porovnání zkoušek.

AS-PK má zavedený systém managementu kvality, který vychází především z požadavků souboru norem ČSN EN řady 45 000, dále pak ČSN EN ISO 9 001, ČSN EN ISO 19011, metodických pokynů vydaných Českým institutem pro akreditaci, o.p.s. a požadavků AS-PK kladených na zkušební laboratoře v rámci přiznání odborné způsobilosti. Celý tento systém je popsán v Příručce kvality AS-PK, jejich přílohách a souvisejících dokumentech.

Seznam laboratoří s přiznanou odbornou způsobilostí včetně plného znění přílohy Osvědčení vymezujícího rozsah zkušebních a vzorkovacích postupů je uveden na web. stránce www.silvyvoj.cz/aspk.htm, který je průběžně aktualizován.

5. Vymezení pojmu odborná způsobilost

Odbornou způsobilostí se rozumí splnění požadavků daných metodickým pokynem MP 001/2001 „Kritéria pro laboratoře pro zkoušky při provádění pozemních komunikací s odbornou způsobilostí“. Ve srovnání s požadavky kladenými na laboratoře akreditované jsou požadavky dle MP 001/2001 zaměřeny především na formulování požadavků technické způsobilosti. V oblasti požadavků na management je MP 001/2001 liberálnější a klade nižší nároky na administrativní činnosti laboratoře.

MP 001/2001 vychází z dnes již neplatné ČSN EN 45001 a z kapitoly 5 ČSN EN ISO/IEC 17025, byl schválen Vědeckou radou AS-PK a je strukturován do následujících kapitol:

- 1 Všeobecná ustanovení
- 2 Definice
- 3 Právní postavení, organizační začlenění
- 4 Nezávislost, nezávislost a věrohodnost
- 5 Technická způsobilost

- 5.1 Řízení a organizace
- 5.2 Osoby pracující v laboratoři
- 5.3 Prostory a zařízení
- 5.3.1 Zkušební prostory
- 5.3.2 Zařízení
- 5.4 Zkušební metody a postupy, vzorkování
- 5.4.1 Zkušební metody a postupy
- 5.4.2 Vzorkování
- 5.5 Systém managementu kvality
- 5.5.1 Zabezpečování kvality (QA)
- 5.5.2 Operativní řízení kvality (QC)
- 5.5.3 Prověřování systému managementu kvality
- 5.6 Záznamy a protokoly
- 5.7 Zacházení se zkušebními položkami - zkušebními vzorky
- 6 Spolupráce
- 6.1 Spolupráce se zákazníky
- 6.2 Spolupráce s AS-PK
- 6.3 Spolupráce se subdodavateli
- 6.4 Stížnosti a námitky
- 7 Závazky vyplývající z přiznání odborné způsobilosti laboratoře
- 8 Závěrečná ustanovení

Pokyn je volně dostupný ke stažení na web. stránce www.silvyvoj.cz/aspk.htm.

6. Zkušebnictví v rámci Systému jakosti v oboru pozemních komunikací po deseti letech

Efektivita uplatňování nástrojů Systému jakosti v oboru pozemních komunikací v oblasti zkušebnictví byla po dvanácti letech fungování SJ-PK a současně 10 letech činnosti AS-PK podrobně vyhodnocena, a to na základě požadavku Ředitelství silnic a dálnic ČR.

Výchozím materiálem pro hodnocení efektivity SJ-PK byla provedená anketa u organizací (subjektů), provádějících silniční a stavební práce. Bylo osloveno celkem 39 subjektů, které k datu vyhlášení ankety neměly v rámci vlastní organizační struktury akreditovanou laboratoř nebo laboratoř s odbornou způsobilostí. Pozitivně reagovalo 20 subjektů, což bylo cca 50 %.

Oblasti pro zmapování stavu byly rozděleny na:

- zkoušky asfaltů,
- zkoušky asfaltových směsí,
- zkoušky kameniva,
- zkoušky konstrukčních vrstev (např. nerovnost, únosnost, protismykové vlastnosti, ..),
- zkoušky na konstrukcích (např. zatěžovací zkoušky mostů),
- zkoušky čerstvého betonu,
- zkoušky ztvrdlého betonu,
- zkoušky zemin,

a to v členění na zkoušky průkazní a zkoušky kontrolní.

Z vyhodnocení dat došlých od respondentů vyplývá, že u analyzovaného vzorku subjektů zabývajících se výstavbou, opravami a údržbou pozemních komunikací byly laboratorní práce v převažující míře zajišťovány dodavatelsky (smluvně) a až na výjimky v oblasti kontrolních zkoušek asfaltů, asfaltových směsí, kameniva a konstrukčních vrstev byly od roku 1996 zajišťovány v souladu s požadavky SJ-PK. Průměrná hodnota, kdy nebyly zkoušky zajišťovány v souladu s principy SJ-PK, činila u analyzovaného vzorku 16 %, přičemž nejhorší situace byla v roce 1996 u zajišťování kontrolních zkoušek asfaltových směsí, kdy v 27,3 % byly zkoušky prováděny nezpůsobilou laboratoří.

Pro zpracování vývojových trendů v uplatňování principů SJ-PK v oblasti posuzování způsobilosti laboratoří za období fungování SJ-PK byly analyzovány údaje z databázi akreditovaných laboratoří a laboratoří s odbornou (dříve i základní) způsobilostí. Samostatně je vyhodnocen trend nárůstu počtu laboratoří s odbornou (dříve základní) způsobilostí a samostatně laboratoří akreditovaných.

Okruh oblastí zkoušek zahrnutých do vyhodnocení byl pro obě kategorie laboratoří následující:

- zkoušky asfaltů a asfaltových emulzí,
- zkoušky asfaltových směsí,
- zkoušky kameniva,
- zkoušky konstrukčních vrstev (např. nerovnost, únosnost, protismykové vlastnosti, ..),
- zkoušky na konstrukcích (např. zatěžovací zkoušky mostů),
- zkoušky čerstvého betonu,
- zkoušky ztvrdlého betonu,
- zkoušky zemin,
- zkoušky výrobků pro pozemní komunikace,
- speciální zkoušky (např. zkoušky pilot, zkoušky výrobků a hmot pro dopravní značení, zkoušky horninových kotev, penetrační zkoušky).

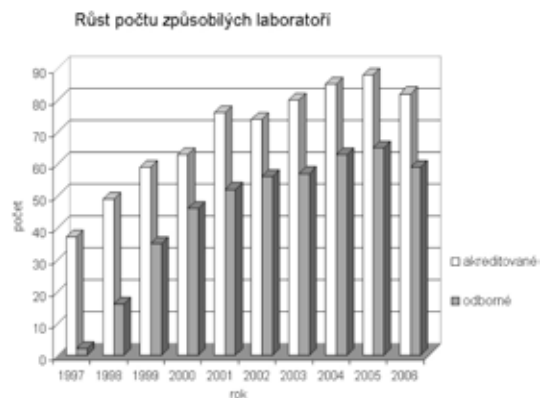
Počet způsobilých laboratoří vždy k 31. prosinci každého kalendářního roku a celkový trend nárůstu je zachycen v následující tabulce a v grafu na obrázku 2.

Laboratoře akreditované										
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Stav k 31.12. roku	34	49	59	63	76	74	80	85	88	82
Laboratoře s odbornou/základní způsobilostí										
Počet nových laboratoří v roce	2	14	21	13	6	8	1	6	5	6
Stav k 31.12. roku	2	16	35	46	52	56	57	63	65	59

Rozdíly v celkovém počtu laboratoří s odbornou/základní způsobilostí posouzených v jednotlivých letech a stavům k 31. 12. je způsoben rušením a fúzí subjektů, slučováním laboratoří do větších celků a přechodem na požadavky akreditace.

Z trendů růstu způsobilých laboratoří lze vysledovat, že v roce 2005 dochází ke kulminaci počtů způsobilých laboratoří a následuje stagnace, resp. mírný pokles. Z toho lze dovodit, že cíle SJ-PK, tj. vybudování páteře způsobilých zkušeben pro obor pozemních komunikací, bylo cca po 10 letech dosaženo.

Obr.2



Pro stanovení trendů v hodnocení kvality činnosti laboratoří za období fungování SJ-PK byla provedena analýza úspěšnosti laboratoří v uplynulých ročních mezilaboratorních porovnání zkoušek (dále rovněž MPZ). Tato forma hodnocení kvality činnosti laboratoří byla zvolena proto, že mezilaboratorní porovnání zkoušek je považováno za jeden z nejučinnějších a neobjektivnějších nástrojů externí kontroly činnosti laboratoře a v souladu se zásadami Systému jakosti v oboru pozemních komunikací a politikou kvality Národního akreditačního orgánu vycházející z politiky EA (European co-operation for Accreditation) je na ně kladen stále větší důraz. Z těchto důvodů AS-PK organizuje MPZ již od svého založení v řadě oblastí zkoušek, kde lze připravit dostatečně homogenní matrice.

Dosud bylo organizováno MPZ v následujících oblastech:

- základní zkoušky asfaltových pojiv (penetrace jehlou, bod měknutí kroužkem a kuličkou, lámavost dle Fraasse)
- základní zkoušky asfaltových směsí (extrakce za studena, stanovení fyzikálních vlastností asfaltové směsi zkouškou v rozpouštědle, Marshallova zkouška),
- základní zkoušky kameniva (stanovení zrnitosti, tvar zrn, ekvivalent písku, posouzení jemných částic, otlukovost kameniva LA),
- základní zkoušky zemin (zrnitost, stanovení konzistenčních mezí, zhutnitelnost, CBR),
- zkoušky konstrukčních vrstev vozovek (statické a dynamické zatěžovací zkoušky, radiometrické zjišťování parametrů míry zhutnění),
- základní zkoušky čerstvého a ztvrdlého betonu (sednutí kužele, rozlití, obsah vzduchu, pevnost v tlaku na krychlicích nebo na vývrtech, hloubka průsaku tlakové vody, odolnost betonu CH.R.L.),

přičemž některé okruhy zkoušek jsou organizovány každoročně a lze na nich analyzovat určité vývojové trendy.

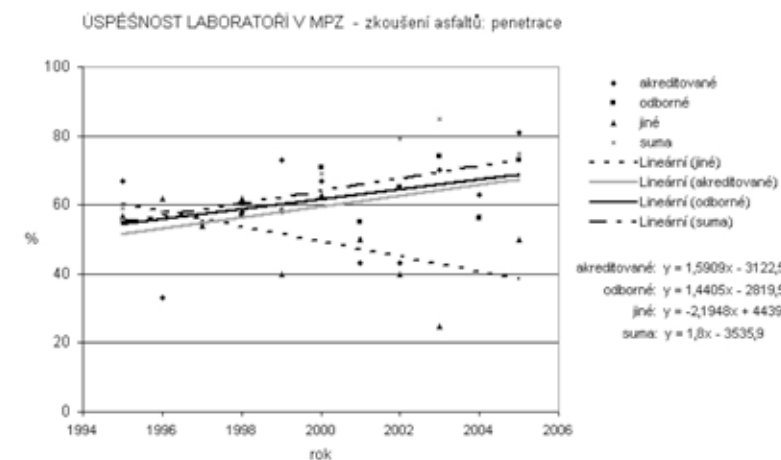
Analýza zahrnuje laboratoře akreditované, laboratoře s odbornou (dříve základní) způsobilostí a rovněž laboratoře bez ověřené způsobilosti (dále v grafech označené jako jiné), které se ojedinelé v některých oblastech zkoušení vyskytují dodnes.

Za základ analýzy byly vzaty výsledky MPZ v oblasti zkoušek asfaltových pojiv (stanovení penetrace jehlou a stanovení bodu měknutí kroužkem a kuličkou) a MPZ v oblasti

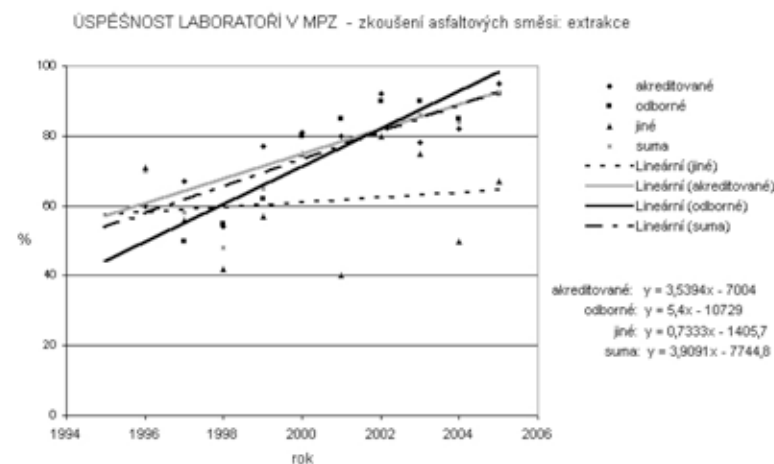
základních zkoušek asfaltových směsí (rozbor asfaltové směsi extrakcí za studena, stanovení fyzikálních vlastností asfaltové směsi zkouškou v rozpouštědle a Marshallova zkouška) - ročníky 1995 až 2005. U zkoušek asfaltů je hodnocen pouze jeden nemodifikovaný vzorek (gradací odpovídající 50/70). U zkoušek asfaltových směsí je z důvodů vyšší homogenity matrice hodnocen pouze jeden jemnozrnější vzorek (zpočátku ABS, později AKMS). Modifikované asfalty a hrubozrnější asfaltové směsi, které vykazují nižší homogenitu matrice jsou sice z důvodů sledování reprodukovatelnosti výsledků zkoušek u těchto typů matric do MPZ zařazovány, pro hodnocení úspěšnosti však nebyly dále uvažovány.

Použití výsledků jiných zkoušek bylo pro účely analýzy vyloučeno z důvodu neexistence dostatečně velké časové řady. Graficky je úspěšnost laboratoří v MPZ demonstrována na příkladu zkoušek penetrace asfaltů a rozboru asfaltových směsí extrakcí za studena v grafech na obrázku 3 a 4.

Obr. 3



Obr.4



Trendy úspěšnosti laboratoří v MPZ jasně signalizují, že soustavný tlak na laboratoře ze strany posuzujících orgánů se pozitivně odráží v kvalitě činnosti zkušebních laboratoří a potvrzují oprávněnost požadavků SJ-PK kladených na laboratoře.

Ze zjištěných údajů a výsledovaných závislostí lze rovněž dovodit, že rozhodující měrou na úspěšnosti v MPZ, tudíž i na výsledku zkoušky, se podílejí technické požadavky, neboť rozdíl v úspěšnosti akreditovaných laboratoří a laboratoří s odbornou (základní) způsobilostí v MPZ je zanedbatelný a trendy růstu jsou téměř vyrovnané.

7. Závěr

Cílem tohoto příspěvku bylo nejen seznámení odborné veřejnosti s cestami, metodami a nástroji vedoucími ke zlepšení kvality prací prováděných na pozemních komunikacích v majetku státu a uplatňovanými za uplynulé desetiletí, ale rovněž inspirovat investory z jiných oborů stavebnictví a správce komunikací nižších tříd a městských komunikací k využívání nástrojů Systému jakosti v oboru pozemních komunikací nebo obdobných nástrojů, které spolu s růstem kvality prací směřují i k racionalizaci výdajů na výstavbu a provoz.

ZKOUŠENÍ KOROZNÍ ODOLNOSTI STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ METODOU ROTAČNÍHO DISKU

Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D.(1), Ing. Aleš Pleskot(2), Ing. Sylva Modrý, DrSc.(3)

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

(1) Tel. 224 353 515, e-mail: dobias@klok.cvut.cz

(2) Tel. 224 353 853, e-mail: pleskot@klok.cvut.cz

(3) Tel. 224 353 516, e-mail: modry@klok.cvut.cz

Anotace:

V příspěvku je popsána metoda pro zjišťování korozní odolnosti stavebních materiálů, jež je využívána v experimentálním programu zjišťování chování betonu při působení agresivních složek kapalného prostředí. Touto metodou je metoda rotačního disku, která má řadu předností. Významná je především definovanost hydrodynamických podmínek působení kapalného prostředí. V článku je popsáno experimentální zařízení a postup, které byly použity v již zmiňovaném experimentálním programu.

1. Úvod

Chemickou korozi betonu se rozumí děj nebo soubor dějů, při nichž v důsledku působení agresivního prostředí nastává snížení hlavních fyzikálně mechanických vlastností betonu pod hodnoty nezbytné pro jeho užitnou funkci.

Podstatou těchto dějů jsou heterogenní chemické reakce, tj. v případě koroze betonu reakce mezi tuhou a kapalnou, příp. plynnou fází. Při heterogenních reakcích spolupůsobí vedle vlastní chemické reakce na fázovém rozhraní i přenosové jevy, v jejichž důsledku jsou přiváděny reagující látky a příp. odváděny reakční produkty, jsou-li rozpustné. Jestliže má heterogenní reakce probíhat, musí být zajištěn trvalý přenos hmoty reagující kapalně fáze a jejich účinných složek.

Kinetika heterogenních reakcí je částečně nebo zcela ovlivňována rychlostí transportního procesu, tj. rychlostí přenosu hmoty reagujících složek difúzí nebo konvekcí.

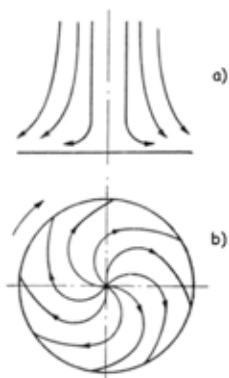
Jednou z metod, která se používá jak ke studiu kinetiky heterogenních reakcí, ke studiu hydrodynamických problémů nebo při sledování přenosu tepla a hmoty, tak k řešení otázek technologického charakteru, např. v hydrometalurgii nebo v oblasti koroze kovů, je metoda rotujícího disku. Metodu rotujícího disku lze s výhodou použít i pro zkoumání vlastností silikátových systémů.

2. Popis metody rotujícího disku

Teoretické základy metody rotačního disku a experimentální zařízení pro tuto metodu byly popsány v různých publikacích [1, 2].

Ve srovnání s jinými systémy vykazuje rotující disk řadu předností. Jelikož disk rotující v tekutině představuje systém s trojrozměrným osově symetrickým proudem (viz obr. 1), významná je především definovanost hydrodynamických podmínek, neboť pro disk exist-

tuje přesné řešení Navierových Stokesových rovnic pro trojrozměrné proudění ve srovnání s přibližným řešením dvourozměrného proudění na rovinné desce nebo v trubce. Z řešení těchto rovnic vyplývá, že v newtonské kapalině jsou jak tok hmoty k povrchu disku tak i tloušťka difúzní vrstvy v každém bodě povrchu stejná a tudíž transport látky probíhá na celém povrchu disku stejně intenzivně. Na rovinné desce, příp. v trubce se naproti tomu mění konvektivní difúze v závislosti na vzdálenosti od náběhové hrany [3].



Obr. 1: Schéma toku kapaliny k rotujícímu disku [4]
a) v bezprostřední blízkosti disku; b) pod diskem

3. Popis experimentálního zařízení

V následující části je popsáno experimentální zařízení, které bylo sestaveno pro experimentální program zjišťování chování betonu při působení agresivních složek kapalného prostředí metodou rotačního disku.

Experimentální zařízení pro metodu rotačního disku se obvykle skládá ze třech hlavních částí:

- zařízení uvádějící disk do rotace,
- vhodný disk,
- pracovní nádoba.

Pro dosažení podmínek daných teorií musí jednotlivé části zařízení splňovat některé základní požadavky.

Zařízení pro uvádění disku do rotačního pohybu musí

- udržovat konstantní otáčky po dobu měření, dále
- umožňovat měnit otáčky v co největším rozsahu,
- poskytnout možnost přesného měření otáček, a
- umožňovat upevnění disku bez radiálních a axiálních vibrací.

Pro náš experiment jsme zvolili jako rotační zařízení stolní vrtačka s volitelným rozsahem otáček (viz obr. 2). Přesné měření otáček se provádí pomocí přídavného otáčkoměru.

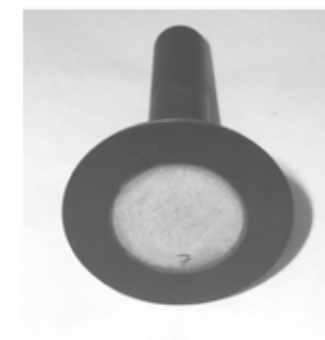


Obr. 2: Zařízení uvádějící disk do rotace – stolní vrtačka s volitelným rozsahem otáček

Určité požadavky jsou rovněž kladeny na přípravku k uchycení disku. Přesnými měřeními bylo zjištěno, že držák ve tvaru zvonu, příp. nekonečného válce poskytuje výsledky nejvíce se blíží teorii (viz obr. 3). U ostatních tvarů přípravků se objevují nežádoucí přídavná proudění a výsledky se od teorie více či méně odchyľují. Dále je vhodné, aby disk byl zasazen do přípravku zmíněného optimálního tvaru tak, aby ploška disku s neaktivním okrajem tvořila jednu rovinu (viz. obr. 4). Tímto způsobem se vyloučí okrajový efekt.



Obr. 3: Držák rotačního disku



Obr. 4: Držák s rotačním diskem – vzrtek cementové kaše

Možností přípravku disku je mnoho a způsob přípravy záleží přitom na vlastnostech studované látky. Vždy je však nutné zajistit, aby aktivní byla jen plocha disku, tj. je třeba nějakým vhodným způsobem upravit okraje a vrchní část disku a zamezit jejich expozici. Samozřejmě je nutno upevnit disk do držáku tak, aby kapalina nemohla vnikat mezi disk a držák.

Vlastní nádoba, ve které dochází ke kontaktu rotujících zkušebních těles s agresivním kapalným prostředím, by měla mít rotační tvar a vhodný objem. Dále je nezbytné, aby reakční nádoba byla termostátována (viz obr. 5).



Obr. 5: Pracovní nádoba – vnější termostatická nádoba, vnitřní reakční nádoba

Experimentálně bylo zjištěno, že v mezích experimentálních chyb nezáleží na poměru poloměru disku a poloměru válcové pracovní nádoby. Rovněž nezáleží na vzdálenosti disku od dna nádoby, je-li $ReH > 50$ ($ReH = \omega H^2/\nu$, kde ω je úhlová rychlost rotace, H je vzdálenost disku od dna, ν je kinematická viskozita). S použitím stopovacích barviv a plovoucích částic byla měřena tangenciální složka rychlosti mimo hydrodynamickou mezní vrstvu. Zjistilo se, že v ohraničeném prostředí tato rychlost není nulová. Z výpočtů plyne, že tato skutečnost může v difúzním koeficientu způsobit chybu max. 1-2 %. Z výsledků zmíněné práce vyplývá, že při volbě geometrických parametrů systému je omezující pouze podmínka, aby $ReH > 50$ [5].

4. Experimentální postup při zjišťování korozní odolnosti

Při zjišťování korozní odolnosti stavebních materiálů metodou rotačního disku se postupuje následujícím způsobem.

Nejdříve se připraví zkušební tělíska. Z cementové kaše s použitím zkoumaného pojiva a příp. kontaminantu se připraví série kruhových destiček – disků (o vhodném průměru a tloušťce) ve formě z umělé hmoty, v níž se ponechají 24 hod od okamžiku zhotovení. Po vyjmutí se tělíska uloží do vlhkého prostředí. V příslušném okamžiku se tělíska z úložného prostředí vyjmou a vloží do držáku, jehož tvar by měl odpovídat zásadám uvedeným dříve v tomto příspěvku (viz obr. 2 a 3). K zatmelení válcové plochy disku je možné použít např. silikonového kaučuku.

Poté se držák s rotačním diskem uchytí k rotačnímu zařízení a uskutečňuje se rotace disku v kapalném prostředí. Ve zvolených časových intervalech se odebere malé množství kapalného roztoku a vhodnou analytickou metodou se zjišťují změny koncentrace sledované látky v roztoku. Po určité době se rotace zastaví, rotační disk se opatrně vyjme a může se hodnotit hloubka průniku agresivních složek kapalného prostředí do tohoto zkušebního tělíska. Tento postup je možné opakovat za různých hydrodynamických podmínek.

Literatura

- [1] BARTONÍČEK, R. et al. Korozie v proudících kapalinách. Zpráva SVÚOM Praha 78/71, 1971.
- [2] PLESKOV, J.V., FILINOVSKIJ, V.J. Vraščajuščij diskovij elektrod. Moskva: Nauka, 1972.
- [3] LEVICH, V.G. Physicochemical Hydrodynamics. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1962.
- [4] ZELIKMAN, A.N. et al Teorija gidrometallurgičeskich processov. Moskva: Metallurgija 1975.
- [5] OPEKAR, F., BERAN, P. Rotující disková elektroda. Studie ČSAV, č. 7. Praha: Academia 1974.

Tento příspěvek vznikl za podpory grantových projektů GAČR 103/06/1492 a 106/05/2519.

STRUCTURAL SYNTETIC FIBRES (SSF) - HODNOCENÍ ÚČINNOSTI DÁVKOVÁNÍ POLYPROPYLENOVÝCH PÁSKŮ NA ZÁKLADĚ MĚŘENÍ LOMOVÉ ENERGIE

Jiří Kolísko , Tomáš Klečka

ČVUT - Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Abstract

Fracture energy is used to describe an effectiveness of fibres in concrete. Testing procedures to test and evaluate this parameter vary round the world. In this contribution is presented the comparison tests of beams prepared from plain concrete and concrete with PP fibres Structural Syntetic Fibres (SSF) type.

Keywords: polypropylene fibres, concrete, fracture energy, beam

1 Úvod

Jednou z rozhodujících vlastností pro hodnocení betonu obsahující vlákna je schopnost vláken přemostit vzniklé trhliny a následně přenést zatížení, které porušený beton již dále nepřenáší. Pro posouzení účinnosti vláken se provádí ohybové zkoušky trámčů, u kterých je měřena závislost průhybu trámce, případně rozevírání trhliny (CMOD) na zatížení. Z pracovního diagramu se následně vyjadřují různými postupy hodnoty lomové energie, stanovuje se reziduální síla nebo ekvivalentní napětí. Jako náhrada běžných ocelových drátků se v podlahových betonech v poslední době objevují speciálně k tomu upravená polypropylenová vlákna označovaná jako Structural Syntetic Fibres (SSF). V příspěvku bude prezentováno srovnání výsledků zkoušek lomové energie stanovený na trámčích 150 x 150 x 700 mm. Předmětem zkoušky byl beton referenční bez vláken a beton obsahující tři dávky PP vláken ve formě pásků.

2 Srovnávací experimentální program**2.1 Zkušební metody**

Aktuální stav ve zkušebních metodách stanovení lomových vlastností vláknobetonů je v současnosti relativně nepřehledný. Po celém světě se zkouší vlastnosti vláknobetonů a zejména lomové energie dle řady předpisů a metod. Mezi nejznámější patří:

- (1) ASTM – C -1018-97 Standard Test Method for Flexural Tougness and First – Crack Strength for Fibre Reinforced Concrete.
- (2) ČSN EN 14651 - Zkušební metody betonu s kovovými vlákny – měření pevnosti v tahu za ohybu (mez úměrnosti, zbytková pevnost), únor 2006
- (3) Předpis JSCE SF-4 Standards for test methods of fibre reinforced concrete, Japan society of civil engineering , 1985
- (4) Doporučení RILEM TC 162 - Final recommendation of RILEM TC 162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete sigma-epsilon-design method
- (5) Předpis Stahlfaserbeton - DBV- Merkblatt, Oktober 2001

Ačkoli jsou výše uvedené předpisy zaměřeny na stejné vláknobetonu, v řadě poměrně zásadních detailů se liší. Není sjednocena velikost (rozměr průřezu) zkušebních těles. Tvar průřezu pro běžný beton tak může oscilovat v rozmezí cca 100 x 100 mm (1, 3) do 150

x 150 mm (1, 2, 4, 5). Předpisy se dále liší i ve způsobu provedení zkoušky (čtyřbodový ohyb 1, 5) nebo třibodový ohyb (2, 3, 4). Velmi významný rozdíl je v tom zda v tělese je proveden vrub (2, 4) nebo není (1, 5). Zejména tato skutečnost výrazně ovlivňuje dosažení maximálních hodnot napětí při v zniku trhliny tj. při porušení matrice.

V následujícím textu budou porovnány výsledky zkoušek betonu se třemi různými dávkami polypropylénových (PP) vláken tvořených PP pásy délky 50 mm a průřezu 0,7 až 1,2 x 0,4 mm na dvou velikostech trámčů provedených dle předpisu [5], tj. DBV Merkblat. V přepise se uvažuje jako základní zkušební těleso trámec 150 x 150 x 700 mm. Zkouška je provedena jako čtyřbodový ohyb s rovnoměrně rozdělenou vzdáleností břemen a podpor 200 mm. Trámce se zkouší bez zářezu a snímá se průhyb uprostřed tělesa. Uspořádání zkoušky dle předpisu [5] je patrné z následujícího obrázku.



Obr. 1: Uspořádání čtyřbodové ohybové zkoušky dle (5)

2.2 Skladba testovaných betonů

Srovnávací zkoušky byly provedeny na 4 recepturách. Referenční receptura byla bez vláken a další tři obsahovaly vlákna v dávkování 0,3 ; 0,4 a 0,5 % objemu směsi (Vf). Složení receptur a vlastnosti čerstvého betonu jsou v následující tabulce 1.

Tabulka 1: Skladba zkoušených receptur a vlastností čerstvé směsi

Dávkovaná složka	Podíly	Jedn.	Dávkování na 1 m ³			
			Složky/Značení směsi	[%]	R1	R2
Cement CEM I 42,5		kg	340	340	340	340
TK 0-4	0,45	kg	815	815	815	815
HTK 4-8	0,15	kg	272	272	272	272
HTK 8-16	0,40	kg	724	724	724	724
PP pásy 50 / 0,7-1,2 x 0,4 mm		kg / % objemu	-	2,7/0,3	3,6/0,4	4,5/0,5
Plastifikátor BV 90	0,6	kg	2,04	2,04	2,04	2,04
Dávkování vody stanovené sušením		kg	174	176	174	178
Vodní součinitel		-	0,51	0,52	0,51	0,52
Součet - včetně vláken		kg	2352	2355	2356	2356
Zkoušky čerstvé směsi						
Objemová hmotnost čerstvého betonu		[kg/m ³]	2317	2289	2305	2309
Obsah vzduchu v čerstvém betonu [%]		[%]	3,2	3,4	2,7	2,6
Teplota směsi čerstvého betonu		°C	20,0	20,2	21,5	20,6
Sednutí kužele v určeném časovém intervalu po namíchání betonu v mm		bez vl.	155	165	175	190
		s vlákny	-	130	120	110

2.3 Výsledky zkoušek a jejich vyhodnocení

Vyrobená tělesa (série tři těles pro každou recepturu) tj. trámce 150x150x700 mm a krychle 150 mm byla po doformování uložena do vody 20 °C až do zkoušek v čase 28 dní po vybetonování. Součástí testů byly i zkoušky pevnosti v tlaku na zlomcích trámčů. Charakteristický záznam průhybu ze zkoušek v ohybu je patrný na následující obrázcích 2,3. Na obrázku 2 je beton referenční bez vláken. Na obrázku 3 je beton s dávkou vláken Vf=0,4 % objemu.

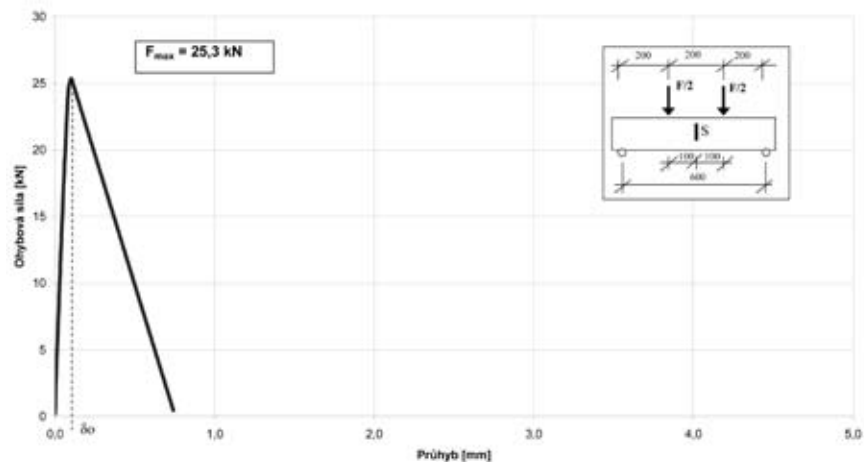
Vyhodnocení zkoušky provedené dle předpisu [5] je provedeno tak, že z pracovního diagramu jsou předepsaným způsobem (integrace definovaných ploch) stanoveny následující stěžejní a to:

δ_0 hodnota průhybu při vzniku trhliny

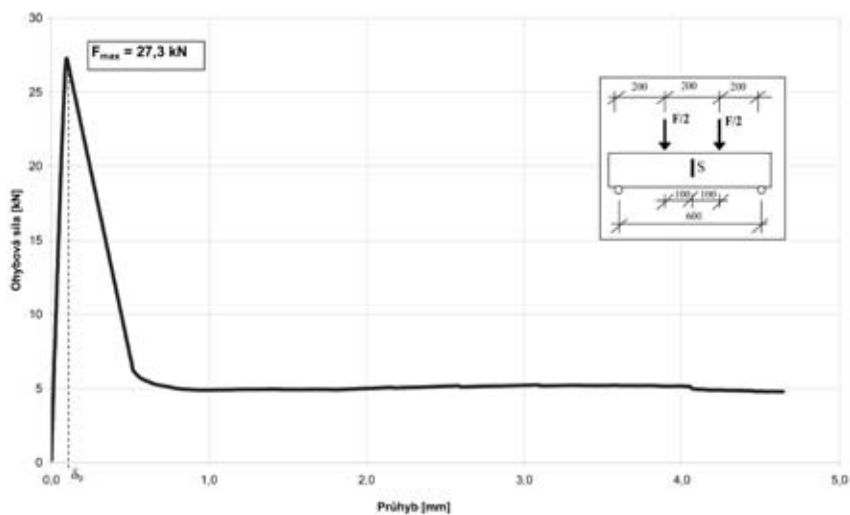
$f_{eq,I}$ ekvivalentní hodnota napětí do průhybu 0,65 mm od okamžiku δ_0 , kdy vznikne trhlina [MPa]

$f_{eq,II}$ ekvivalentní hodnota napětí do průhybu 3,15 mm od okamžiku δ_0 , kdy vznikne trhlina [MPa]

F úroveň zatěžující síly při dosažení průhybu $\delta_{II} = 3,15 \text{ mm} + \delta_0$.



Obr. 2: Charakteristický pracovní diagram čtyřbodové ohybové zkoušky - receptura R1 beton bez vláken, vzorek 1,



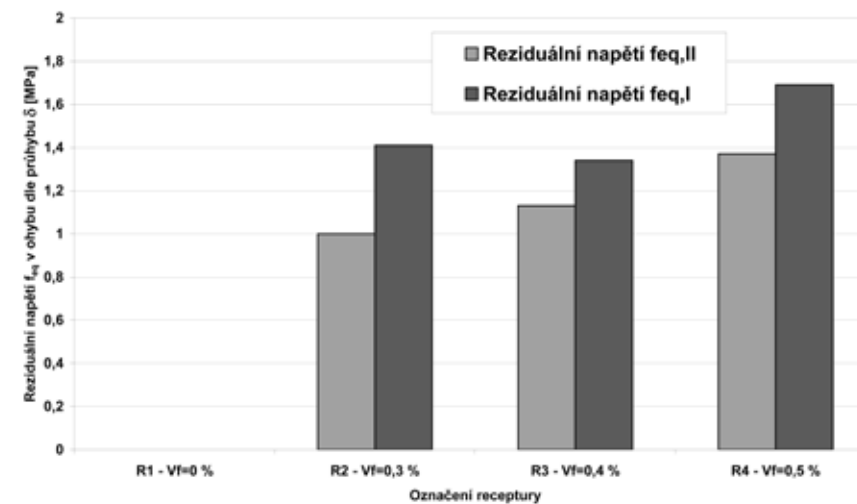
Obr. 3: Charakteristický pracovní diagram čtyřbodové ohybové zkoušky receptura R3, beton s vlákny $V_f = 3,6 \text{ kg/m}^3$, vzorek 2

Souhrnné výsledky experimentálního programu jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Souhrnné výsledky experimentálního ověřování navržených receptur

Vlastnost	Stáří dny	Jedn.	Označení receptury			
			R1	R2	R3	R4
Objemová hm. trámeců 150x150x700 mm	28	[kg/m ³]	2327	2305	2326	2323
Pevnost v tlaku na zlomcích trámeců 150 x 150 x 700 mm	28	[MPa]	39,9	41,3	41,7	40,0
Pevnost v příčném tahu na zlomcích trámeců 150 x 150 x 700 mm	28	[MPa]	3,1	3,3	3,1	2,4
Čtyřbodová ohybová zkouška na tělesech 150 x 150 x 700 mm						
Max. síla na mezi vzniku trhliny F_u	28	[kN]	24,9	26,6	27,4	26,7
Napětí na mezi vzniku trhliny f_u	28	[MPa]	4,3	4,5	4,7	4,6
Hodnota průhybu při vzniku trhliny δ_0	28	[mm]	0,095	0,101	0,097	0,104
$f_{eq,I}$ -ekvivalentní hodnota napětí do průhybu $\delta_I = \delta_0 + 0,65 \text{ mm}$		[MPa]	-	1,41	1,34	1,69
$f_{eq,II}$ - ekvivalentní hodnota napětí do průhybu $\delta_{II} = \delta_0 + 3,15 \text{ mm}$	28	[MPa]	-	1,00	1,13	1,37
Hodnota síly F při průhybu $\delta_{II} = \delta_0 + 3,15 \text{ mm}$	28	[kN]	-	5,8	6,3	7,2
F / F_u	28	-	-	0,22	0,23	0,27

Pozn: U záměsi R1 (bez vláken) došlo k porušení křehkým lomem. Průhyb tak nedosáhl velikosti, ze které by bylo možné hodnoty F a f_{eq} vyčíst.



Obr. 4: Srovnání reziduální napětí f_{eq} dle průhybů δ_I a δ_{II} (viz výše) pro testované receptury

3 Závěr

Z měření lomových vlastností vláknobetonu je patrný očekávaný významný pozitivní vliv dávky PP pásků na nárůst ekvivalentních reziduálních napětí při rozvoji trhliny tj. pro zvolený průhyb trávce.

Poměr hodnoty napětí (síly) při vzniku trhliny f_u (F_u) a ekvivalentního napětí (síly) $f_{eq,II}$ (F) však nedosahuje úrovně 1/3 obvykle požadované pro vláknobeton aplikovaný do všesměrně staticky namáhaných podlahových konstrukcí.

Zkoušená PP vlákna v testovaném dávkování $V_f = 0,3$ až $0,5$ % objemu betonu tedy neposkytují dostatečně vysoké reziduální napětí pro aplikace do podlahových konstrukcí. Je třeba dále pracovat zejména na zlepšení soudržnosti vláken s matricí a případně také ověřit možnost většího dávkování vláken.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s laskavým přispěním projektu MPO FT – TA3/144

References

- [1] Kolísko J.; Klečka T.; Kolář K.: Influence of polypropylene fibers on fracture energy of cement mortar, In: 3rd Czech/Slovak Symposium Theoretical and Experimental research in structural Engineering, Černice 2004, CTU in Prague, volume 8. ISBN 80-01-02976-X pp.69-74
- [2] Kohoutková A: Numerical simulation in design of structural fibre concrete members, In: Proceedings of CON MAT 05, Vancouver 2005, ISBN # 0-88865-810-9, pp.298
- [3] Kolísko J.; Vodička J.; Klečka T.; Kolář K. Krátký J.: Characteristic of FRC with structural Synthetic Fibres, In: Proceedings of CON MAT 05, Vancouver 2005, ISBN # 0-88865-810-9, pp. 93
- [4] ČSN EN 14651 - Zkušební metody betonu s kovovými vlákny – měření pevnosti v tahu za ohybu (mez úměrnosti, zbytková pevnost), únor 2006
- [5] Detscher Beton - und Bautechnik-Verein E.V. Stahlfaserbeton - DBV- Merkblatt, Fasung Oktober 2001
- [6] ASTM – C -1018-97 Standard Test Method for Flexural Toughnes and First – Crack Strength for Fibre Reinforced Concrete.

POSOUZENÍ ÚČINNOSTI SANAČNÍCH OMÍTEK NA HISTORICKÝCH OBJEKTECH

Ing. Martina Peřínková, Ph.D.

VŠB-TU Ostrava, Katedra architektury L.Poděště 1875, Ostrava-Poruba 708 33
Tel. 59 732 1351, martina.perinkova@vsb.cz
Web: www.vsb.cz

Anotace:

V České republice se sanační omítky používají zhruba deset let. V jiných státech je to o něco déle, bohužel však neznáme výsledky úspěšnosti jejich používání. Potřebujeme znát jakým způsobem pracují sanační omítky po několika letech aplikace. Sanační omítky nejsou tradičním stavebním materiálem, a proto jej památkáři v podstatě odmítají.

1.Úvod

Problematikou rekonstrukcí staveb se budeme zabývat stále častěji a to zejména u staveb historicky hodnotných. Další kategorií jsou pak stavby, které do značné míry svým potenciálem vyhovují požadavkům majitele a vyplatí se provést jejich sanaci. Jedním z nejčastějších problémů takových objektů je neexistence izolace proti zemní vlhkosti, případně její degradace. Protože tato situace je vždy dlouhodobá, jsou již stěny natolik nasáklé vlhkostí, že většinou již také převzaly značné množství solí z vody. Množství chloridů, dusičnanů, síranů obsažených ve zdivu je závislé na daných podmínkách a je společně s vlhkostí zkoumaným faktem při úvodním průzkumu stávajícího stavu. Na základě dosažených výsledků jsou navrhována vhodná opatření pro sanaci objektu. Obsah solí ve zdivu způsobuje u běžných omítek v průběhu vysychání výkvěty na povrchu omítky a následně její degradaci. Sanační omítky jsou svými technickými vlastnostmi schopny tyto soli pohltit a zabránit tak jejich pronikání na povrch.

2. Farní kostel v Blazicích

2.1. Historie objektu

Obec Blazice se v letopisech připomíná již v roce 1358, ačkoliv je jisté, že existovala dávno před uvedenou dobou. Na tuto skutečnost upozornily četné nálezy různých kamenných nástrojů a rovněž bohaté pozůstatky pohanského pohřebiště. Blazice se rozkládají, spolu s pozemky k ní náležejícími, na ploše 380 ha. Leží na trase mezi Bystřicí pod Hostýnem a Lipníkem nad Bečvou. Dominantou obce je kostel, který byl postaven roku 1788, v roce 1885 byl opraven a byly v něm instalovány varhany.

2.2. Stav objektu před sanací

Celková prohlídka stavby byla provedena dne 18.5.2000 sanačním technikem Antonínem Bartíkem. Objekt v době průzkumu procházel stavebními úpravami, které zahrnovaly obnovu střechy, svodů, žlabů a dále pak byla odkopána podlaha uvnitř stavby až na úroveň základové spáry. V této části byl podél základů v interiéru instalován odvětrávací systém. Aby bylo dosaženo sacího efektu systému jsou ve vstupní části kostela umístěny nasávací otvory napojené na potrubí a na opačné straně kostela je systém vyveden přes vnější zeď

na fasádu až do výšky římsy. Podél vnější části kostela bylo provedeno odkopání zeminy, osazení fólií Delta a zasypání štěrkem. Při patě základů byla osazena drenáž, která byla zaústěna do kanalizace. Tato opatření umožňují průběžné vysoušení zdiva.

Kostel je v převážně většině vyzděn z plných cihel. Nebyla nalezena žádná vodorovná izolace.

Měření vlhkosti zdiva v rámci tohoto průzkumu vykazovalo hodnoty v rozmezí 0,5 až 9,5 %, přičemž průměrná hodnota měření byla 3,7%. Odebrané vzorky malty vykazovaly přítomnost chloridů na stupni 1-2 a obsah síranů na stupni 0,1,2.

2.3. Technologický postup sanace

Zasolení zdiva nebylo příliš vysoké, ale předpokládalo se, že jeho vysycháním bude docházet ke koncentraci solí, což by u běžné omítky způsobilo její degradaci. Sanační omítky byly doporučeny provést do výšky 2,2m.

Zdivo bylo podle doporučení stavebního technika omítnuto ve dvou vrstvách sanačním materiálem Otavit 550. Průměrná celková tloušťka je 30-50 mm. Do poslední vrstvy byla celoplošně vpravena armovací tkanina o velikosti oka 10/10 mm.

Pro zvýšení odolnosti v oblasti soklu byl aplikován prostředek Sanier Sperrputz 203. Materiál byl nanesen v tloušťce 10mm v pásu 60 cm po obvodu kostela. Podklad byl upraven ruční maltou (590, 050) do požadované roviny a po proschnutí byl následující den nanesen materiál Sperrputz 203. Povrch byl srovnán ocelovou mřížovou škrabkou.

Konečná povrchová úprava celé fasády byla ošetřena nanesením štku Otavit 312 a aplikací barvy Silikat 790.

Technologický postup sanace respektoval předpisy dodavatele sanačního stavebního materiálu. Stavební práce proběhly v květnu až červnu roku 2000.

2.4. Stávající stav objektu v roce 2007

Průzkum stávajícího stavu objektu byl proveden dne 25.1.2007 při teplotě 0°C a hustém sněžení. Po celkovém ohledání stávajícího stavu byla provedena orientační měření vlhkosti povrchovým vlhkoměrem UNI 2 a to vždy v několika výškách (0,5m, 1m, 1,5m, 2m) a v několika místech kolem bodu měření. Dále byly odebrány vzorky omítky na fasádě a ty byly vyhodnoceny jak gravimetrickou hodnotou na stupeň vlhkosti, tak byl také proveden laboratorní rozbor jejich salinity (zkušební postup č.9 – Sanace staveb- zpracování vzorků a analýza solí poškozující stavby). Stupeň zasolení zdiva byl určen podle WTA – příručka Diagnostika vlhkých staveb- vydání 06/2000.

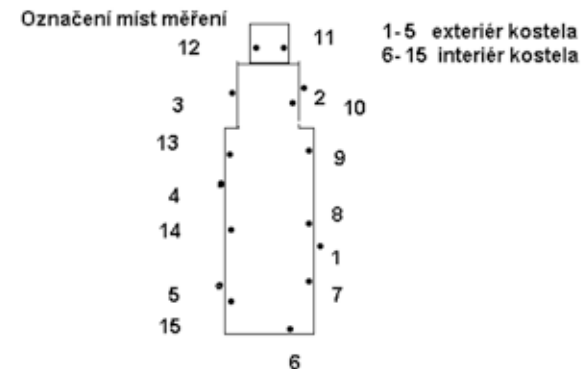
Hodnoty vlhkosti zdiva se pohybovaly v rozmezí 0,99% až 2% přičemž průměrná hodnota měření byla 1,5%. Měření gravimetrickou metodou odpovídalo také těmto hodnotám.

Laboratorní analýza odebraných vzorků omítky neprokázala přítomnost žádných solí. Stupeň zasolení byl na hodnotě nula.

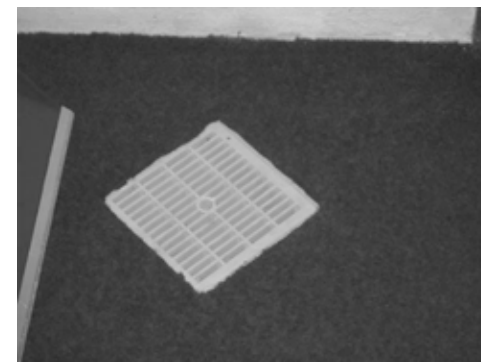
3. Závěr

Tato realizace sanačního systému se při analýze jeho úspěšnosti po sedmi letech působení jeví jako velmi kvalitní. Prokazuje, že při použití doplňujících odvětrávacích systémů, v tomto případě velmi rozsáhlých, je účinnost sanačních omítek skutečně dlouhodobá a trvanlivá. Ani po sedmi letech působení není omítka zasolena, což je patrné nejen vizuálně, ale také po laboratorním rozboru odebraných vzorků. Tímto způsobem bylo možné zachránit kvalitní historickou architekturu, která je nezbytnou součástí centra obce Blazice.

Pro další a důkladnější zhodnocení účinnosti sanačních omítek je pochopitelně nutné v tomto výzkumu pokračovat tak, aby výsledky mohly být obrazem širší skutečnosti.



Obrázek 1: Označení vertikál měřených vlhkostí



Obrázek 2: Nasávací otvor vnitřního větracího systému kostela



Obrázek 3: Vyvedení vnitřního větracího systému pod římsu kostela

SKLO VE STAVEBNICTVÍ - ZKOUŠENÍ

Ing. Jiří Stránský

IKATES, s.r.o., Tolstého 186, 415 03 Teplice
 Tel. 417 503 093, e-mail: jiristransky@seznam.cz
 Web: go.to/ikates

Anotace:

Sklo je jedním z nejvýznamnějších stavebních materiálů moderních staveb. Výběr vhodného typu skla pro dané použití vyžaduje detailní znalosti vlastností různých výrobků. Cílem tohoto příspěvku je proto seznámení se nejdůležitějšími vlastnostmi skel používaných ve stavebnictví, jejich zkoušením a současně s riziky a problémy souvisejícími s danou vlastností. Dále jsou zmíněny požadavky norem na zkoušení skel během výroby.

1. Legislativa**1.1 Česká republika**

- Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů v platném znění
- Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky v platném znění
- Nařízení vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE v platném znění

1.2 Evropská Unie

- Směrnice Komise č. 89/106/EEC z 21. prosince 1988 o sblížení zákonů, předpisů a administrativních postupů členských států, týkajících se stavebních výrobků
- Rozhodnutí komise ze dne 2. února 2000 o postupu prokazování shody stavebních výrobků ve smyslu čl. 20 odst. 2 směrnice Rady 89/106/EHS, pokud jde o výrobky z plochého skla, profilovaného skla a ze skleněných tváric v platném znění

2. Normalizace

Normalizační komise: CEN/TC 129, ISO/TC 160, ČNI/TNK 140 „ Sklo ve stavebnictví“

2.1 Výrobní normy

Základní výrobky ze sodnovápenatokřemičitého skla	ČSN EN 572
Zrcadla	ČSN EN 1036
Skleněné tvárnice a skleněné dlaždice	ČSN EN 1051
Sklo s povlakem	ČSN EN 1096
Izolační skla	ČSN EN 1279
Borosilikátové sklo	ČSN EN 1748-1
Sklokeramika	ČSN EN 1748-2
Tepelně zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo	ČSN EN 1863
Tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité sklo	ČSN EN 12150

Chemicky zpevněné sodnovápenatokřemičité sklo	ČSN EN 12337
Vrstvené a vrstvené bezpečnostní sklo	ČSN EN ISO 12543, ČSN EN 14449
Zasklení lepená konstrukčním tmelem	ČSN EN 13022
Tepelně tvrzené borosilikátové bezpečnostní sklo	ČSN EN 13024
Tepelně zpevněné borosilikátové sklo	prEN 13424
Křemičité sklo s alkalickými zeminami	ČSN EN 14178
Prohříváné tepelně tvrzené sodnovápenatokřemičité bezpečnostní sklo	ČSN EN 14179
Tepelně tvrzené křemičité bezp. sklo s alkalickými zeminami	ČSN EN 14321

2.2 Zkušební normy

Odolnost proti ručně vedenému útoku	ČSN EN 356
Klasifikace požární odolnosti	ČSN EN 357
Stanovení světelných a slunečních charakteristik zasklení	ČSN EN 410
Stanovení součinitele prostupu tepla	ČSN EN 673, ČSN EN 674, ČSN EN 675, prEN 1098
Zkoušení odolnosti proti střelám	ČSN EN 1063
Stanovení pevnosti v ohybu	ČSN EN 1288
Kyvadlová rázová zkouška	ČSN EN 12600
Stanovení emisivity	ČSN EN 12898
Odolnost proti výbuchovému tlaku	ČSN EN 13541

2.3 Normy pro navrhování výrobků ze skla

Vyhodnocení Weibullova rozdělení dat pevnosti	ČSN EN 12603
Navrhování stěn ze skleněných tvárnic	prEN 12725
Výrobky ze skla - vzduchová neprůzvučnost	ČSN EN 12758
Navrhování skleněných tabulí	prEN 13474
Stanovení hodnoty energetické bilance	ČSN EN ISO 14438
Požadavky na zasklení při použití skleněných tvárnic	prEN ISO 14439

3. Zkoušení vlastností

3.1 Požárně-technické vlastnosti

U skel pro stavebnictví se hodnotí následující vlastnosti: požární odolnost, reakce na oheň a chování při vnějším požáru. S ohledem na nutnost stanovit tyto vlastnosti u kompletního stavebního prvku, mají u vlastního skla informativní charakter.

Požární odolnost skel se popisuje v souladu s ČSN EN 357 pomocí značky obsahující písmena, charakterizující vlastnosti zaskleného prvku, a číselný údaj, značící dobu v minutách (zaokrouhlených na nejbližší celý násobek patnácti minut), po kterou výrobek splňuje uvedenou vlastnost. Základními vlastnostmi jsou: stabilita (R), celistvost (E), snížení radiace (W), izolace (I), zábrana kouře (S) a samozavírání (C).

3.2 Odolnost proti výbuchovému tlaku

Zkouší se odolnost při definovaném maximálním pozitivním tlaku odražené tlakové vlny. ČSN EN 13541 klasifikuje zasklení do čtyř tříd ER1 až ER4 podle maximálního pozitivního přetlaku odražené vlny. Zkouší se tři vzorky o rozměrech 900x1100 mm.

3.3 Odolnost proti střelám

Ke zkoušení bezpečnostních zasklení se používá norma ČSN EN 1063.

Norma obsahuje kategorie BR1 až BR7 (kulové zbraně) a kategorie SG 1 a SG 2 (brokové zbraně), s dalším dělením na skla s odletem úlomků ze zadní strany (S) a bez odletu (NS).

Zkouší se 3 vzorky o rozměrech 500x500 mm ze vzdálenosti předepsané pro danou kategorii, nástřel se provádí do vrcholů rovnostranného trojúhelníka (vyjma SG1 - pouze 1 nástřel) o straně 120 mm (SG2 - 125 mm).

3.4 Odolnost proti ručně vedenému útoku

V současnosti je u nás schválena k používání norma ČSN EN 356.

Tato norma obsahuje 2 zkušební postupy:

a) Pádová zkouška

Zkouška je založena na pádu ocelové koule o hmotnosti 4,11 kg z předepsané výšky na vodorovně upevněný vzorek skla. Údery jsou vedeny do vrcholů rovnostranného trojúhelníka o straně 130 mm. Koule nesmí do 5 s po dopadu projít vzorkem. Zkouší se tři vzorky o rozměrech 900x1100 mm.

Kategorie :

P1A : 1500 mm, 3 dopady
P2A : 3000 mm, 3 dopady
P3A : 6000 mm, 3 dopady
P4A : 9000 mm, 3 dopady
P5A : 9000 mm, 3x3 dopady

b) Zkouška sekerou

Zkouška je založena na vytvoření předepsaného otvoru údery kladiva a sekyry. Údery jsou vedeny po obvodu čtverce o straně 400 mm. Hodnotí se celkový počet úderů až do „selhání“ skla. Zkouší se tři vzorky o rozměrech 900x1100 mm. 1 vzorek se odebírá jako rezervní. Obecně platí, že dosažená kategorie nevypovídá nic o době zdržení útočníka.

Kategorie :

P6B : 30 až 50 úderů
P7B : 51 až 70 úderů
P8B : více než 70 úderů

3.5 Bezpečnost při užívání - zkouška kyvadlovým nárazem

Zkouška podle ČSN EN 12600 se provádí na čtyřech vzorcích o rozměrech 876x1938 mm pomocí 50 kg závaží se dvěma pneumatikami. Výšky pádu jsou 190 mm; 450 mm a 1200 mm. Označení třídy odolnosti obsahuje:

- výšku pádu, splňující požadavky na bezpečné rozbití (190 mm = 3; 450 mm = 2; 1200 mm = 1)
- způsob rozbití (A = jako float; B = jako vrstvené sklo; C = jako tvrzené sklo)
- výšku pádu, při které nevznikl otvor, kterým projde koule o průměru 76 mm při působící síle 25 N (190 mm = 3; 450 mm = 2; 1200 mm = 1)

3.6 Tepelná odolnost

Tepelná odolnost skel je stanovena výrobovými normami. Tepelná odolnost může být stanovena zkouškou např. podle ČSN ISO 718 přenesením vzorku z pece do vody.

3.7 Odolnost proti zatížení

Odolnost proti zatížení se v případě skla vyjadřuje většinou jako pevnost v ohybu. Hodnoty pevnosti v ohybu jsou stanoveny výrobovými normami. Zkoušení se provádí podle ČSN EN 1288.

3.8 Tepelné charakteristiky

Základní tepelnou charakteristikou je hodnota U (součinitel prostupu tepla), ke které se vztahují normy ČSN EN 673 (výpočetní metoda na základě znalosti emisivity), ČSN EN 674 (metoda měření chráněnou teplou deskou), ČSN EN 675 (metoda měření měřidlem tepelného toku) a prEN 1098 (metoda měření chráněnou teplou skříní). V rámci systému norem ISO existují příslušné ekvivalenty těchto norem (ISO 10291, ISO 10292 a ISO 10293).

3.9 Akustické charakteristiky

Vzhledem k tomu, že akustické vlastnosti se vztahují až k celému stavebnímu prvku, lze k akustickým vlastnostem skel přistupovat jako k informativním hodnotám. Orientační přehled hodnot lze získat v normě ČSN EN 12758. Měření skel v konstrukcích se provádí v souladu s normami ČSN EN ISO 140-3 a ČSN EN ISO 717.

3.10 Světelné a solární charakteristiky

Pro skla ve stavebnictví platí norma ČSN EN 410, alternativně lze použít pro mimoevropské zákazníky normu ISO 9050. Oba postupy pro stanovení světelných vlastností používají normalizovaný druh světla D65. Významný rozdíl je ve stanovení činitele přímého prostupu slunečního záření, kde se normy liší v použitém spektru slunečního záření a použité hodnotě hmoty vzduchu.

NEDEŠTRUKTIVNE SKÚŠANIE MUROVANEJ KONŠTRUKCIE A JEJ PRVKOV

prof. Ing. Jozef Gašparík, PhD. (1)
Ing. Róbert Gašparík (2)
Ing. Milan Pokorný (3)

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra technológie stavieb-CEMAKS, Radlinského 11, 813 68 Bratislava-SK
Tel. 00421-2- 59274590, e-mail: jozef.gasparik@stuba.sk
Web: www.svf.stuba.sk

Anotácia:

V príspevku sú uvedené spôsoby nedeštruktívneho skúšania murovanej konštrukcie a jej prvkov a výsledky experimentálnych skúmaní kvality murovanej konštrukcie pri použití tvrdomerných skúšobných metód a metódy FLAT JACK. V závere sú uvedené výhody jednotlivých metód nedeštruktívneho skúmania kvality murovaných konštrukcií.

1. Úvod

Pre väčšinu budov, zvlášť historických s určitou architektonickou hodnotou, sú deštruktívne testy kvality budov neakceptovateľné. Deštruktívne skúšky nielen že narúšajú estetický vzhľad stavebných objektov, ale vzhľadom na väčší počet potrebných vzoriek odobratých z konštrukcií negatívne pôsobia aj na pružno-pevnostné charakteristiky stavebných konštrukcií. Z tohto dôvodu význam nedeštruktívnych skúšobných metód pre vyšetrenie kvality existujúcich materiálov, prvkov a konštrukcií bude mať stále väčší význam. Nedeštruktívne skúšanie stavebných materiálov, prvkov alebo konštrukcií je také skúšanie, pri ktorom sa skúšobná vzorka neporuší, alebo sa poruší len do takej miery, že jej funkcia nie je vôbec narušená. Veľkou výhodou týchto metód je pracovná a finančná nenáročnosť, praktickosť, rýchlosť a pohodlnosť pri získavaní požadovaných pružno-pevnostných vlastností skúšaných prvkov alebo konštrukcií. Určitou nevýhodou nedeštruktívnych skúšobných metód je to, že dosiahnuté výsledky týchto skúšok nie sú so 100 percentnou zaručenou presnosťou. Pomocou korekčných faktorov možno aj tento nedostatok minimalizovať. Nedeštruktívne skúšobníctvo je pomerne známe pri aplikácii na betónové konštrukcie [1]. Oveľa menej poznať je v súvislosti s nedeštruktívnym vyšetrením kvality murovaných konštrukcií a ich prvkov. Vo svojom príspevku sa zameriam práve na tieto skúšobné metódy a prístroje.

2. Tvrdomerné skúšobné metódy

Tvrdomernými metódami sa materiál murovanej konštrukcie (tehla plná, malta) skúša na povrchu prvku alebo konštrukcie meraním veľkosti pružných reakcií, pretvorení alebo porúch vyvolaných úderom. Tvrdomerné skúšobné metódy môžu byť použité na zisťovanie:

- pevnosti tehál murovanej konštrukcie a ich homogenity,
- pevnosti malty v murovanej konštrukcii a jej homogenity,
- predbežné určenie pevnosti murovanej konštrukcie.

Tvrdomerná metóda sa zakladá na meraní číselnej bezrozmernej hodnoty odrazu úderného barana alebo úderného kyvadla od povrchu tehly alebo zatvrdnutej malty v murovanej konštrukcii.

Prístroj na skúšanie pevnosti tehál tvrdomernou metódou SCHMIDT typu LB (obr. 1) je prístroj funkčne podobný prístroju SCHMIDT typu N určeného pre betóny a umožňuje merať hodnotu odrazu úderného barana na zistenie alebo kontrolu kvality keramických výrobkov. Jeho energia rázu je 0,75 J (0,735 Nm).



OBR. 1. Skúšobný prístroj SCHMIDT typu LB s ochranným puzdrom a ručným brúsny kotúčom [3]

Z kyvadlového tvrdomeru pre testovanie ľahkých stavebných materiálov, omietok a povrchových úprav, sa postupne vyvinul nový model SCHMIDT typu PM (obr. 2.) na nedeštruktívne skúšanie mált. SCHMIDT PM umožňuje merať hodnotu odrazu kladivka na zistenie alebo kontrolu kvality malty. Jeho energia rázu je 0,9 J. Mechanizmus tvrdomeru typu PM pozostáva z oceľového kladivka, ktoré sa pohybuje po dráhe tvaru poloblúky. Na konci kladivka je oceľový razník so zaobleným koncom. Úder razníka priamo na povrch malty spôsobí jeho spätný odraz, ktorého hodnota sa odčíta na stupnici nachádzajúcej sa na poloblúkovitom oceľovom ráme tvrdomera.

Tehly a malty skúšame na vybraných a upravených skúšobných miestach, ktoré sa volia tak, aby svojim rozložením a počtom reprezentovali skúšanú plochu konštrukcie. Zvolené miesta musia byť také veľké, aby sa na nich dal previesť potrebný počet úderov tak, aby po vylúčení nevhodných meraní zostalo najmenej 5 platných meraní. Každé upravené skúšobné miesto musí byť najmenej 0,01 m² veľké a vzdialené od hrán skúšobného prvku alebo konštrukcie, alebo skúšobného miesta najmenej 30 mm.

Miesta jednotlivých úderov na jednom skúšobnom mieste musia byť od seba vzdialené najmenej 30 mm. Meranie by sa malo vykonávať na konštrukcii vysušenej vzduchom, teda na konštrukcii, ktorá nebola zmáčaná posledných 24 hodín a ktorá dáva vizuálny dojem, že je suchá. Povrch skúšanej vzorky musí byť rovný, hladký a všetky vyvýšeniny treba obrúsiť ručným brúsny kotúčom. Razník tvrdomeru sa priloží na skúšobnom mieste kolmo na povrch tehly alebo malty. Tvrdomer typu SCHMIDT LB stlačíme pomalým plynulým pohybom, až vyvodí ráz, na tvrdomere typu SCHMIDT PM stlačíme spúšťač gombík. Na stupnici tvrdomeru sa odčíta veľkosť odrazu a zapíše sa do pripraveného zápisníka. Pri meraní



OBR. 2. Skúšobný prístroj SCHMIDT PM [3]

hodnôt odrazu musíme brať do úvahy faktory, ktoré ovplyvňujú presnosť nameraných výsledkov, a to:

- nerovnosť povrchu môže dať premenlivé výsledky,
- nehomogenita tehly môže skresľovať namerané údaje,
- uhol sklonu tvrdomeru vzhľadom k povrchu skúšobnej vzorky (je potrebné dodržiavať kolmosť),

Oba tvrdomery SCHMIDT LB a PM je v súčasnosti možné použiť na určenie homogenity vlastností tehál a mált, ktorá sa dá posúdiť štatisticky na základe rozptylu a variačného koeficientu. Výrobca tvrdomerov SCHMIDT typu LB a PM (firma PROSEQ zo Švajčiarska) nedeklaruje kalibračné závislosti medzi pevnosťou tehál a mált a hodnotami odrazov úderného barana oboch tvrdomerov. Tieto výskumy boli vykonané vo viacerých laboratóriách (USA [2], Poľsko [3], Belgicko, Holandsko, Česko), ale nedajú sa jednoznačne použiť na všetky tehliarske výrobky a malty.

Veľmi dôležité je zabezpečiť, aby ložné škáry na ktorých sa testuje malta, lícovali s tehľami v danej konštrukcii. Na to treba brať ohľad už pri výbere skúšobného miesta konštrukcie ako i pri zarovnávaní nerovností brúsny kotúčom. Zabezpečiť toto lícovanie je dosť náročné najmä pri starých murovaných konštrukciách a tak treba dávať pozor už pri odstraňovaní starých omietok, aby sme nepoškodili ložné škáry.

Pri výbere skúšobného miesta treba brať ohľad aj na to, aby bol dobrý prístup ku konštrukcií, aby skúšobné miesto nebolo priveľmi vysoko a s prístrojom sa dobre manipulovalo. Je potrebné zabezpečiť kolmosť tvrdomeru vzhľadom na povrch konštrukcie.

V tabuľke 1 je uvedená klasifikácia mált na základe ukazovateľa tvrdomeru SCHMIDT PM [3]. Experimentálne laboratórne merania pomocou tvrdomerných metód SCHMIDT LB a SCHMIDT PM boli vykonané na zaťaženej murovanej stene rozmerov 1040 x 290 x 1270 mm. Murovaná konštrukcia bola vyhotovená z plných pálených tehál a murovacej malty Baumit 50.

Kontrola kvality tehál

Pri kontrole kvality tehál prístrojom SCHMIDT LB bola konštrukcia rozdelená do šiestich segmentov. Na každom z nich bolo vykonaných dvadsať meraní. Spolu bolo získaných 120 nameraných údajov. Cieľom merania bolo štatisticky zhodnotiť ukazovatele kvality tehlovej časti muriva. Metódou SCHMIDT LB boli zaznamenávané hodnoty odrazu „a“. Táto hodnota sa vzťahuje ku pevnosti tehál. Pomocou štatistiky bola zistená priemerná hodnota odrazu $a = 37,15$.

Trieda	Hodnota odrazu \bar{a} [-]	Hodnotenie malty
0	menej ako 15	veľmi slabá
A	15 – 25	slabá
B	25 – 35	priemerná
C	35 – 45	primeraná
D	45 – 55	dobrá
E	55 a viac	výborná

Tab. 1 Klasifikácia mált na základe ukazovateľa tvrdomera SCHMIDT PM [3]

Pre zistenie závislosti hodnoty odrazu „a“ ku skutočnej pevnosti tehly bolo vybraných desať tehál na deštrukčnú skúšku v lise. Pre každú tehlu boli zaznamenané jej rozmery, hmotnosť a následne zistená pevnosť v tlaku. Výsledky z tohto merania sú v tabuľke 2.

Vzorka číslo	Rozmery			Hmotnosť prvku	Objemová hmotnosť	Zaťaženie pri porušení	Pevnosť v tlaku
	a	b	c				
	(mm)						
1	285,0	140,0	62,0	4200	1698	1647	41,3
2	284,0	138,0	62,0	2580	1062	1345	34,3
3	290,0	142,0	62,0	4220	1653	1530	37,2
4	288,0	141,0	65,0	4080	1546	2010	49,5
5	289,0	142,0	61,0	4140	1654	2145	52,3
6	290,0	141,0	62,0	4120	1625	1580	38,6
7	289,0	140,0	62,0	4120	1642	1685	41,6
8	285,0	137,0	61,0	3620	1520	1370	35,1
9	289,0	140,0	61,0	4200	1702	1783	44,1
10	288,0	142,0	61,0	4100	1644	1620	39,6
priemer	287,7	140,3	61,9	3938,0	1574	1672	41,4

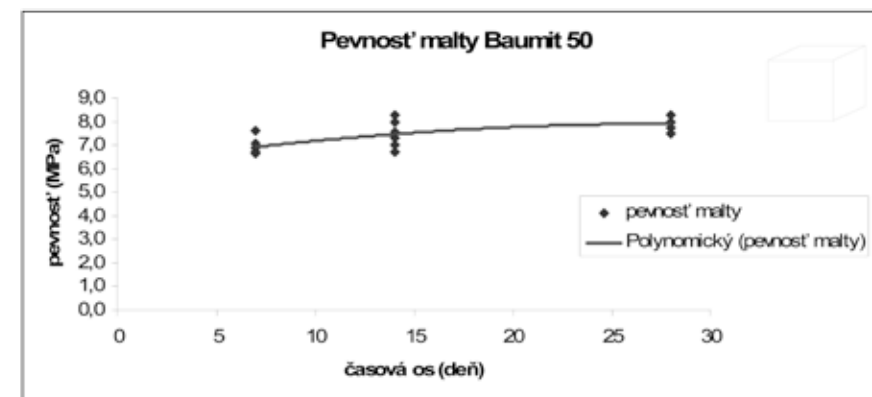
Tab. 2 Skúšky pevnosti tehál [2]

Pri porovnaní výsledkov z merania SCHMIDT LB a deštrukčnej skúšky možno skonštatovať, že hodnota odrazu „a“ = 37 je priradená ku pevnosti tehly 41,4 MPa. Táto informácia je veľmi cenná, pretože na Slovensku nie je doposiaľ vydaná norma súvisiaca s určovaním hodnoty pevnosti tehál pomocou nedeštruktívnej metódy SCHMIDT LB.

Kontrola kvality malty

Pevnosť a kvalita malty boli na murovanej stene zisťované tvrdomerom SCHMIDT PM. Na každej strane steny bolo uskutočnených 14 meraní a spolu bolo získaných 56 údajov pre štatistickú analýzu. Priemerná hodnota odrazu „a“ bola 27.

Podľa tabuľky 1 pevnosti mált od firmy PROSEQ sa tento typ malty zaraďuje do triedy B s hodnotením priemerná. Pre zistenie skutočnej pevnosti testovanej malty boli vyhotovené maltové vzorky rozmerov 20 x 20 x 20 mm. Tieto vzorky boli testované v lise. Pevnosť malty v tlaku bola získaná deštrukčnou skúškou po 28 dňoch. Vývoj pevnosti malty v tlaku je vyjadrená grafom 1.



GRAF 1 Vývoj pevnosti malty v tlaku [2]

Pri porovnaní nedeštruktívneho merania tvrdomerom SCHMIDT PM a deštrukčnej skúšky v lise možno povedať, že hodnota odrazu „a“ = 27 zodpovedá pevnosti malty 7,6 MPa. Pri hodnotení homogenity malty na murovanej stene boli použité štatistické metódy a postupy ako pri hodnotení tehál.

3. Metóda FLAT JACK (plošný zdvihák) pre určenie kvality murovaných konštrukcií

FLAT JACK (plošný zdvihák) – prístroj, ktorý sa používa na nedeštruktívne vyšetrovanie pružno-pevnostných vlastností murovaných konštrukcií. Murované konštrukcie sú v porovnaní s betónovými, drevenými alebo kovovými konštrukciami zložitejšie v tom, že sú nehomogénne v dôsledku odlišných vlastností muriva a spojovacích mált.

Jednou z možných nedeštruktívnych metód na určenie pružno-pevnostných vlastností murovaných konštrukcií je metóda z anglického originálu „FLAT JACK“ vyvinutá v Taliansku. Zariadenie, ktorého projektantom je Pier Paolo Rosi, bolo vyvinuté v talianskej firme „ISMES“ a ako produkt ho predáva talianska firma RMU [4]. Touto metódou je možné určiť nasledovné pružno-pevnostné vlastnosti murovanej konštrukcie:

- stav napätosti vo zvolenom bode konštrukcie,
- modul pružnosti,
- pevnosť murovanej konštrukcie.

Metóda FLAT JACK sa zakladá na meraní hodnoty deformácie konštrukcie pri zaťažovacích a uvoľňovacích cykloch, ktoré sa používajú na určenie pružno-pevnostných vlastností

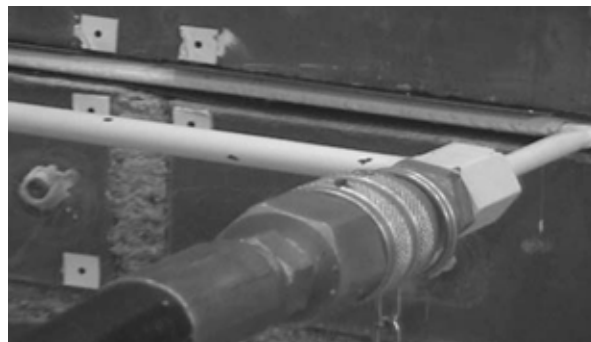
murované konštrukcie. Táto metóda spočíva z vloženia tenkých plošných oceľových zdvihákov do maltovej škáry, ktoré sú napojené hadicou na hydraulickú pumpu. Deformometrom sa potom zmeria hodnota deformácie murovanej konštrukcie.

Metódu FLAT JACK je možné aplikovať na akejkolvek časti murovanej konštrukcii. Veľmi výhodné je využívať túto metódu najmä v prípade diagnostikovania historických budov.

Experimentálne meranie metódou FLAT JACK

Pri teste boli použité obdĺžnikové flat-jacky rozmerov 405 x 205 x 8 mm od firmy RMU z Talianska. Flat-jack bol tlakovaný použitím manuálne ovládanej hydraulickej pumpy. Deformácie boli merané deformometrom s presnosťou 0,001 mm. Pred začiatkom skúšky boli na povrch muriva aplikované merané terčíky-referenčné body vyznačené žltou farbou so základňami 255 mm pre tlakový test a modrou, resp.zelenou farbou s 350 mm pre test deformovateľnosti pre zvislé aj vodorovné posuny. Všetky referenčné body boli pripojené do povrchu muriva s epoxidovým lepidlom. Pre jednoduchý tlakový test boli vytvorené štyri základne pre každú flat jack platňu s dĺžkou 255mm. Pre test deformovateľnosti bola zvolaná základňa dĺžky 350mm. Na konštrukcii boli merané štyri zvislé a dva vodorovné posuny. Aby bola zabezpečená dostatočná tlačná plocha, na flat jacky boli prilepené pliešky z oboch strán.

Oceľový nosník rozmerov 1200 x 400 x 150mm bol umiestnený na vrchnú časť konštrukcie, aby zaťaženie od lisu bolo rovnomerne roznesené do konštrukcie. Na konštrukcii bol prevedený súčasne jednoduchý tlakový flat jack test a test deformovateľnosti, tzv. test dvoch flat-jackov. Na začiatku merania boli zaznamenané pôvodné vzdialenosti medzi všetkými párami referenčných bodov, tzv. nulový stav. Keďže drážky pre platne flat jack boli už vopred vyhotovené, pevnosť chýbajúcej malty vo vyrezaných drážkach bola nahradená pridaním externého zaťaženia do konštrukcie pomocou hydraulického lisu. Merania prebehli v 2 simulovaných podmienkach, pri vonkajšom zaťažení 25 ton a 50 ton. Detail vloženia platne flat-jack do drážky je znázornený na obrázku 3. Skúšobná vzorka murovanej konštrukcie pri skúmaní stavu napätosti je na obrázku 4.



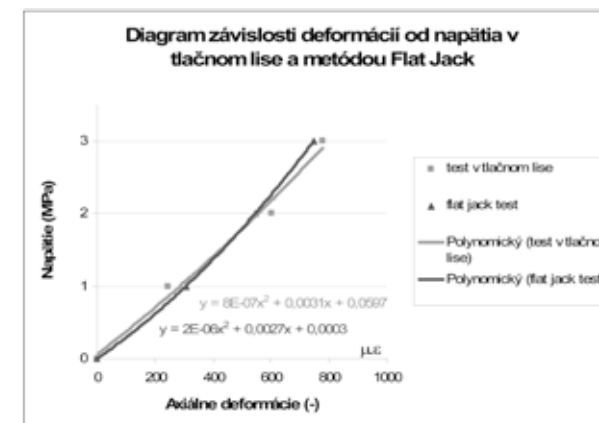
OBR. 3 Detail vloženia platne flat jack do drážky.

Postup tlakového merania bol ovplyvnený možnosťami hydraulického prístroja a najmä faktom, že flat jacky boli len s jedným výstupným kanálom. Preto bolo potrebné dbať na to, aby nedošlo ku prekročeniu kritickej hodnoty pružného natlakovania vankúšov, aby sa prúdiaci

olej bezpečne vrátil do hydraulického systému. Miera zaťaženia bola zvolená v postupných krokoch od nulového zaťaženia, vzostupne po 10 barových nárastoch do hodnoty 3,5 MPa. Keďže, podľa ASTM, prístroj flat jack môže spoľahlivo pracovať len do 25% svojho operačného tlaku test deformovateľnosti nebolo možné uskutočniť až do úplného zistenia pevnosti muriva. Namerané hodnoty posunov pri teste dvoch flat-jackov boli zaznamenané a hodnoty deformácií boli porovnané s výsledkami v tlačnom lisu.(obrázok 5).



OBR. 4 Meranie stavu napätosti na murovanej konštrukcii



OBR.5 Porovnanie výsledkov testu FLAT JACH a deštrukčného testu v lisu [2]

Z porovnania výsledkov merania vyplynula pomerne presná zhoda medzi hodnotami získanými z merania dvoch flat jackov a deformačnou skúškou v lisu. Účelné by bolo porovnať hodnoty až do úrovne deštrukcie muriva, čo vzhľadom na vyššie uvedené obmedzenie možnosti prístroja flat-jack nebolo možné uskutočniť.

Záver

Každá z vyššie uvedených nedeštruktívnych metód má svoje výhody aj nevýhody. Výhodou tvrdomerných metód je ich jednoduchosť pri aplikácii, použitie v laboratórnych podmienkach a in situ, krátky čas skúšky, cenová výhodnosť. Na druhej strane ich nevýhodou je, že nie sú dané kalibračné závislosti pevností od ukazovateľov tvrdomerov, potreba veľa korekčných faktorov (vek, vlhkosť materiálu a pod.) a výsledky negarantujú 100 %-nú presnosť.

V prípade metódy FLAT JACK je veľkou výhodou, že nám umožňuje určiť pružno-pevnostné vlastnosti murovaných konštrukcií na ľubovoľnom mieste murovanej konštrukcie a nemusíme pracne vyrezávať vzorky a prenášať ich do laboratórií. Nevýhodou je vyššia cena a prácnosť pri vykonávaní tejto skúšky.

Význam nedeštruktívneho skúšobníctva bude postupne narastať nielen pri sanáciách budov, ale aj pri vstupných, medzioperačných a výstupných kontrolách kvality stavebných materiálov, prvkov a konštrukcií.

Literatúra

1. Gašparík, J.: „Non-destructive testing methods in building industry“, Universita di Brescia, 1992
2. Gašparík, R.: Uplatnenie nedeštruktívnych skúšobných metód pri kontrole kvality stavieb. Murované konštrukcie. Dizertačná práca. Stavebná fakulta STU Bratislava 2007
3. PROSEQ-Instruction manual, Zurich, 1993
4. RMU-TESTING EQUIPMENT „Flat jack“-Instruction manual, Bergamo, 1993

MOŽNOSTI POUŽITÍ HYDRAULICKÉHO BUDIČE KMITŮ SPOL. INSET PŘI DIAGNOSTICE, ZKOUŠENÍ A DLOUHODOBÉM SLEDOVÁNÍ STAVEB

Ing. Martin Krejcar, CSc.

INSET s.r.o., Novákových 6, 180 00 Praha 8
Tel. 602 281 114, e-mail: krejcar.martin@inset.com
Web: www.inset.com

Anotace:

Článek ukazuje možnosti využití hydraulického budiče kmitů společnosti INSET v systému diagnostiky, zkoušení a dlouhodobého sledování stavebních konstrukcí metodami stavební dynamiky. Kromě popisu vlastního zařízení jsou dále prezentovány i konkrétní příklady použití budiče.

1. Metody vyšetřování konstrukcí na základě jejich dynamické odezvy

Myšlenka na využití záznamu kmitání konstrukce či její části k analýze chování konstrukčního systému je velmi stará a byla rozvíjena již od první poloviny minulého století. Největšího uplatnění dosáhla ve strojírenství, kde zejména v posledních desetiletích jsou rozvíjeny špičkové aplikace především v leteckém a kosmickém výzkumu.

Ve stavebnictví je situace složitější, neboť vzhledem k charakteru konstrukcí a konstrukčních systémů nelze jen jednoduše převzít metody používané ve strojírenství. Výrazný rozvoj experimentální stavební dynamiky je možno v Čechách sledovat od poloviny minulého století a to v souvislosti s působením Prof. Ing. Dr. Vladimíra Kolouška, DrSc., na stavební fakultě ČVUT a později také jeho žáků tamtéž a na dalších pracovištích. Takzvaná „škola české stavební dynamiky“ patřila v minulém století až do poloviny devadesátých let k nejprogresivnějším proudům v oboru ve světě. Mimo jiné to bylo dáno i možností aplikovat povinně experimentální metody (na základě normových ustanovení) ve velmi širokém měřítku na realizované stavby (např. mosty, základy turbosoustrojí apod.).

Rozvoj metod stavební dynamiky šel několika hlavními proudy. Paralelně byly vyvíjeny teoretické, experimentální i teoreticko-experimentální metody.

První proud byl zaměřen primárně na analýzu dynamických charakteristik konstrukcí z hlediska jejich porovnání s parametry vynuceného kmitání buzeného provozním zatížením (např. vítr, stroje, doprava atd.). Zjednodušeně řečeno, u konstrukcí s potenciálně významnou dynamickou odezvou od působících časově proměnných zatížení je třeba posoudit úroveň této provozní odezvy a možnosti aktivace rezonačních jevů (dynamické posouzení objektu).

Druhý proud byl primárně zaměřen na identifikaci nosných systémů stavebních konstrukcí, tj. na určení charakteristik nosných konstrukcí pomocí dynamické odezvy. Charakteristikami přitom rozumíme obecně veličiny obsažené v pohybových rovnicích konstrukce (v elementech konečných prvků), tj. jde zejména o geometrické a materiálové charakteristiky a také o okrajové podmínky. Analýza dynamické odezvy zde tedy neslouží prvoplánově

k dynamickému posouzení konstrukce, ale ke zjištění a posouzení jejího stavebního („statického“) stavu včetně vad a poruch, k vyladění výpočtových modelů a následně k predikci stavu stavebního objektu do budoucna (jde o diagnostiku a zkoušení objektu).

Třetí proud byl zaměřen na dlouhodobé sledování konstrukcí z hlediska postupného vzniku poruch a z hlediska únavových jevů. Úloha dynamických měření na stavebních konstrukcích pro analýzu únavových jevů je všeobecně známa. Metody zachycující poruchy vznikající na konstrukci během provozu jsou založeny na skutečnosti, že jakákoliv významná změna geometrických a materiálových charakteristik, ale zejména okrajových podmínek, se velmi zřetelně odráží v odezvě nosného systému, a je tedy i dobře zachytitelná při teoreticko-experimentální analýze výsledků měření (jde o dlouhodobé sledování objektů). Paradoxně se zejména v poslední době ukazuje, že některé vizuálně kontrolované, běžnými metodami diagnostikované nebo teoreticky přepočítané konstrukce hodnocené jako „ve velmi špatném stavu“, jsou po použití dynamických teoreticko-experimentálních metod (viz předchozí dva odstavce) přehodnoceny jako omezeně nebo dokonce plně použitelné. Krátkodobé či dlouhodobé sledování potom slouží ke sledování vývoje stavu konstrukce do opravy v efektivním rozsahu či do ukončení provozu (v letech a např. do stavby náhradního nového objektu - mostu, turbozákladu apod.). Samozřejmě ideálním stavem je dlouhodobé preventivní sledování významných klíčových konstrukcí (např. v jaderné energetice, v dopravní infrastruktuře velkých měst apod.) již od okamžiku uvedení do provozu.

Důležitým faktorem pro úspěšnou analýzu dynamické odezvy konstrukce je charakter buzení, které tuto odezvu vyvolalo. Z hlediska časového průběhu rozlišujeme zásadně dva druhy buzení - deterministické a náhodné (stochastické, ambientní).

S deterministickým buzením se výjimečně setkáváme u některých konstrukcí i v provozním stavu, ale pro vybudění dynamické odezvy za účelem analýzy chování nosného systému je vhodné použít obecně pro všechny typy konstrukcí budič kmitů s přesně řízeným a měřeným průběhem buzení síly. Působí-li na konstrukci deterministické buzení, je i odezva deterministická, tj. známe-li v každém okamžiku parametry buzení, lze v každém okamžiku stanovit i teoretické parametry odezvy konstrukce a srovnat je s odezvou skutečně naměřenou. Celý tento postup se vyznačuje vysokou průhledností a přesností, což staví budič kmitů na nejvyšší pozici v pořadí zatěžovacích prostředků pro dynamickou analýzu konstrukcí.

Náhodnému buzení jsou vystaveny všechny stavební konstrukce, přičemž jejich odezva je obvykle výsledkem působení více vlivů (seismický neklid, vodní proud, vítr, chod strojně-technologických zařízení, přejezdy vozidel atd.). Je-li buzení náhodným procesem, je i odezva konstrukce náhodným procesem a nelze ji v každém okamžiku přesně matematicky popsat. Pro popis odezvy jsou v tomto případě používány parametry náhodného procesu, které jsou získávány zpracováním relativně dlouhých záznamů měření (podle typu náhodného procesu). Skutečnost, že konstrukce je hodnocena pouze na základě pravděpodobnostního statistického popisu odezvy, snižuje řádově vypovídací schopnost všech typů analýz prováděných tímto způsobem (včetně snížení rozlišovací úrovně pro rozeznání vznikajících poruch).

Z výše uvedeného vyplývá, že pro okamžité hodnocení stavu konstrukcí je nejlepší variantou užití budiče kmitů. Je-li nezbytné dlouhodobé sledování, pak je vhodné provádět buď

jen opakovaná dynamická měření s budičem kmitů, nebo v případě požadavku na kontinuální sledování kombinovat tato měření s měřením náhodné odezvy na omezené soustavě snímačů v mezidobí. Měření ambientní odezvy lze užít jako podklad orientačně či není-li jiná možnost.

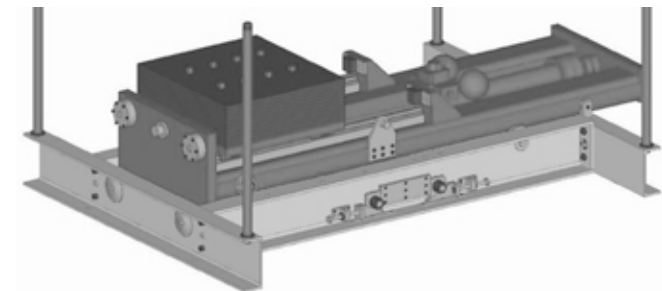
2. Hydraulický budič kmitů společnosti INSET

Hydraulický budič společnosti INSET byl vyvinut v letech 2004 až 2005. Na počátku prací byla zpracována studie, ve které byly zváženy přednosti a nedostatky nejčastěji užívaných typů budičů, tj. budičů rotačních, elektromagnetických a hydraulických. Hodnoceny byly zejména různé možnosti a varianty konstrukčního uspořádání zařízení, parametrů buzení, způsobů manipulace se zařízením a instalace na konstrukce, ale také aspekty ekonomické ve fázi výroby i užití atd. Z těchto úvah vyšla vítězně varianta hydraulického budiče. Vývojové, projekční a realizační práce provedl technický úsek společnosti INSET, hydraulická část byla součástí subdodávky odborné firmy. První zkušební nasazení budiče na konkrétní konstrukci proběhlo v červnu 2005, v plném operačním provozu je budič od roku 2006.

Celé zřízení se skládá z několika částí (viz foto 1). Jedná se o řídicí jednotku (vlevo), budič s roznásecím rámem (uprostřed) a hydraulický agregát s chladicí jednotkou (za sebou vpravo).



Foto 1: hydraulický budič společnosti INSET (ve svislé poloze) s příslušenstvím



Obrázek 1: hydraulický budič společnosti INSET (zelená část - ve vodorovné poloze)

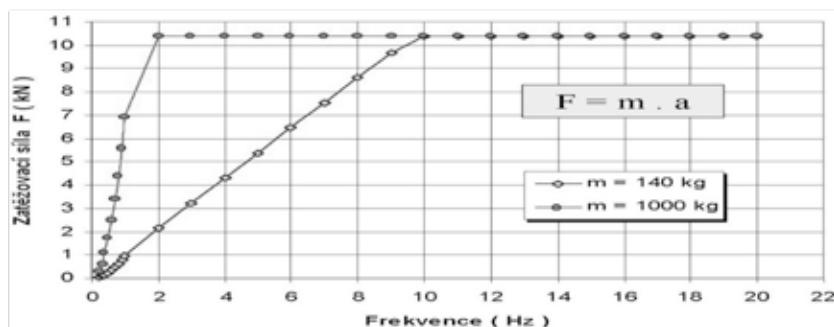
Základ budiče tvoří hydromotor AH 10-350, zdrojem tlakového oleje je agregát HU 25 se vzduchovým chlazením. Vlastní rám budiče je svařen z ocelových čtvercových tenkostěnných uzavřených profilů a z plechů. Hydromotor je v rámu uchycen pomocí dvojice kloubů JB 25. Kloub u patní příruby je umístěn na rámu, kloub u pístnice je spojen s posuvnou unášecí deskou závaží. Unášecí deska slouží k upevnění závaží a současně umožňuje jeho pohyb. Za tímto účelem je uložena v lineárním vedení. Rám budiče je opatřen elastomerymi dorazy, jejichž úkolem je zabránit poškození budiče po následném nárazu desky v případě chybné obsluhy. Přední čelo rámu je opatřeno montážními otvory pro uchycení čtyř siloměrů, z nichž všechny jsou využívány pro svislé buzení a pouze dva pro buzení vodorovné.

Řídicí elektronika budiče EU 2000D-1 je vybavena SW LabExpert s „Univerzální zkouškou“, což umožňuje realizaci periodického, blokového a stochastického zatěžování (náhodného buzení). Regulace je číslicová a probíhá podle jedné ze tří veličin určených pro regulaci, přičemž je dána možnost další korekce pomocnou řídicí veličinou.

Velikost amplitudy budicí síly (F) závisí na zvolené hmotnosti závaží (m_z) a na hodnotě zrychlení kmitání (a) nastavené u hydromotoru. Základní a také nejmenší hmotou, kterou hydromotor při buzení pohybuje, je unášecí deska (m_u). K desce jsou dle potřeby přidávány další ocelové pláty, které tvoří vlastní závaží (m_z). Celkovou hmotnost, kterou je nutno započítat při stanovení budicí síly, tvoří tedy v součtu hmotnost unášecí desky a hmotnost závaží ($m = m_u + m_z$). Budič je dimenzován pro maximální hmotnost závaží 1000 kg.

Velkou předností popisovaného budiče je možnost plynulé změny zdvihu hydromotoru, čímž lze spojitě měnit hodnotu zrychlení v závislosti na aktuální budicí frekvenci. Tento proces má jediné omezení zdola, tj. pro každou konkrétní hmotnost závaží existuje prahová hodnota frekvence, od které lze plynule měnit zdvih hydromotoru. Tímto způsobem je možno od určité hranice udržovat budicí sílu na konstantní hodnotě.

Teoretická hodnota amplitudy budicí síly budiče se stanoví ze vzorce: $F = m \cdot a$. Velikost amplitudy budicí síly v závislosti na budicí frekvenci pro velmi malou a maximální hmotnost závaží je zřejmá z obrázku 2.



Obrázek 2: příklad zatěžovacího diagramu hydraulického budiče kmitů pro 2 vybrané režimy

Frekvenční rozsah budiče činí 0,2 - 100,0 Hz. Z tohoto hlediska je vhodný jak pro konstrukce s velmi nízkými prvními vlastními frekvencemi (mosty, výškové stavby, ...), tak i pro konstrukce zatěžované např. strojními technologiemi (základy točivých strojů apod.).

Přenos silového působení z budiče do zatěžované konstrukce a změny směru působení budicí síly zajišťuje roznášecí (kotevní) rám, jehož základem je dvojice podélných a dvojice příčných U profilů. Změnu směru budicí síly (přestavení z vodorovného do svislého směru a naopak) lze provést pomocí dvou zdvihacích konzol. Konzoly jsou opatřeny hydraulickými válci s lineárním vedením umožňujícími požadovaný zdvih nutný pro přestavbu (viz foto 2).



Foto 2: přestavení hydraulického budiče ze svislé polohy do vodorovné

K usazení budiče do roznášecího rámu ve svislém směru slouží roznášecí deska umožňující instalaci siloměrů a správné navedení budiče. Roznášecí deska je opatřena stavitelným mechanismem změny polohy, jehož úkolem je zajistit svislý směr dynamické síly, a tím eliminovat případnou tangenciální složku této síly vůči roznášecímu rámu.

V případě horizontálního buzení je rám budiče spojen s roznášecím rámem přes dvojici siloměrů v předním příčném U profilu. K eliminaci klopného momentu, který vznikne působením horizontální dynamické síly na rameni daném vzdáleností těžiště pohybujícího se závaží a osy hydromotoru, slouží dvojice úchytných přenašečů pouze svislou složku reakce vznikající mezi rámem budiče a roznášecím rámem v místě zadního příčného U profilu.

Následný přenos budicí síly z roznášecího rámu do buzené stavební konstrukce je řešen dvěma způsoby - kontaktní metodou nebo kotvením. V první variantě je sestava volně uložena na konstrukci a k přenosu dochází pouhým dotykem. Použití této metody je při svislém buzení omezeno velikostí budicí síly a hmotností celé sestavy, neboť vlastní tíha sestavy musí s dostatečnou bezpečnostní rezervou převyšovat vybuzenou dynamickou sílu. U vodorovného buzení je přenos realizován třením v kontaktní ploše, případně jsou předvrtány jen mělké otvory (do max. 40 mm) pro přenos smyku. Přenos budicí síly z budiče do nosné konstrukce kontaktní metodou je osvědčen mnohaletou praxí na silničních mostech, kde není možno porušit souvrství vozovky a izolace zapuštěním masivních kotevních prvků. Jedinou nevýhodou této metody je určitá ztráta přenášené energie (skutečná budicí síla působící na konstrukci je nižší oproti teoretické hodnotě pro aktuální režim budiče), k žádné další ztrátě kvality buzení či k nežádoucím zkreslením odezvy však nedochází. Druhou variantou uchycení sestavy na konstrukci představuje ukotvení. Za tímto účelem jsou v obou čelních profilech roznášecího rámu předvrtány dvojice otvorů pro kotevní prvky. Kromě toho jsou užívány i speciální paždíky pro kotvení kdekoliv po obvodu rámu (např. při kolizi děr rámu s výztuží).

3. Příklady použití hydraulického budiče kmitů v praxi

Za dva roky provozu budiče již byla s jeho pomocí vyzkoušena řada stavebních konstrukcí. Jednalo se zejména o mosty, lávky, základy točivých strojů, blokové základy, průmyslové a pozemní objekty atd. Pro ilustraci uvádíme jen několik příkladů.

Na foto 3 je ocelový příhradový most, při jehož výstavbě byly zjištěny opakovaně nedostatky ve kvalifikačních předpokladech svářečů. Investor proto požadoval provedení dynamické zatěžovací zkoušky před uvedením do provozu (foto 4) a následně po 5 letech před uplynutím záruční lhůty pro ověření bezporuchového stavu nosného systému (plán).



foto 3 a 4

Příkladem jedné z dlouhodobě sledovaných konstrukcí ve špatném stavu je obloukový most na foto 5. Práce zde byly zahájeny vizuální prohlídkou, následovala podrobná diagnostika, statické i dynamické zatěžovací zkoušky (foto 6) a osazení snímačů pro dlouhodobé sledování. Konstrukce je t.č. sledována cca 1 rok. Obdobné systémy provozuje společnost INSET v současnosti na celkem 4 mostech v ČR a další aplikace jsou v plné přípravě.



foto 5 a 6

Z inženýrských konstrukcí lze uvést aplikaci na rekonstruovaném turbozákladu, kde byly prověřovány jeho dynamické charakteristiky před rekonstrukcí zasahující významně nosný systém a po rekonstrukci pro ověření nových dynamických charakteristik a úspěšnosti zásahu.

Budič byl užít i u průmyslové haly tkalcovny, kde ve 2. NP byla plánována změna ze skladu na tkalcovnu. Po vyladění uložení strojů dle charakteristik stropu byl i tento zásah úspěšný.

České vysoké učení technické v Praze
ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007

*Sborník příspěvků z Konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007
Masarykova kolej ČVUT V Praze 26. – 27. 9. 2007*

Editoři:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.

Ing. Petr Tůma, Ph. D.

Náklad:

300 ks

rok vydání:

2007

Kontaktní adresa:

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-01-03794-2



ČVUT V PRAZE KLOKNERŮV ÚSTAV

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Ředitel: Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.

Tel.: +420 224 353 529 Fax: +420 224 310 736

<http://web.cvut.cz/ki>

zajišťuje služby pro stavebnictví, strojírenství a energetiku

- > zjišťování vlastností hmot a konstrukcí
- > zatěžovací zkoušky statické a dynamické
- > posuzování stavebních prvků a konstrukcí
- > problematika zakládání staveb
- > speciální výpočty stavebních konstrukcí
- > zjišťování stavu a predikce životnosti staveb
- > diagnostika konstrukcí a staveb
- > návrhy sanací a rekonstrukcí staveb
- > vývoj a výroba speciálních měřidel
- > konzultace zásad navrhování podle Eurokódů

AKREDITOVANÁ LABORATOŘ Č. 1061:

Vedoucí: Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Tel. a fax: +420 224 353 530

České vysoké učení technické v Praze
ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007

*Sborník příspěvků z Konference ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2007
Masarykova kolej ČVUT V Praze 26. – 27. 9. 2007*

Editoři:

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.

Ing. Petr Tůma, Ph. D.

Náklad:

300 ks

rok vydání:

2007

Kontaktní adresa:

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-01-03794-2



ČVUT V PRAZE KLOKNERŮV ÚSTAV

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Ředitel: Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.

Tel.: +420 224 353 529 Fax: +420 224 310 736

<http://web.cvut.cz/ki>

zajišťuje služby pro stavebnictví, strojírenství a energetiku

- > zjišťování vlastností hmot a konstrukcí
- > zatěžovací zkoušky statické a dynamické
- > posuzování stavebních prvků a konstrukcí
- > problematika zakládání staveb
- > speciální výpočty stavebních konstrukcí
- > zjišťování stavu a predikce životnosti staveb
- > diagnostika konstrukcí a staveb
- > návrhy sanací a rekonstrukcí staveb
- > vývoj a výroba speciálních měřidel
- > konzultace zásad navrhování podle Eurokódů

AKREDITOVANÁ LABORATOŘ Č. 1061:

Vedoucí: Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Tel. a fax: +420 224 353 530



specializovaná stavební laboratoř **HORSKÝ S.R.O.**

Zabýváme se betonem od A do Z

Zkoušení vstupních surovin

- zkoušky kameniva
- zkoušky cementu
- zkoušky přísad do betonu

Zkoušení čerstvého betonu

Zkoušení ztvrdlého betonu

- všechny běžné zkoušky
- speciální zkoušky
 - měření spacing faktoru
 - měření objemových změn betonu vlivem teploty, vlhkosti, zrání a.p.

Technologie betonu

- návrhy receptur a provádění průkazních zkoušek betonu
- úpravy receptur betonu pro betónář náročných prvků

Diagnostika betonových konstrukcí a návrhy způsobů sanace

Vývoj a zkoušení speciálních sanačních hmot na beton

Zkoušky materiálů pro ochranu betonu

www.horsky.cz



Přístrojovou techniku pro zkoušení stavebních materiálů – kamenivo, betony, cementy, malty, výztuž, zeminy a asfalty - podle norem EN:

síta, velkokapacitní síťové třídiče a prosévačky, kvartovače soupravy pro stanovení konzistence betonu s Abramsovým kuželem přístroje pro stanovení obsahu vzduchu v čerstvém betonu formy na vzorky - plastové, ocelové, litinové přípravky pro moduly pružnosti, příčný tah, ohyb měřiče délkových změn, dilatometry, odtrhoměry měřiče stavu betonové konstrukce krytí výztuže, měření trhlin stolice pro měření nasákavosti betonu zkušební lisy, lámačky a trhačky, tvrdoměry Vicatův přístroj, Marshův viskozimetr stanovení meze tekutosti zemin pomocí kuželíku soupravy pro stanovení ekvivalentu písku přístroje a formy Proctor, CBR hydrostatické váhy míchačky, sušárny a další...



dodává



JIP-TECH Ing. Jiří Pokorný, U silnice 35, 161 00 Praha 6
TEL.: 296400883, 603522886 FAX: 296400883
e-mail: jiptech@comp.cz www.jip-tech.cz



Chorobně čtivé odborné čtení.

Výhradní zástupce firmy



Laboratorní mlýnky

Kulové mlýny
Řezací mlýny
Hmoždířový mlýnek
Kotoučový mlýn
Mlýn na zeminy



Laboratorní drtiče

Čelistový drtič
Diskový mlýn



Prosévačky

Se širokou nabídkou sítí různých průměrů a velikostí ok.

Laserové měření velikosti částic **LASER PARTICLE SIZER**



Srdečně Vás zveme k návštěvě našeho stánku
č.110 v pavilonu Z na MSV v Brně ve dnech 1-5.10 2007 .

www.ilabo.cz

ILABO spol. s.r.o.
Boršovská 2591
697 01 Kyjov

Tel/fax: 518 620 471, ilabo@ilabo.cz

MATERIÁLY PRO STAVBU

Nejsnazší cesta k časopisu MATERIÁLY PRO STAVBU je předplatné

Cena jednoho výtisku časopisu je 85 Kč. Předplatíte-li si časopis na jeden rok, zaplatíte za každý výtisk 68 Kč, tedy o 20 % méně. Studenti, po předložení potvrzení o studiu, získávají 40% slevu na roční předplatné časopisu MATERIÁLY PRO STAVBU.



Internetovou prezentaci časopisu Materiály pro stavbu najdete na adrese: www.imaterialy.cz.

Články jsou prezentovány s určitým zpožděním oproti tištěné podobě, forma prezentace je totožná jako v tisku. Přístup není zpoplatněn. Kromě časopisu najde čtenář na stránkách Téma – buď rozsáhlý článek, nebo více kratších článků vztahujících se k určitému tématu.

Vydává
Springer Media CZ, s.r.o.
Nádražní 32, 150 00 Praha 5
Tel: 225 351 133



MTH Hrazdil, s.r.o.
Novolíšeňská 26
628 00 Brno

tel./fax: +420 544 210 969
e-mail: mth-hrazdil@volny.cz
www.mth-hrazdil.cz

METALOGRAFICKÉ PŘÍSTROJE



ŘEZÁNÍ - BROUŠENÍ - LEŠTĚNÍ

MIKRON 110 - precizní přesná pila

KOMPAKT + APX - automatický přístroj na broušení a leštění

Přístroje jsou určeny na přípravu povrchů, před pozorováním mikrostruktury na mikroskopu.



TDS Brno – SMS, s.r.o.

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Morava, Česká republika (CZ)

J Člen AIO, TDS, CWS ANB (člen EWF, IIW a IAB) /

J Member of AIO, TDS, CWS ANB (member of EWF, IIW and IAB) /

Technická, školící, zkušební, certifikační a inspekční činnost

Technical, training, testing, certification and inspection activity

Zkušební orgán, Certifikační orgán, Inspekční orgán

Testing Body, Certification Body, Inspection Body

Certifikace a inspekce, posuzování shody

V Brně 01.07. 2007

- ❖ **Certifikační orgán pro výrobky dle ČSN EN 45 011** – strojní, tlakové (plynové), zdvihací a stavební výrobky.
- ❖ **Certifikační orgán pro certifikaci výrobků dle ČSN EN 45 011 - certifikace procesu svařování dle norem ČSN EN ISO 3834-1 až 5 (bývalá ČSN EN 729 – jakost při svařování) a ČSN EN ISO 14 554-1 a 2 - požadavky na jakost při odporovém svařování a souvisejících procesech (systémy řízení výroby).**
(v rámci CWS ANB – možnost i certifikace EWF „CC – Company Certification“ výrobců svařovaných výrobků, kteří používají související technologické procesy).
- ❖ **Inspekční orgán typu „A“ dle ČSN EN ISO 17 020**, za účelem posouzení shody při výrobě tlakových nádob a tlakových zařízení (včetně plynových), kovových konstrukcí stavebních výrobků, konstrukcí strojních i zdvihacích zařízení, prověřování způsobilosti výrobních organizací pro výrobu a montáž kovových konstrukcí výrobků a schvalování postupů svařování a pájení kovových materiálů.
- ❖ **Certifikační orgán pro systémy managementu jakosti a systémy řízení výroby – dle ISO 9001 (dle ČSN EN ISO 17 021)**, pro výrobu konstrukcí (stavebních, strojních, zdvihacích), tlakových (plynových) zařízení, výrobu a opravy strojů i technických zařízení, výrobu montovaných staveb, výrobu karoserií a dílů pro motorová vozidla a opravy železničních a tramvajových lokomotiv a vozového parku, stavebnictví a pro velkoobchod.
- ❖ **Certifikační orgán pro personál (v rámci CWS ANB) dle ČSN EN ISO 17 024**
 - odborná způsobilost svářečů, svářečských operátorů, páječů, evropských svářečů (EW), evropských praktiků (instruktorů, učitelů) – EWP, evropských (mezinárodních) svářečských inspektorů (EWI/IWI)
 - odborná způsobilost výrobního kontrolora – „V-K“ a svářečského kontrolora - „W-K“ (vizuální a makroskopická kontrola, zkoušení kapilární metodou, zkoušení těsnosti), manažer a auditor systému managementu jakosti, bezpečnostní technik, technický inspektor – dle akreditace MŠMT, event. v rámci certifikačního systému TDS Brno – SMS a CWS ANB.
- ❖ **Autorizovaný orgán (v rámci CWS – ANB) dle nařízení vlády č. 26/2003 Sb. (PED 97/23/EC), kterým se stanoví technické požadavky na tlaková zařízení**, pro rozsah činnosti – odsouhlasení pracovních postupů a pracovníků pro provádění nerozebíratelných spojů konstrukčních dílů u tlakových zařízení kategorií II, III, IV, stanovených k posuzování shody (oblast plynárenství, chemie, energetiky, strojírenství i stavebnictví).
- ❖ **Posouzení dokumentace a konzultace pro implementaci systémů managementu jakosti a systému řízení jakosti výroby dle ČSN EN ISO 9001 : 2001, systémů environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14 001 : 1997 a systémů managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dle OHSAS 18 001, včetně zajištění provedení certifikace těchto systémů dle výše uvedených norem.**
- ❖ **Posouzení shody dokumentace elektrických zařízení a dokumentace výrobků z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility** u dokumentace strojních, plynových, tlakových, zdvihacích zařízení a stavebních výrobků (dle právně-technických předpisů a norem).
- ❖ **Znalecké posudky, technické posudky, expertízy** porušených a havarovaných výrobků (dle ČSN EN ISO 17 020, technických právních předpisů a norem aj.).
- ❖ **Přejímky výrobků (kontrola, zkoušení)** – stavebních, strojních konstrukcí i technologických a technických zařízení (plynových, tlakových, zdvihacích, strojních, stavebních, chemických i energetických) dle ČSN EN ISO 17 020 aj. ČSN, EN, ISO.

Roční předplatné 240 Kč (360 SK)

podlahy a interiéry

Cena 42 Kč / 66 Sk

**Pravidelné přílohy
Materiály, ceny, kontakty
a Vše pro firmu**

**Dvuměsíčník
pro odborníky
a jejich zákazníky**

**Zaměření na tematiku
bytových
i komerčních
interiérů
s důrazem
na obor podlah**

**Rubriky
Trendy a novinky
Materiály
Povrchová úprava
Stavební chemie
Údržba aj.**

www.az-podlahy.cz

Vydává:

**Vydavatelství LENNY s.r.o.
Vlastina 23, 161 00 Praha 6
tel., fax: 296 400 903
mobil: 777 302 591-2
e-mail: lenny@d.cz**

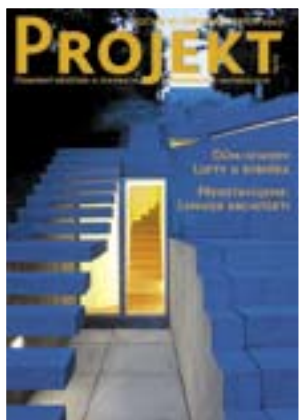
Foto Twills

Adresa : TDS Brno – SMS, s.r.o. Mariánské nám. 617/1 617 00 BRNO	Tel. / fax / záznam : 545 129 470 Telefon : 545 129 471, 225, 207 E - mail : info@tdsbrnosms.cz Internet : www.tdsbrnosms.cz	IČ : 26962969 DIC : CZ 26962969	Bankovní spojení : ČS, a.s. Brno č. účtu : 000000 – 2052325359/0800 Registrace u Krajského soudu v Brně v OR v oddílu C, vložce č. 48253
--	---	--	---

TECHNICKÉ DOZOROVÉ SYSTÉMY - SPECIÁLNÍ MANAŽERSKÉ SYSTÉMY • TECHNICAL INSPECTION SYSTEMS - SPECIAL MANAGEMENT SYSTEMS

PROJEKT

Odborný měsíčník
o stavbách
interiérech a
materiálech



Časopis **PROJEKT**
je nezbytným
průvodcem každého
profesionála v oboru
stavebnictví

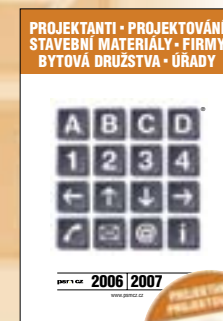
www.mf.cz/projekt

PREZENTACE STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

- pořadatel odborných seminářů pro členy ČKAIT v rámci celoživotního vzdělávání
- odborné semináře a firemní dny v České republice a ve Slovenské republice ve spolupráci se SKSI, SZSI, SZPS
- osobní kontakt s projektanty, architekty, ale i další odbornou veřejností
- spolupráce s ČKAIT, ČSSI a Svazem podnikatelů ve stavebnictví v ČR

NEJÚČINNĚJŠÍ FORMA MARKETINGOVÉ KOMUNIKACE

- vydavatel časopisu **PSM – STAVEBNÍ INFOZPRAVODAJ**
- vydavatel **STAVEBNÍHO KATALOGU LOG** firem na českém trhu
- vydavatel publikace **PROJEKTANTI – PROJEKTOVÁNÍ**



psm cz

PSM CZ, s.r.o.
Veřříkova 10, 160 00 Praha 6
tel. +420 242 486 976
fax +420 242 486 979
info@psmcz.cz
www.psmcz.cz

Zastoupení Brno:
PSM CZ, s.r.o.
Cejl 20, 602 00 Brno
tel. +420 545 117 433
fax +420 545 117 434
info.brno@psmcz.cz, www.psmcz.cz

INZERCE – TEL. 225 276 320

PŘEDPLATNÉ – TEL. 800 104 410

www.psmcz.cz

ŠKODAEXPORT, a. s.

je engineeringová exportně zaměřená firma s více než čtyřicetiletou tradicí na světových trzích, schopná zajistit dodávky investičních celků dle požadavků zákazníků vč. EPC (Engineering, Procurement, Construction).

Naše reference, zkušenosti a zejména současné aktivity, zaměřené do oblasti energetického průmyslu, který v současnosti patří k nejdynamičtěji se rozvíjícím odvětvím v celosvětovém měřítku nabízejí možnosti profesního i osobního rozvoje kvalifikovaným zájemcům o zajímavé a perspektivní zaměstnání zejména na následujících pozicích:

- Projektant strojní
- Projektant elektro
- Projektant stavební

Předpokládáme odpovídající technické vzdělání, jazykové znalosti (AJ nebo ŠJ) a ochotu cestovat, případně pracovat v zahraničí

KONTAKT:

ŠKODAEXPORT, a.s.

Opletalova 41

113 32 PRAHA 1

Tel.: 221 00 47 25

e-mail: herzeru@skodaexport.cz



POTÁPĚČSKÁ STANICE V.O.S.

Potápěčská stanice v.o.s. vznikla jako první soukromá potápěčská firma v lednu roku 1990, kdy její zakladatel a současný ředitel Petr Andrt začal poskytovat profesionální potápěčské práce především v oblasti povodí Ohře. Povodí Ohře, státní podnik, je dodnes naším největším a spolehlivým obchodním partnerem. V roce 1995 se firma rozšířila o Potápěčskou stanici Vltava s téměř historickou - čtyřicetiletou tradicí, čímž jsme se stali potápěčskou firmou s nejdelší působností v Čechách a odpovídajícími zkušenostmi. Tím jsme převzali péči o objekty Povodí Vltavy (Vltavská Kaskáda, Vltavská vodní cesta). Počátkem roku 2003 jsme odkoupili obchodní podíly Potápěčské stanice Morava s.r.o. a převzali její závazky.

- Poradenská služba
- Práce stavebního charakteru
- Práce strojního charakteru
- Práce záchrannářského charakteru
- Video a fotodokumentace
- Výuka profesních potápěčů
- Pohotovostní služba

Tato 24 hodinová služba je tu pro případ havárií. Během pracovní doby vyjedeme k havárii do šedesáti minut, jinak do tří hodin. Stálí zákazníci mají přednost. Můžete se kdykoliv obrátit na jeden z těchto mobilních telefonů:

602 441 679 - ředitel v.o.s. Petr Andrt
602 357 180 - hlavní potápěč
602 427 441 - vedoucí střediska Vltava
606 614 494 - vedoucí střediska Ohře
602 460 910 - vedoucí střediska Morava

Během pracovní doby:
474 625 207 telefon
474 686 959 fax



Bezručova 4219, 430 03 Chomutov
E-mail: dive@psvos.cz, www.psvos.cz
Telefon: 474 625 207, Fax: 474 686 959
Petr ANDRT (ředitel v.o.s.): 602 441 679
Miloslav HATÁK (hlavní potápěč): 602 357 180
Robert ZSUZSA (vedoucí střediska Ohře): 606 614 494



