

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008

Sborník příspěvků z konference
ZKOUŠENÍ A JAKOST
VE STAVEBNICTVÍ 2008

www.zkouseniajakost.cz

Masarykova kolej ČVUT v Praze
20. – 21. 10. 2008

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008

Sborník příspěvků z Konference

ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008

Masarykova kolej ČVUT v Praze 20. - 21. 10. 2008

Vydavatel:

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT

Editori:

Doc Ing. Jiří Dohnálek, CSc.

Ing. Petr Tůma, Ph. D.

Sazba a tisk:

All design graphics s.r.o. – www.alldesign.cz

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-01-04123-9

OBSAH

STANOVENÍ VLHKOSTI BETONU V KONSTRUKCÍCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN	7
Ing. Ondřej Anton, Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.	
VLIV VLOŽENÝCH OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA VELIKOST ELEKTRO-OSMOTICKÉHO TOKU	18
Ing. Lukáš Balík, Ph.D., Ing. Michaela Dudíková	
ZJIŠŤOVÁNÍ TRANSPORTNÍCH VLASTNOSTÍ POVRCHOVÝCHVRSTEV BETONU POMOCÍ METODY MĚŘENÍ POČÁTEČNÍ POVRCHOVÉ NASÁKAVOSTI	23
Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D., Ing. Sylva Modrý, DrSc.	
NAMÁHÁNÍ HYDROIZOLAČNÍHO SOUVRSTVÍ SMYKOVÝMI SILAMI	27
Ing. Milan Hrabánek, Ph.D., Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D., Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.	
TNK 65 IZOLACE STAVEB – NOVINKY A ZMĚNY EVROPSKÝCH NOREM	37
Ing. Zdeněk Plecháč Ing. Milan Myška, Ph.D.	
MĚŘENÍ DIFÚZNÍ PROPUSTNOSTI BETONU S APLIKOVANOU KRYSTALIZAČNÍ HYDROIZOLACÍ	49
Ing. Jiří Pazderka, Ph.D., Doc. Ing. Eva Burgetová, CSc., Dipl.-Ing. Dr.techn. Clemens Hecht 2	
KONTROLA KVALITY NAVRHOVANIA A ZHOTOVOVANIA PODZEMNÝCH GARÁŽÍ	55
prof. Ing. Juraj Bilčík, CSc.	
ZKOUŠENÍ MRAZUVZDORNOSTI BETONU	63
Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc., Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc., Ing. Petr Tůma, CSc. Ing. Jiří Kolísko, CSc., Ing. Jan Hromádka	
JAKOST STAVBY Z POHLEDU STAVEBNÍKA	75
Ing. Ladislav Bukovský	

JAKOST PROVEDENÍ A SPOLEHLIVOST ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ	81	METODY MĚŘENÍ OBJEMOVÝCH ZMĚN BETONU VE FÁZI TUHNUTÍ A TVRDNUTÍ	173
Prof.Ing. Milan Holický, DrSc.		Ing. Barbara Kucharczyková, Mgr. Iveta Plšková, Ph.D., Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc.	
HODNOCENÍ KVALITY POVRCHOVÝCH ÚPRAV VE STAVEBNICTVÍ	87	VLIV PŘÍDAVKU DRUHOTNÝCH SUROVIN PŘIDÁVANÝCH PŘI VÝROBĚ SINTROVANÝCH PRVKŮ NA JEJICH VÝSLEDNÉ VLASTNOSTI	179
Ing. Jaroslava Benešová, Ing. Hana Geiplová		Ing. Tomáš Melichar, Doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.	
PROKAZOVÁNÍ JAKOSTI (KVALITY) VÝROBKŮ	99	POSUZOVÁNÍ CHARAKTERISTICKÉ PEVNOSTI BETONU V TLAKU V KONSTRUKCI	187
Ing. Dr. Vladimír Kudělka		Ing. Petr Misák, Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D., Ing. Lubomír Vítek, Pavel Ulrich	
HODNOCENÍ ZKOUŠEK MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ S VYUŽITÍM BAYESOVSKÝCH POSTUPŮ	115	VLIV STRUKTURY BETONU NA HODNOTY ZRYCHLENÉ ZKOUŠKY DIFÚZE CO₂	203
Prof. Ing. Milan Holický, Ph.D., DrSc., Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D.		Mgr. Iveta Plšková, Ph.D., Ing. Vlasta Juránková, CSc., prof. Ing. Jiří Adámek, CSc.	
MEDZILABORATÓRNE POROVNÁVANIA V PONÍMANÍ BENCHMARKINGU RIADENÉHO ZÁKAZNÍKOM	121	VODOU ŘEDITELNÉ EPOXIDOVÉ DISPERZE A JEJICH VLIV NA PEVNOST POLYMERCEMENTOVÝCH MALT	207
Katarína Zgútová, Dr. Ing.		Ing. Michal Stehlík, Ph.D., Ing. Jan Koukal, CSc.	
OVĚŘENÍ POUŽITÍ TVRDOMĚRU PROCEQ PRO ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE	127	SILIKONOVÉ A NESILIKONOVÉ HYDROFOBIZAČNÍ PROSTŘEDKY K OCHRANĚ BETONU	213
Ing. Jaroslav Čambula, Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc.		Ing. Kateřina Zetková, Ing. Igor Ferenčík	
PERSPEKTIVY ROZVOJE RADIOGRAFIE VE STAVEBNICTVÍ	135	DIAGNOSTIKA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ V ČR	219
Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.		Kolektiv autorů	
VLIV ZOKUJENÍ NA KOROZNÍ ODOLNOST KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ VE ZKARBONATOVANÉM A CHLORIDY KONTAMINOVANÉM BETONU	147	VYUŽITÍ TECHNOLOGIE LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ VE STAVEBNICTVÍ	225
Milan Kouřil, Pavel Novák, Martin Bojko		Ing. Ivo Kohoušek	
KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANA VE STAVEBNICTVÍ	157	DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM KONSTRUKCÍ	229
Ing. Kateřina Kreislová, Ing. Hana Geiplová		Ing. Jan Pavlica, Ing. Petr Komanec, Ing. Tomáš Míčka	
POROVNÁNÍ STATICKÝCH A DYNAMICKÝCH MODULŮ PRUŽNOSTI BETONU	167	STYČNÍKOVÉ DESKY S PROLISOVANÝMI TRNY	243
Ing. Petr Cíkrle, Ph.D.		Václav Kučera TZÚS Praha	
		POHLEDOVÝ BETON – KVALITA POVRCHU	249
		Ing. Vítězslav Vacek, CSc.	

ODPOROVÁ TENZOMETRIE JAKO NÁSTROJ PRO MĚŘENÍ DEFORMAČNÍCH VLASTNOSTÍ BETONOVÝCH PRVKŮ A KONSTRUKČNÍCH ŽELEZOBETONOVÝCH DÍLCŮ	253
Ing. Petr Daněk, Ph.D., Ing. Petr Žítt, Ing. Barbara Kucharczyková	
METODY STANOVENÍ PEVNOSTÍ V TAHU LEHKÝCH BETONŮ	259
Ing. Barbara Kucharczyková, Ing. Petr Daněk, Ph.D., Ing. Petr Žítt	
MĚŘENÍ ODCHYLEK MÍSTNÍ NEROVNOSTI POVRCHU PODLE ČSN 74 4505	267

STANOVENÍ VLHKOSTI BETONU V KONSTRUKCÍCH JADERNÝCH ELEKTRÁREN

Ing. Ondřej Anton (1)
Ing. Věra Heřmánková, Ph.D.(2)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, tel. +420 541 147 823, e-mail: anton.o@fce.vutbr.cz

(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, tel. +420 541 147 817, e-mail: hermanikova.v@fce.vutbr.cz

Anotace

Nepřiměřená vlhkost do značné míry ovlivňuje vlastnosti stavebních materiálů. V případě jaderných elektráren se můžeme setkat s vlhkostí betonových konstrukcí, tvořících stínění nádoby jaderného reaktoru. Masivní výskyt vody v tomto betonu by se mohl stát zdrojem značných komplikací. Mimo jiné by mohl být zdrojem koroze ocelových plechů, kryjících povrch betonového stínění. V případě potvrzení zvýšeného výskytu vody ve stínění je podstatné rovněž stanovení, zda se jedná pouze o vodu, a nebo o kyselinu boritou, jejíž výskyt by mohl signalizovat průsak z bazénů s vyhořelým palivem. Pro experiment simulující zjištění vlhkosti v těchto konstrukcích, byla jako stěžejní zvolena radiometrická metoda. Současně byly jako srovnávací využity kapacitní metoda a metoda ultrazvuková. Pro upřesnění byly vlhkosti ověřeny gravimetricky.

1. Úvod

Stavební materiály se v praxi nevyskytují v suchém stavu, vždy obsahují určitou vlhkost. Nepřiměřená vlhkost však do značné míry ovlivňuje tepelně-technické, fyzikální, statické, estetické vlastnosti stavebních materiálů a může mít často za následek znehodnocení stavebního materiálu či stavební konstrukce. V případě jaderných elektráren se můžeme setkat s vlhkostí betonových konstrukcí, tvořících stínění nádoby jaderného reaktoru. Masivní výskyt vody v tomto betonu by se mohl stát zdrojem značných komplikací. Mimo jiné by mohl být zdrojem koroze tzv. oblicovky, tedy ocelových plechů, kryjících povrch betonového stínění. V případě, že by byl potvrzen zvýšený výskyt vody ve stínění, pro vyhodnocení závažnosti situace by bylo podstatné rovněž stanovení, zda se jedná pouze o vodu, a nebo o kyselinu boritou, jejíž výskyt by mohl signalizovat průsak z bazénů s vyhořelým palivem, zde by šlo o situaci nesrovnatelně závažnější.

Mezi významné metody, které se dají využívat jak v laboratořích tak na stavbách, patří radiometrická metoda. Tato metoda je založena na principu moderace rychlých neutronů převážně atomy vodíku. Ve vlhkém prostředí jsou rychlé neutrony postupně zpomalovány srážkami s vodíkovými jádry. Jedná se o pružnou srážku dvou částic, kdy energie neutronu po srážce je pouze 37 % energie před srážkou.

Měření vlhkosti může být nepřesné u materiálů, které obsahují vázanou vodu nebo u prvků, které pohlcují pomalé neutrony.

Podle geometrického uspořádání zářiče a detektoru rozlišujeme radiometrické soupravy hloubkové, povrchové a kombinované.

2. Plán experimentu

Prováděný experiment měl ověřit možnost měření vlhkosti betonu s omezujícími kritérii, které by odpovídaly omezením v případě měření vlhkosti železobetonového stínění jaderných reaktorů. Předpoklady a omezení:

Striktně nedestruktivní metoda – nepřipouští se poškození povrchu konstrukce.

Přístup ke konstrukci jen z jedné strany.

Povrch konstrukce alternativně kryt oblicovkou – ověření, zda je reálné provádět měření v případě, že povrch železobetonové konstrukce je kryt ocelovým plechem, tzv. oblicovkou, jako v případě reálné konstrukce v jaderné elektrárně.

Alternativně měření vlhkosti s kyselinou boritou – z výše uvedených důvodů byly všechny experimenty prováděny za situace, kdy byl vzorek nasáknut pouze vodou, a kdy byla místo vody použita kyselina boritá. Cílem bylo zjištění, zda je možno při měření vlhkosti tato média odlišit.

Zkušební tělesa

Pro experiment byla použita dvojice zkušebních těles. Šlo o betonové bloky rozměrů $500 \times 400 \times 300$ mm. Jedno těleso (A) bylo před experimentem na dobu cca 100 hodin ponořeno do vody, druhé těleso (B) do kyseliny borité. Koncentrace kyseliny borité byla zvolena 4 % (Experiment 1). Kyselina boritá byla připravena rozpuštěním 99,9 % koncentráty stejného typu, jaký se užívá v JE Dukovany. Pro druhý experiment byla koncentrace kyseliny zvýšena na 12 % což mělo navodit situaci, kdy se z betonu voda periodicky odpařuje a bór se v materiálu postupně hromadí (Experiment 2).

3. Použité metody

Pro experiment byla jako stěžejní zvolena radiometrická metoda, která nejlépe splňuje výše uvedená kritéria. Současně byly jako srovnávací využity kapacitní metoda (pomocí několika přístrojů) a experimentálně metoda ultrazvuková. Pro upřesnění byly vlhkosti ověřeny gravimetricky. Pro gravimetrické ověření byly zkušební bloky po provedení experimentů rozbity a odebrány z nich vzorky jak z povrchu, tak z nitra bloků.

Metodika měření vlhkosti pomocí kapacitní metody

Vlhkost betonu byla stanovena nedestruktivním měřením pomocí příložných kapacitních vlhkoměrů KAKASO a PSMXi celkem na 12 zkušebních místech na boční straně bloku. Kapacitní vlhkoměr určuje průměrnou vlhkost v objemu omezeném plochou přibližně 80×100 mm a hloubkou přibližně 10 až 20 mm.

Vzorky pro upřesnění byly odebrány po skončení druhého měření vždy ze tří míst na povrchu bloku a ze tří míst uvnitř bloku tak, aby byl zachycen beton v horní, střední i dolní části bloku. Po zvážení ve stavu přirozeně vlhkém byly vzorky vysušeny při 105°C do ustálení hmotnosti a byla vypočtena vlhkost betonu v % hmotnosti. Na trojici těles z každého bloku byla rovněž stanovena nasáklavost v % hmotnosti.

Metodika měření vlhkosti radiometrickou metodou

Měření bylo prováděno kombinovanou radiometrickou soupravou Troxler model 3411. Měření bylo prováděno vždy bezprostředně, po provedení měření kapacitními vlhkoměry. Přístroj byl umístěn ve středu horní strany bloku. Měření proběhlo vždy nejprve na samotném povrchu betonu, poté byla na povrch bloku umístěna ocelová deska tloušťky 6 mm, simulující oblicovku JE Dukovany a ve třetí fázi deska tloušťky 8 mm, simulující oblicovku JE Temelín.

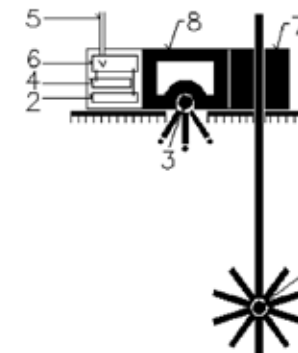
Výstupem každého měření aparatury Troxler 3411 byly hodnoty:

WD	– objemová hmotnost vlhkého vzorku
DD	– objemová hmotnost vysušeného vzorku
M	– vlhkost v kg/m^3
%M	– vlhkost v %
MC	– impulsy při měření vlhkosti
DC	– impulsy při měření objemové hmotnosti

Z výsledků měření byly jako základní brány MC – a pro srovnání %M. Při reálném měření v prostoru jaderné elektrárny by totiž měření probíhalo v prostředí se zvýšeným dávkovým příkonem záření gama, což by zavádějícím způsobem ovlivňovalo měření objemové hmotnosti. Na základě určené objemové hmotnosti v kombinaci s MC přístroj provádí přepočty vlhkostí M a %M.

4. Výsledky měření

Kapacitní metoda je určena zejména pro sledování vlhkosti povrchové vrstvy materiálu. To se plně projevilo při porovnání výsledků nedestruktivního měření vlhkosti s gravimetrickou metodou. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok betonu, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. Znamená to, že kapacitní



Obr. 1 Schéma kombinované radiometrické soupravy (1 – gamazářič, 2 – detektor záření gama, 3 – neutronový zářič, 4 – detektor pomalých neutronů, 5 – výstup k vyhodnocovací jednotce, 6 – předzesilovač, 7 – přepravní kryt gamazářiče, 8 – přepravní kryt neutronového zářiče)

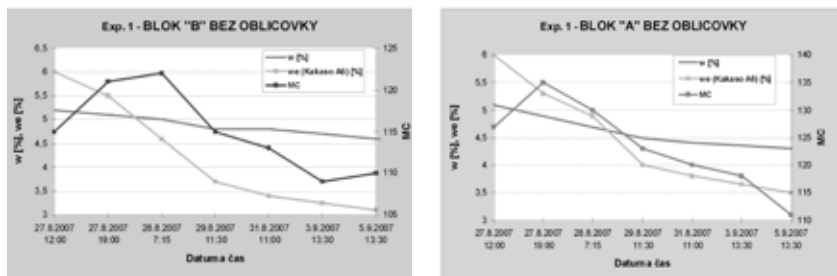


Obr. 2 Měření objemové vlhkosti aparaturou Troxler 3411 s osazenou ocelovou oblicovkou tloušťky 8 mm.

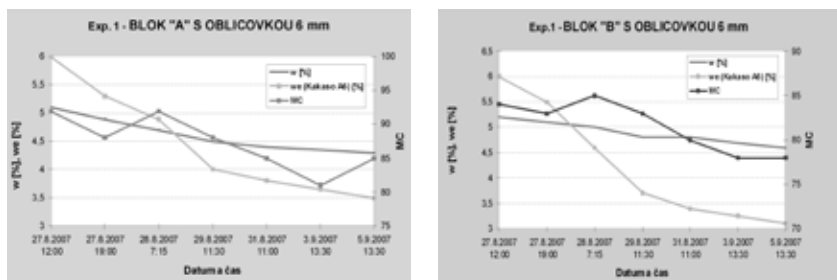
metoda je vhodná pouze pro zjištění povrchové vlhkosti betonu, případně pro tenkostěnné konstrukce. U masivních konstrukcí by chyba měření byla příliš velká. Další zásadní překážkou pro měření je markantní vliv oblicovky z oceli na výsledky měření – metoda je využitelná pouze na betonu bez oblicovky.

Totéž platí i o metodě ultrazvukové, jejíž použitelnost pro stanovení vlhkosti je navíc problematická i na betonu bez oblicovky. Vlhkost je totiž pouze jedním z faktorů ovlivňujících rychlost šíření ultrazvuku betonem. V daném rozsahu vlhkostí se nepodařilo nalézt dostatečně spolehlivý vztah mezi rychlostí šíření ultrazvuku (respektive dobou průchodu) a vlhkostí betonu. Tuto metodu lze tedy rovněž zcela vyloučit.

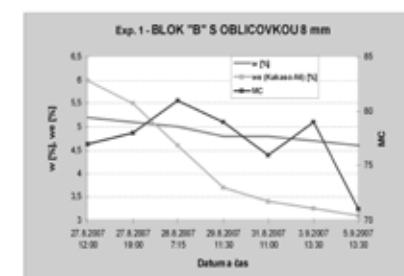
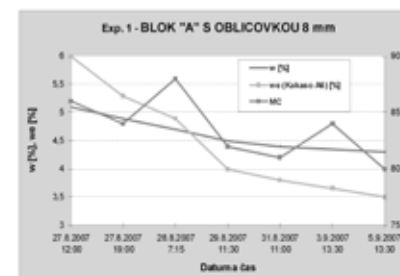
Měření vlhkosti radiometrickou metodou při koncentraci bóru 4 % – Experiment 1



Obr. 3 Porovnání vlhkosti určené z údajů MC přístroje Troxler a gravimetricky (w) při Experimentu 1. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů.

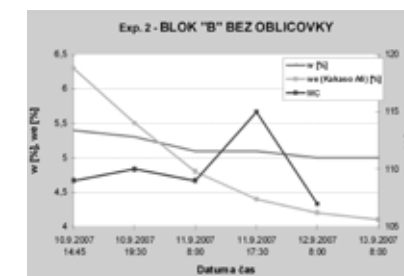
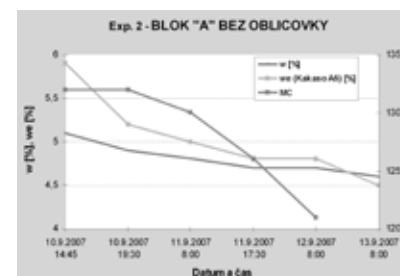


Obr. 4 Porovnání vlhkosti určené z údajů MC přístroje Troxler a gravimetricky (w) s oblicovkou 6 mm při Experimentu 1. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů. Při měření přes oblicovku jsou údaje objemové hmotnosti měřené přístrojem Troxler pochopitelně zavádějící.

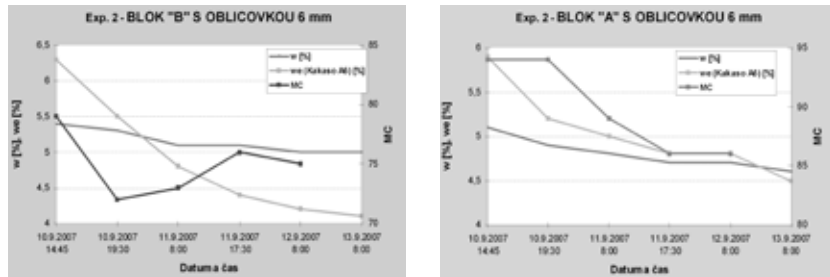


Obr. 5 Porovnání vlhkosti určené z údajů MC přístroje Troxler a gravimetricky (w) na bloku B s oblicovkou 8 mm při Experimentu 1. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů. Při měření přes oblicovku jsou údaje objemové hmotnosti měřené přístrojem Troxler pochopitelně zavádějící.

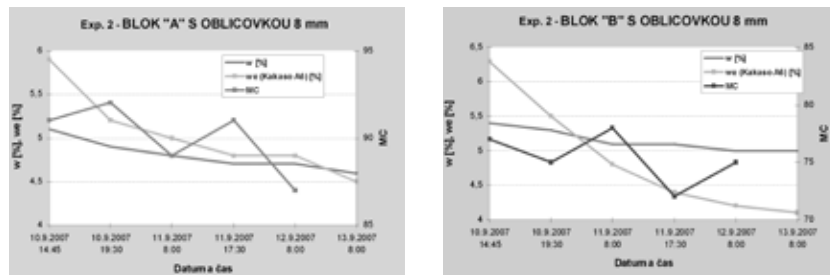
Měření vlhkosti radiometrickou metodou při koncentraci bóru 12 % – Experiment 2



Obr. 6 Porovnání vlhkosti určené z údajů MC přístroje Troxler a gravimetricky při Experimentu 2. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů.

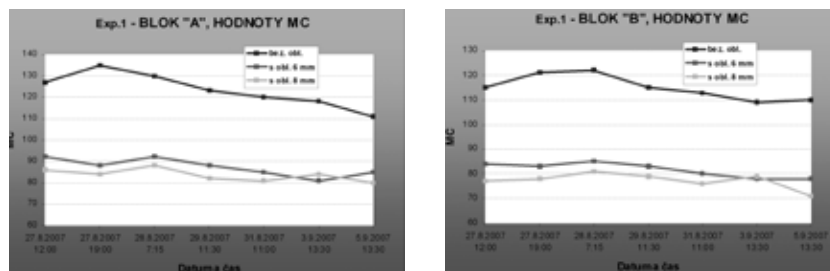


Obr. 7 Porovnání vlhkosti určené z údaje MC přístroje Troxler a gravimetricky při Experimentu 2. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů. Při měření přes oblicovku jsou údaje objemové hmotnosti měřené přístrojem Troxler pochopitelně zavádějící.

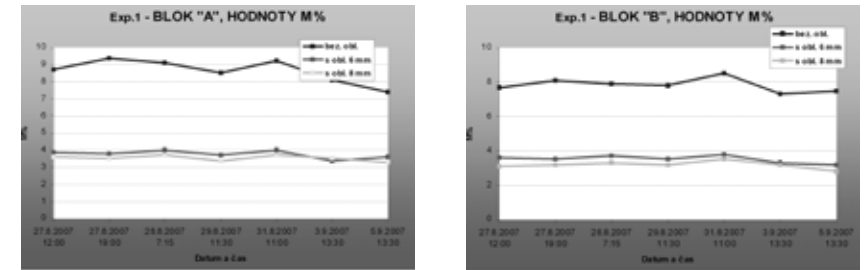


Obr. 8 Porovnání vlhkosti určené z údaje MC přístroje Troxler a gravimetricky při Experimentu 2. Pro porovnání uvedeny i hodnoty měření přístrojem Kakaso ve středu bloku. Povrchové vrstvy měly zpočátku vyšší vlhkost než celý blok, v průběhu měření zato výrazně rychleji vysychaly. MC naopak zaregistrovala na počátku hodnotu menší, patrně proto, že vyšší povrchová vlhkost při položení bloku zpočátku difundovala pod povrch vzorku, do oblasti, která nejvíce ovlivňuje odraz zpomalených neutronů. Při měření přes oblicovku jsou údaje objemové hmotnosti měřené přístrojem Troxler pochopitelně zavádějící.

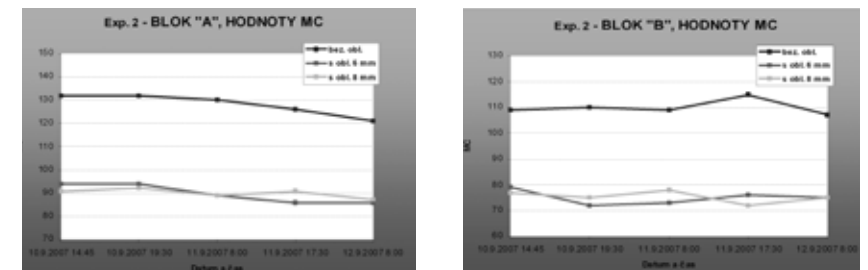
Radiometrická měření v Experimentech 1 a 2, porovnání vlivu oblicovky



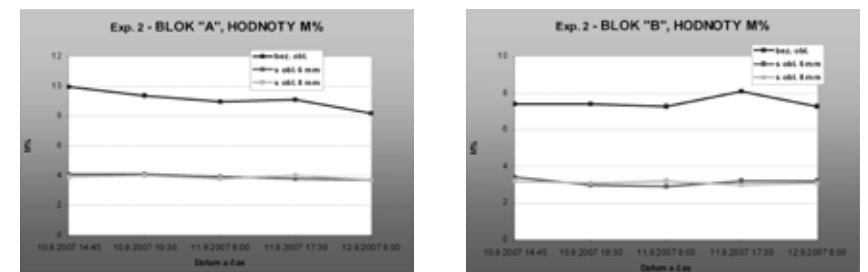
Obr. 9 Porovnání hodnot MC přístroje Troxler při Experimentu 1. Zcela jasně patrný vliv oblicovky. Vrstva oceli má zásadní vliv na naměřené hodnoty. Při měření vlhkosti přes oblicovku je tedy třeba provést nejprve kalibraci na konkrétní tloušťku oceli.



Obr. 10 Porovnání hodnot M% přístroje Troxler při Experimentu 1. Zcela jasně patrný vliv oblicovky. Vrstva oceli má zásadní vliv na naměřené hodnoty. Při měření vlhkosti přes oblicovku je tedy třeba provést nejprve kalibraci na konkrétní tloušťku oceli.



Obr. 11 Porovnání hodnot MC přístroje Troxler při Experimentu 2. Zcela jasně patrný vliv oblicovky. Vrstva oceli má zásadní vliv na naměřené hodnoty. Při měření vlhkosti přes oblicovku je tedy třeba provést nejprve kalibraci na konkrétní tloušťku oceli.



Obr. 12 Porovnání hodnot M% přístroje Troxler na bloku A při Experimentu 2. Zcela jasně patrný vliv oblicovky. Vrstva oceli má zásadní vliv na naměřené hodnoty. Při měření vlhkosti přes oblicovku je tedy třeba provést nejprve kalibraci na konkrétní tloušťku oceli.

Experimenty 1 a 2, porovnání vlivu kyseliny borité

Očekávaný vliv kyseliny borité by měl být následující. Principem radiometrického měření vlhkosti, je vysílání rychlých neutronů do zkoumaného materiálu, tyto se při nárazech na jádra vodíku mění ztrátou energie na tzv. zpomalené neutrony. Detektor přístroje registruje pouze zpomalené neutrony, hustota jejich toku je pak mírou vlhkosti. Se zvyšující se koncentrací bóru v materiálu, by měla být část zpomalených neutronů pohlcena, tím se sníží jejich detekované množství, a měřený počet impulsů MC, respektive přepočtená hodnota vlhkosti by měly být adekvátně menší.

Při srovnání získaných impulsových hodnot MC při obou experimentech lze konstatovat, že v Experimentu 1, kdy koncentrace kyseliny borité pro nasycení bloku B byla 4 %, došlo k velmi malým změnám v měřených hodnotách MC a M% při srovnání bloku nasyceném vodou, a bloku nasyceném kyselinou boritou. Rozdíl je sice patrný, v řádu minus cca 10 jednotek MC, ale tento rozdíl by mohl být snadno zaměnitelný za chybu měření.

V případě Experimentu 2, kdy koncentrace kyseliny borité byla 12 %, lze už hovořit o významnější odchylce, cca minus 20 – 30 jednotek MC.

5. Diskuse výsledků radiometrického měření vlhkosti

Při měření se plně projeví výhody radiometrické metody měření vlhkosti. Při tzv. povrchové geometrii měření je sice metoda zcela nedestruktivní, není potřeba fyzicky narušit povrch materiálu, ale díky pronikání rychlých neutronů do hloubky materiálu a odrazu zpomalených neutronů zpět k povrchu, je možné určovat průměrnou vlhkost mezi povrchem a hloubkou cca 150 – 200 mm. Bohužel, nelze přesně stanovit, jaká hloubka je vzhledem k výsledku měření rozhodující, zdá se nicméně, že povrchová vrstva materiálu ovlivňuje výsledek měření výrazně méně než vrstvy v hloubce vyšší. Měření ukázalo, že není problémem měřit přes ocelovou oblicovku, pouze je třeba znát tloušťku oceli a provést adekvátní kalibraci, resp. přepočet výsledků. Ukázal se i znatelný vliv přítomnosti kyseliny borité, zejména ve vyšší koncentraci. Bohužel, měřené rozsahy vlhkostí při experimentech byly relativně malé, což vyniklo v konfrontaci s rozsahem relativně vyšší nepřesnosti radiometrických metod, se kterou se vlivem heterogenity materiálu, jakým je beton musí počítat.

6. Závěry

V provedených experimentech byly v základech ověřeny možnosti nedestruktivního měření vlhkosti v případě tak speciálních konstrukcí, jako jsou železobetonová stínění jaderných zařízení. Výsledky uvedené a diskutované výše jasně naznačují, že metody kapacitní i ultrazvuková mají řadu omezení a nejsou pro tyto účely vhodné. Navíc neumožňují provádět měření přes ocelovou oblicovku, což se jeví být zcela zásadním problémem. Naproti tomu metoda radiografická se jeví být patrně jedinou vhodnou, nicméně i její možnosti jsou omezené:

Hloubka, do které je určena vlhkost je omezená hodnotou cca 200 mm, přičemž pravděpodobně menší význam v celkovém výsledku má povrchová vlhkost.

Je možno provádět měření přes ocelovou oblicovku, ale je třeba znát tloušťku oblicovky, zejména v případě, že je na styku s betonem zkorodovaná. Toto se dá ale vhodně doplnit například měřením ultrazvukovým, či jiným tloušťkoměrem v místě pozdějšího radiometrického měření.

Je možno odlišit vlhkost způsobenou vodou a kyselinou boritou, nicméně předpokladem terénního měření by muselo být odebrání vzorku betonu a určení buď koncentrace kyseliny borité, na základě toho stanovit vlhkost, nebo naopak zjistit odebráním vzorku vlhkost, a na základě toho pak stanovit výskyt kyseliny borité. To už se ale dostáváme mimo oblast nedestruktivního zkušebnictví.

Radiometrická metoda je tedy přes svá omezení asi jedinou perspektivní metodou pro měření vlhkosti za výše uvedených podmínek, a bylo by vhodné na základě těchto experimentů provést další, které by vedly k jejímu dalšímu praktickému využití.

Poděkování

Celý experiment je zpracováván s podporou grantového projektu GAČR 103/06/0891 Metodika zkoušení masivních železobetonových konstrukcí.

VLIV VLOŽENÝCH OKRAJOVÝCH PODMÍNEK NA VELIKOST ELEKTRO-OSMOTICKÉHO TOKU

Ing. Lukáš Balík, Ph.D.

Ing. Michaela Dudíková

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6
Tel. 721658217, e-mail: balik@klok.cvut.cz

Anotace

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 a velmi specifických podmínek, vytvořit sílu, která přesunuje vlhkost anodicko-katodickým směrem.

Elektroosmóza je jev zcela obecný a vzniká v soustavách složených z porézni pevné fáze, kde jsou póry vyplněny tekutou fází, za vzniku elektrické difúzní dvojvrstvy na rozhraní obou fází. Zpravidla jsou tyto jevy výrazné tam, kde kapalnou fází prostředí je voda, jejíž molekuly jsou výrazné elektrické dipóly.

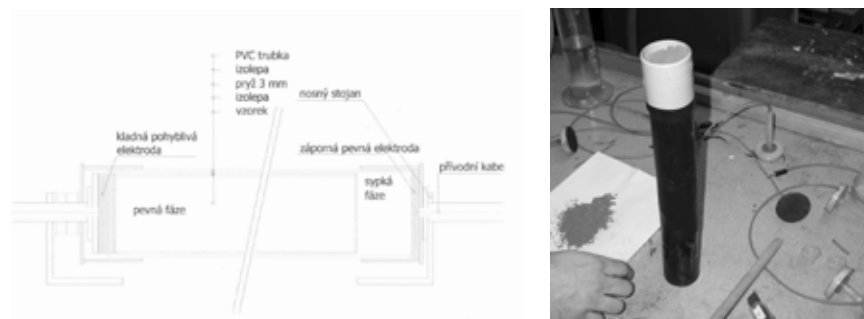
Elektroosmotické sanační metody jsou způsoby sanace vytvářející potenciál stejnosměrného elektrického proudu ve zdivu, který potlačuje proces kapilárního vztlínání vody. Jde o metodu přímé sanace vlhkého zdiva určenou pro všechny druhy materiálů a konstrukcí s pórovitou strukturou, ve kterých je umožněn pohyb vody působením kapilárních sil.

1. Aktivní elektroosmóza

Metoda aktivní elektroosmózy je ve skupině elektroosmotických metod využívána v největší míře. Napětí je do okruhu pouštěno z veřejné sítě přes transformátor a počítač registrující skutečnou dobu funkce. Takto aktivně vkládané elektrické pole dává název aktivní elektroosmóze (AEO). Napětí je nejčastěji voleno v nižších mezích (do 6 V). Elektrické pole ve zdivu je vytvořeno takovým spádem, který nenarušují elektrická indukovaná napětí v okolí stavebního objektu. Dlouhodobou funkčnost instalací AEO podmiňuje kvalita použitých prvků zařízení a materiálů.

2. Popis experimentu

Test elektroosmotického účinku na transport vody byl proveden na vzorcích, které modelovaly fázové rozhraní téhož materiálu tj. nové cihly (pevná a syvká fáze). Vzorky byly vyrobeny speciálně za účelem elektro-osmotických zkoušek a šlo o tvar válců přibližných průměrů 50 mm. Schéma skladby vzorku a jeho izolace je znázorněna na obrázku č. 1 a složení elektroosmotického systému EMIS 03 je na obrázku č. 2.



Obr. 1. Schéma zapojené aparatury



Obr. 2. Elektroosmotický systém EMIS 03

Na konce testovaných vzorků byly instalovány grafitové elektrody tvořící kladný a záporný pól vloženého elektrického pole. Testované vzorky byly zvlhčeny roztokem solí, jejichž koncentrace odpovídala hodnotám zvýšeného stupně zasolení dle ČSN P 73 0610. Elektrické pole bylo vytvořeno vloženým napětím, které odpovídalo hodnotám napětí vkládaného při instalacích elektro-osmotických zařízení na stavbách.

3. Cíle experimentu, sledované veličiny

Cílem experimentu bylo referenční porovnání velikosti elektro-osmotického toku na základě vložení různých okrajových podmínek. V rámci experimentu byly uskutečněny testy, které sledovaly následující vlivy:

- 1) vliv kapilární vlhkostní elevace,
- 2) vliv frekvence vloženého napětí,
- 3) vliv pH vloženého elektrolytu,
- 4) vliv pulsního působení

Sledovanými veličinami byly:

- poměrné množství přesunutého roztoku od anody ke katodě,
- velikost náboje potřebného k převedení jednotkového množství roztoku,
- velikost gradientu rozložené vlhkosti v pevné fázi v anodicko-katodickém směru a jednotku délky,
- jednostranná monotónnost rozložené vlhkosti po elektro-osmotickém působení v pevné fázi.

Vliv kapilární vlhkostní elevace

Testy vlivu vlhkostní elevace částečně prokazují schopnost elektro-osmotických sil působit proti silám kapilárním (silám, které se přirozeně vyskytují ve zdivu). Testy byly provedeny původně na 9 vzorcích avšak jeden hned po sepnutí vykázal nulovou vodivost (chyba v uspořádání) a byl vyřazen ze zkoušky. V případě vzorků 7 a 8 došlo během elektroosmotického působení k výrazné oxidaci na kladných elektrodách, která významně ovlivnila elektrické pole a vzorky musely být též vyřazeny z hodnocení.

Syvká fáze vzorků byla zvlhčena v přibližných mírách 6, 10 a 18 %hm. Uspořádání testu a vložení okrajových podmínek je patrné z následující tabulky 2.

Označení vzorku	Vložené napětí V	Zvlhčení pevné fáze % hm.	Zvlhčení syvké fáze % hm.	Koncentrace solí ve vloženém roztoku	Doba elektroosmotického působení dny
1	6	6,0	4,3	0,2 % NaCl 0,25 % NaNO3 2 % Na2SO4	148
2		7,2	4,4		148
3		6,5	9,9		158
4		6,8	10,3		158
5		6,4	10,5		158
6		6,2	21,6		152

Tab. 2 Vložené okrajové podmínky při testu vlivu kapilární elevace

Na základě vyhodnocení provedených zkoušek lze konstatovat:

- s rostoucí vlhkostí syvké fáze klesá množství vody elektro-osmoticky převedené,
- při zvlhčení syvké fáze na 6% došlo k průměrnému převedení 16,7 % vložené vlhkosti a k průměrnému gradientu lineárního rozložení vody v pevné fázi od anody ke katodě 15,3 % / m,
- při zvlhčení syvké fáze na 12% došlo k průměrnému převedení 11 % vložené vlhkosti a k průměrnému gradientu lineárního rozložení vody v pevné fázi od anody ke katodě 4,1 % / m,
- při zvlhčení syvké fáze na 18% došlo u vzorku 6 k minimálnímu převedení vlhkosti, které se blížilo 0.

Vliv frekvence superponované kladné složky vloženého napětí

Vliv frekvence byl testován na třech dvojicích vzorků. Na vzorky bylo působeno různými napěťovými frekvencemi 20 kHz, 10kHz a 100Hz, přičemž pro jednotlivé kanály byl použit rozdílný poměr doby trvání pulsu 1/ pulsu 2 (střída). Uspořádání testu a vložení okrajových podmínek je patrné z následující tabulky 3.

Ozn. vzorku	přístroj/kanál	frekvence kHz	střída puls1/puls2	napětí	napětí	doba zkoušky dny
				pulsu 1 V	pulsu 2 V	
6	AC III-1/K1	0,1	127/128	6	0	77
9	AC III-1/K2	0,1	155/100	6	0	77
4	AC III-2/K2	10	155/100	6	0	79
10	AC III-2/K1	10	127/128	6	0	79
26	AC III-1/K1	21	127/128	6	0	58
29	AC III-1/K2	21	155/100	6	0	58

Tab. 3 Vložené okrajové podmínky při testu vlivu frekvencevložení napětí

Na základě vyhodnocení provedených zkoušek lze konstatovat:

- s rostoucí vloženou frekvencí superponované složky napětí klesá objem elektro-osmoticky převedené vody,
- v případě vložených 21 kHz došlo k průměrnému převedení 1,8 % hm. vložené vody z pevné fáze za dobu 77 dnů,
- v případě vložených 10 kHz došlo k průměrnému převedení 4,8 % hm. vložené vody z pevné fáze za dobu 79 dnů,
- v případě vložených 0,1 kHz došlo k průměrnému převedení 9,2 % hm. vložené vody z pevné fáze za dobu 58 dnů.

Vliv pH vloženého elektrolytu na elektro-osmotický transport

V rámci vědeckého úkolu byly provedeny orientační zkoušky pro zjištění vlivu pH vloženého elektrolytu na velikost elektro-osmotického toku. Chemická báze elektrolytu, vložené okrajové podmínky a uspořádání zkoušky jsou patrné z následující tabulky 4.

Ozn. vzorku	skladba roztoku	pH elektrolytu	napětí pulsu 1	doba zkoušky
19	KH ₂ PO ₄ , NaOH	6,07	6	48
20	KH ₂ PO ₄ , NaOH		6	48
21	KH ₂ PO ₄ , NaOH		6	48
22	H ₃ BO ₃ , KCl, NaOH	9,02	6	48
40	H ₃ BO ₃ , KCl, NaOH		6	48
41	H ₃ BO ₃ , KCl, NaOH		6	48
42	Na ₂ HPO ₄ , NaOH	11,18	6	48
43	Na ₂ HPO ₄ , NaOH		6	48
44	Na ₂ HPO ₄ , NaOH		6	48

Tab. 4 Vložené okrajové podmínky při testu vlivu pH vloženého elektrolytu

Na základě vyhodnocení provedených zkoušek lze konstatovat:

- množství převedeného roztoku v rámci pevné fáze se pohybovalo v rozmezí 0,22 až 4,03 % vloženého roztoku,
- zkoušky neprokázaly monotónní nárůst objemu převedeného roztoku s klesajícím pH,
- nejvíce roztoku bylo převedeno při nejnižším vloženém pH 6 – prům. 3,3% vloženého roztoku, dále při pH 11,18 – prům. 2,4 % a nejméně při pH 9 – prům. 1,2 %,
- pořadí výsledků % převedeného roztoku odpovídá i pořadí velikosti gradientu lineární regrese konečného uspořádání vody.

Vliv napěťových pulsů vložených na soustavu

Zkouška vlivu napěťových pulsů byla opět provedena jako referenční na 8 vzorcích. Vzhledem ke skutečnosti, že byla vyčerpána první sada dodaných keramických vzorků bylo nezbytné zajistit výrobu vzorků nových, které byly dodány od stejného výrobce avšak z jiné cihelny. Z tohoto důvodu byly do zkoušek zařazeny vzorky ze staré sady (64 a 65) a dále šest vzorků ze sady nové. Na vzorky bylo působeno dvojím pulsním napětím v uspořádání takovém, aby plocha pod napěťovou křivkou k nulové ose byla shodná pro vložené periody. Uspořádání zkoušek je patrné z následující tabulky 5.

Ozn. vzorku	napětí pulsu 1 V	napětí pulsu 2 V	čas působení pulsu 1 s	čas působení pulsu 2 s	doba zkoušky dny
1	20	0	10	0,10	71
8	20	0	10	0,10	71
64	20	0	10	0,10	71
65	20	0	10	0,10	71
2	10	0	20	0,10	60
3	10	0	20	0,10	71
5	10	0	20	0,10	62
7	10	0	20	0,10	71

Tab. 5 Vložené okrajové podmínky při testu vlivu napěťových pulsů

Na základě vyhodnocení provedených zkoušek lze konstatovat:

- původní vzorky (65, 64) jsou vhodnější pro provádění zkoušek elektroosmózy z důvodu schopnosti elektroosmotického převedení většího množství elektrolytu což může souviset s pórovým uspořádáním uvnitř materiálu,

- nelze jednoznačně přisoudit větší účinnost jednomu z navržených uspořádání testu a lze se přiklonit ke skutečnosti, že rozhodujícím parametrem pro množství převedené vody je velikost prošlého náboje,

- u testů s vloženým větším napětím došlo vytvoření výrazně většího gradientu lineárního rozložení vlhkosti v pevné fázi před testy s napětím menším,

- v průměru došlo u testů z vložení 20 V k převedení 5 % vložené vody do pevné fáze (u nových vzorků) a u testů s 10 V k převedení 6,4 % vody,
- u vzorků 2,3,7, 8, 64 a 65 se v pevné fázi vytvořila monotónně stoupající postupná vlhkost od anody ke katodě a u ostatních vzorků nikoli,
- v případě vzorku 5 měl gradient lineární vlhkosti rozložené v pevné fázi zápornou hodnotu.

4. Závěr

Na základě provedených experimentů je patrná značná variabilita výsledků elektroosmotické vodivosti stavebních materiálů (0 až 16,7 % převedeného vložného elektrolytu) v daných časových periodách. Interpretace závěrů je značně složitá vzhledem k obtížnosti zajištění srovnatelných okrajových podmínek při provádění experimentů, které jsou dány nejen parametry vložnými (vlhkost, koncentrace, teplota, napětí atd.), ale především materiálovou podstatou samotných zkoušených vzorků, která je značně různorodá. Na základě doposud provedených analýz mohou být konstatována následující tvrzení:

- elektroosmotický účinek roste s vložným napětím,
- maximálního elektro-osmotického účinku lze dosáhnout vložním stejnosměrného napětím,
- pozitivní elektroosmotický účinek lze očekávat u stavebních materiálů s maximální vlhkostí 12 %hm.,
- větší vliv na elektroosmotický transport má pH skeletu materiálu před pH elektrolytu

Poděkování

Článek byl vytvořen za finanční podpory GA ČR 103/06/P456

ZJIŠŤOVÁNÍ TRANSPORTNÍCH VLASTNOSTÍ POVRCHOVÝCH VRSTEV BETONU POMOCÍ METODY MĚŘENÍ POČÁTEČNÍ POVRCHOVÉ NASÁKAVOSTI

Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D.(1), Ing. Sylva Modrý, DrSc.(2)

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. 224 353 516, e-mail: modry@klok.cvut.cz

Anotace

V příspěvku je v krátkosti popsán princip a možnost aplikace metody měření povrchové počáteční nasákavosti k hodnocení stavu povrchů betonu, příp. k predikci trvanlivosti.

1. Úvod

Porušování betonu v převážné míře začíná v povrchových vrstvách a je namnoze podmíněno přístupem vody, roztoků, vodních par nebo plynů do povrchových vrstev betonu. Proto je účelné a to jak pro hodnocení stavu povrchu betonu, tak pro předpověď jeho odolnosti, stanovit možnosti transportu pro kapaliny, příp. plyny do povrchu betonu.

V současné době existuje celá řada metod, které umožňují stanovit transportní vlastnosti povrchových vrstev betonu a to jak v laboratoři, tak „in situ“. Pokud jde o hodnocení transportních vlastností pro kapaliny používá se často a v různých variantách stanovení povrchové nasákavosti. Není zde zapotřebí např. zařízení pro generaci vyššího tlaku, jako je tomu při měření propustnosti.

Různé varianty měření povrchové nasákavosti vycházejí v podstatě ze dvou metod – metody vyvinuté M. Levittem a metody jejímž původcem je J. Figg. První metoda spočívá na měření absorpce vody povrchem zkoumaného betonu, metoda druhá navozuje kontakt měřené kapaliny s podpovrchovými vrstvami betonu prostřednictvím vyvrtného otvoru vhodného průměru a hloubky [1, 2].

Metoda, jejíž rozvoj se připisuje Levittovi se stala součástí britských norem. V literatuře i zde v dalším textu, bude označována zkratkou ISAT (initial surface absorption test).

2. Popis zařízení a měření ISAT

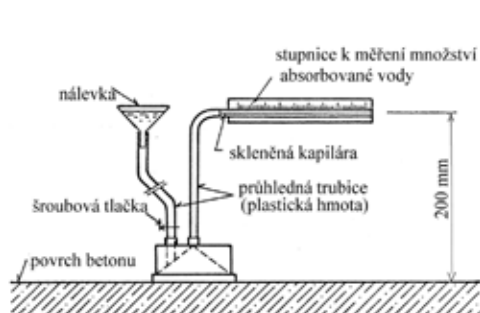
Zařízení pro měření povrchové nasákavosti pro horizontální povrchy v provedení

KÚ – ČVUT, který je schematicky znázorněn na obr. 1 sestává z kovového stojanu se speciálním držákem, ve kterém je upevněna měrná stupnice s kapilárou, nosič nálevky a ukazatel vzdálenosti hladiny vody v nálevce od povrchu betonu.

Držák je uzpůsoben tak, že umožňuje posuv a vychylování kapiláry a posuv nosiče nálevky podle potřeby. Pro zajištění přesné horizontální polohy kapiláry při vlastním měře-

ni je v jejím držáku se stupnicí pevně zabudována libela. Další částí přístroje je nádobka z průhledného materiálu válcového tvaru s vnitřkem ve tvaru kužele. Použití průhledného materiálu umožňuje snazší kontrolu vyplnění nádoby kapalinou. Nádobka je opatřena na horní ploše dvěma vývody a na spodě profilovaným kovovým prstencem o vnitřním průměru 7,9 cm. Excentricky umístěný vývod je spojen trubičkou z plastické hmoty se skleněnou nálevkou. Vývod umístěný ve středu horní plochy nádoby je spojen průhlednou trubičkou s měrnou kapilárou.

Dokonalý styk nádoby a zkoumaného povrchu se zajistí utěsněním např. silikonovou utěšňovací hmotou.



Obr. 1: Schématické znázornění zařízení pro měření povrchové nasákavosti horizontálních povrchů

Před vlastním měřením je nutné určit průměr použité kapiláry a upravit vzdálenost jejího středu od povrchu betonu na 200 mm. Měření povrchové nasákavosti spočívá v tom, že se zařízení naplní destilovanou vodou tak, aby hladina vody v nálevce a střed kapiláry byly v jedné rovině. Okamžik počátku plnění přístroje vodou je počátkem měření. Odečítání rychlosti posuvu menisku sloupce vody v měrné kapiláře se provádí po 10 a 30 min., příp. po 1 a 2 hod. od začátku měření, přičemž se v uvedených časových intervalech

určuje změna polohy menisku s frekvencí 1 min. Během měření by se neměla teplota vody měnit a neměla by přesahovat hranici 22°C.

Výpočet povrchové nasákavosti se prakticky provádí podle vztahu:

$$PN = \frac{A_1 \cdot l \cdot 10^3}{A_2}$$

kde PN je povrchová nasákavost v $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$, příp. $\text{ml} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$; A_1 je plocha průřezu měrné kapiláry v mm^2 ; A_2 je plocha styku vody v nádobce s povrchem betonu v mm^2 ; l je délka posuvu menisku v kapiláře v mm během 1 min.

3. Možnosti použití metody ISAT

Zkušenosti získané v KÚ – ČVUT ukazují, že metoda poměrně citlivě reaguje na různý stupeň porušení a že existuje dobrá korelace jak s hodnotami pórovitosti povrchových vrstev, měřené rtuťovým tlakovým porometrem, tak s hodnotami pevnosti v tahu povrchových vrstev [3] (viz obr. 2).

Další možností použití ISAT je získání podkladů k predikci trvanlivosti betonu vystaveného působení degradačních zejm. fyzikálních činitelů, především střídavému zmrazování [4]. Korelační koeficient pro vztah mezi povrchovou nasákavostí a odolností při střídavém zmrazování činí 0,95.

Jisté možnosti skýtá ISAT i pro predikci průniku chloridů a hloubky karbonatce, kde však jsou korelace poněkud nižší [4].

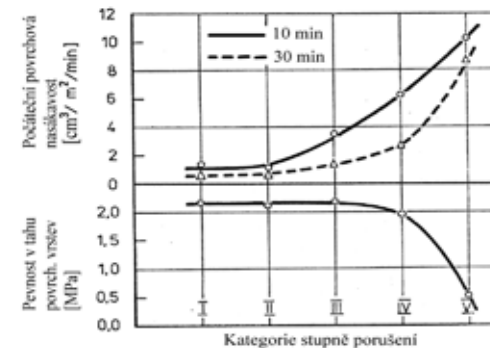
4. Závěr

Metodu ISAT lze z hlediska pořizovací nenáročnosti, jednoduchosti a reprodukovatelnosti měření považovat za vhodný postup pro hodnocení stavu povrchových vrstev betonu a dále pro predikci jeho trvanlivosti.

Literatura

- [1] KROPP, J., HILSDORF, H.K. (Eds.). Performance Criteria for Concrete Durability. London: E.&F.N. Spon 1995.
- [2] LEVITT, M. An assessment of the durability of concrete by ISAT. In Proc. RILEM Internat. Symp. on Durability of Concrete, Praha: Academia 1969. vol. I, s. A29 – 42.
- [3] MODRÝ, S. Hodnocení stavu betonu z hlediska trvanlivosti. Praha, Zpráva KÚ-ČVUT 1998.
- [4] BASHEER, P.A.M. et al. A review of measurement of permeation properties of concrete on site. In Proc. Non – Destructive Testing in Civil Engineering. Northampton: The British Institute of NDT, 1993, vol. 1, s. 273 – 300.

Tento příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GAČR 103/06/1492.



Obr. 2

NAMÁHÁNÍ HYDROIZOLAČNÍHO SOUVRSTVÍ SMYKOVÝMI SILAMI

Ing. Milan Hrabánek, Ph.D. (1),
Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D. (2),
Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc. (3)

(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

(3) České vysoké učení v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, tel. / fax: 224353529, e-mail: klecka@vc.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 deformačního 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).

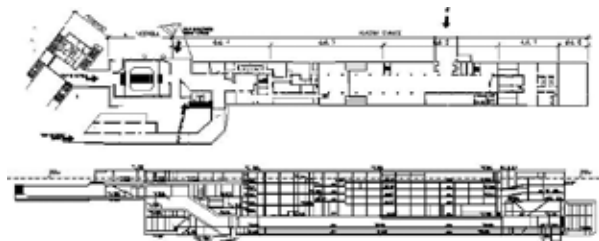
Díl 0 je přechodovou konstrukcí k tunelům směrem k Nádraží Holešovice. Díly 1 až 4 jsou standardní díly konstrukce stanice. Na díl 4 navazují ražené tunely pod Vltavou směrem na Florenc, v horní úrovni pak navazuje vestibul a dále podchod k tramvajovým zastávkám.

Hlavní nosnou konstrukci 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.

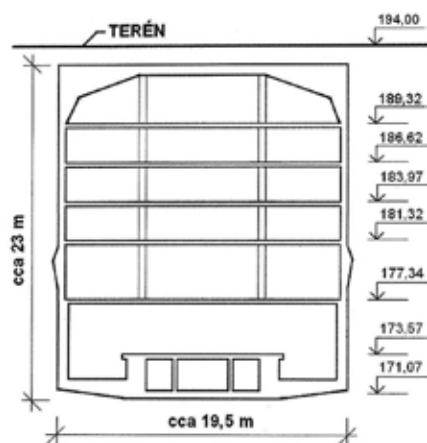
Mezistropy oddělující jednotlivá podlaží nad prostorem stanice jsou železobetonové desky tl. 220 mm zavěšené na táhlech kotvených do horní stropní desky.

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 Vieren-

deelův nosník. Tyto dilatační díly jsou na pláště 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. Přídržnost 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 přídržnosti 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 pláště stanice byl opět nalepen terč a proveden další odtrh.

Maximální naměřená přídržnost byla 0,46 MPa. Naměřené hodnoty přídržnosti vykazovaly poměrně velkou variabilitu a pohybovaly se pro první odtrhy v rozmezí 0,18 – 0,46 MPa.

Obecně větší síly byly naměřeny při prvních odtržích, což lze vysvětlit tím, že při prvních odtržích 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 přídržnosti 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); výzdívka z cihel CDm na výše uvedené zdící maltu; půdorysný rozměr vyžděné 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 zemin 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 $\gamma = (25,6 + 27,0)/2 = 26,3 \text{ kNm}^{-3}$ 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: $\sigma_H = \nu(1 - \nu)^{-1} \Sigma \gamma_i H_i$, kde svislý tlak je dán vztahem $\sigma_V = \Sigma \gamma_i H_i$.

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_V (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

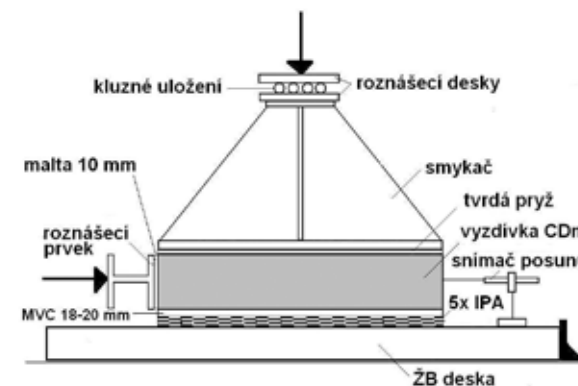
Za účelem porovnání přídržnosti hydroizolačního souvrství zjištěného in-situ (kap. 2.2.) s přídržností hydroizolačního souvrství na vyrobených zkušebních tělesech byly na zkušebních tělesech provedeny 3 kontrolní odtrhy.

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

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

3.5. Uspořádání zkoušek a zatěžovací postup

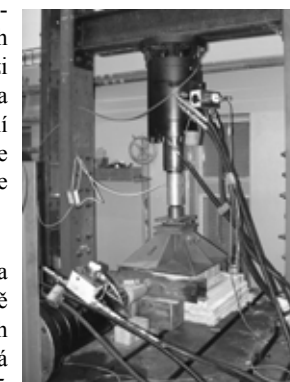
Uspořádání zkoušky bylo takové, aby umožňovalo dvojosé namáhání zkušebního tělesa, tj. aby na zkušební těleso působila zároveň normálová síla (v tomto případě svisle), která simulovala tlak zeminy na přízdívku, a smyková síla (v tomto případě vodorovně), která simulovala možnou vztlakovou sílu, která 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 vyzdívkou 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.

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 zkušebního tělesa 0,25 m² (500 x 500 mm) odpovídají normálovým silám 5,25 kN, 10,5 kN a 15,75 kN.



Obr. 4: Zkušební těleso při zkoušce

Smyková (vodorovná) síla se zvyšovala po 2 kN, což při výše uvedené ploše zkušebního 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 patrné 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

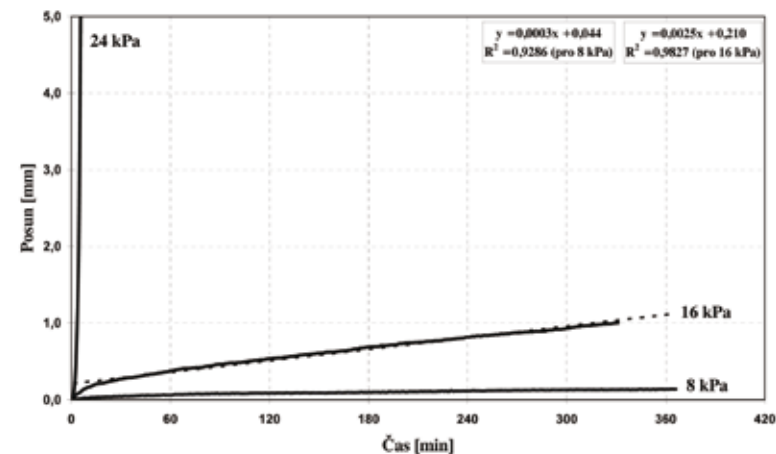
V následující tabulce 2 jsou pro všechna zkušební tělesa uvedeny délky trvání zkoušek pro jednotlivé kombinace normálového a smykového zatížení (čas je zaokrouhlen na celé desítky minut), dále velikosti posunů souvrství (mm) a rovněž i směrnice přímků obdržených lineární regrese naměřených závislostí 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)	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)	320 0,82 0,0021	470 1,16 0,0037	160 9,07 3)

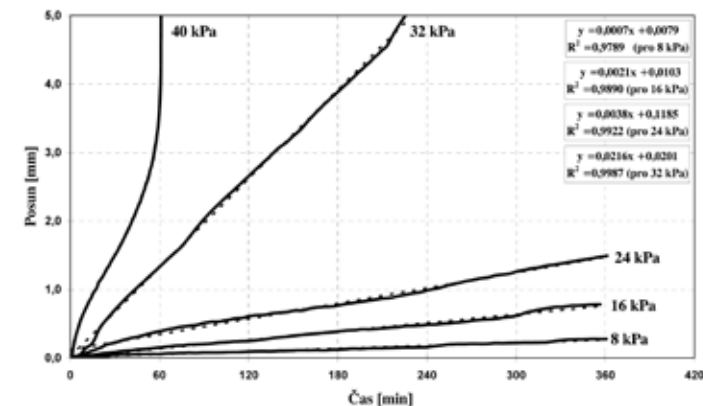
Pozn.: porušení po 1) 5 min., 2) 65 min., 3) 160 min.; 4) velikost posunu po 230 min.

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

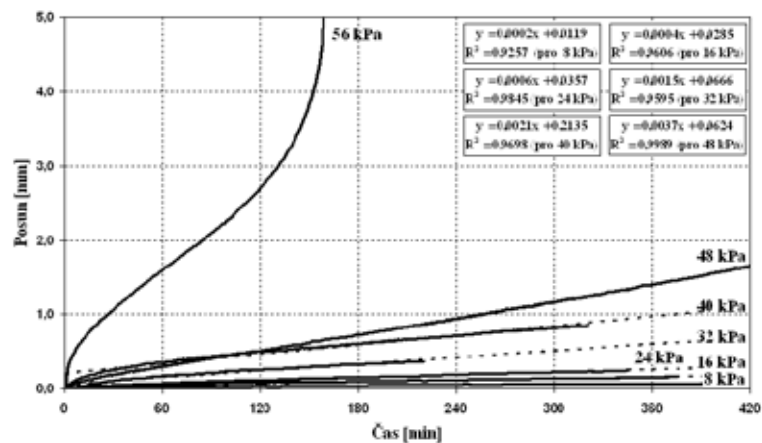


Obr. 5: Závislost posunu na čase při konstantním normálovém zatížení 21 kPa a smykových zatíženích 8 kPa, 16 kPa a 24 kPa

Obr. 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. Geoprogres, 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.

TNK 65 IZOLACE STAVEB – NOVINKY A ZMĚNY EVROPSKÝCH NOREM

Ing. Zdeněk Plecháč (1)

Ing. Milan Myška, Ph.D. (2)

(1) DEK a.s. ATELIER DEK

Tiskařská 10/257, 108 00 Praha 10 - Malešice

Telefon: +420 234 054 284, email: zdenek.plechac@dek-cz.com

Web: www.dek.cz, www.atelier-dek.cz

(2) ČVUT v Praze, Fakulta stavební, OL 123

Katedra materiálového inženýrství a chemie

Thákurova 7, 166 29 Praha 6 – Dejvice

Telefon: +420 224 354 456, email: myska@fsv.cvut.cz

Web: www.fsv.cvut.cz

Anotace

Článek informuje o novinkách a změnách výrobních a zkušebních EN v oblasti hydroizolačních pásů a fólií, připravovaných v Technické komisi CEN/TC 254 Flexible sheets for waterproofing (hydroizolační pásy a fólie). Poslední výroční zasedání komise se konalo v květnu 2008 v tureckém Istanbulu. Zástupci komise TNK 65 se aktivně účastní evropské normalizace v působnosti nejen CEN/TC 254, ale i CEN/TC 128 Roof covering products for discontinuous laying and products for wall cladding (skládané střešní krytiny a obklady stěn). Obě komise oborově odpovídají TNK 65 Izolace staveb, jejíž sekretariát zajišťuje Atelier DEK. Tomuto technickému středisku společnosti DEK a.s. udělil Český normalizační institut (ČNI) v roce 2005 statut centra technické normalizace CTN ATELIER DEK.

1. Současnost evropské normalizace

Evropská normalizace je v systému harmonizovaných norem procesem s přímým dopadem na národní normalizaci (o harmonizaci norem je např. informováno v článku „Uvádění stavebních výrobků na trh“ v časopise DEKTIME 01/2008). Členskými státy zemí ES jsou přejímány normy evropské (EN) a národní normy, které jsou s těmito přejímanými EN v rozporu, jsou obvykle zcela rušeny nebo upravovány. Normotvorné práce se na evropské úrovni účastní především zástupci výrobců, technických zkušeben a profesních svazů. Kontakt s mezinárodními partnery přináší do ČR nejen aktuální informace o procesu evropské normalizace a poznatky o aktivním přístupu v různých evropských státech, ale v neposlední řadě je i prostředkem přenosu technického vědění.

Tabula 1 – Struktura CEN/TC 128 a CEN/TC 254

CEN/TC 128 – Structure	
SC/WG	Title
CEN/TC 128/SC 2	Concrete roofing tiles
CEN/TC 128/SC 2/WG 1	Mandates and minor amendments
CEN/TC 128/SC 2/WG 2	Concrete roofing tile fittings
CEN/TC 128/SC 3	Clay roofing tiles
CEN/TC 128/SC 4	Fibre-cement products for roofing
CEN/TC 128/SC 4/WG 1	Fibre cement slates
CEN/TC 128/SC 4/WG 2	Fibre cement corrugated sheets
CEN/TC 128/SC 4/WG 3	Fibre cement flat sheets
CEN/TC 128/SC 6	Bitumen shingles and corrugated sheets for roofing
CEN/TC 128/SC 6/WG 1	EN 544 Bitumen shingles with mineral and/or synthetic: Review
CEN/TC 128/SC 7	Roofing products from metal sheet
CEN/TC 128/SC 8	Slate and stone products for roofing
CEN/TC 128/SC 9	Prefabricated accessories for roofing
CEN/TC 128/SC 9/WG 1	Walkways and safety hooks
CEN/TC 128/SC 9/WG 2	Rooflights
CEN/TC 128/SC 9/WG 3	Translucent roofsheets
CEN/TC 128/SC 9/WG 4	Clip testing
CEN/TC 128/SC 9/WG 5	Rigid underlayers
CEN/TC 128/SC 10	Gutters
CEN/TC 128/SC 10/WG 1	Metal gutters and rainwater down-pipes
CEN/TC 128/SC 10/WG 2	Plastic gutters
CEN/TC 128/SC 10/WG 3	Gutter brackets
CEN/TC 128/SC 11	Double skin metal faced insulating sandwich panels for roofing and cladding
CEN/TC 128/SC 11/WG 1	Draft standard working group
CEN/TC 128/SC 11/WG 2	Durability & core materials WG
CEN/TC 128/SC 11/WG 3	Fire working group
CEN/TC 128/SC 11/WG 5	Clauses on design by testing
CEN/TC 128/SC 11/WG 6	Perforated sandwich panels
CEN/TC 128/WG 1	Mandates - Preparation
CEN/TC 254 – Structure	
SC/WG	Title
CEN/TC 254/SC 1	Bitumen sheeting
CEN/TC 254/SC 1/WG 5	Coordinated and product specification

CEN/TC 254/SC 2	Synthetic sheets
CEN/TC 254/SC 2/WG 10	Editorial Committee
CEN/TC 254/WG 1	Coordination
CEN/TC 254/WG 3	Material properties relevant to wind uplift resistance
CEN/TC 254/WG 6	Bridge deck waterproofing
CEN/TC 254/WG 9	Underlays for discontinuous roof coverings
CEN/TC 254/WG 10	Ageing
CEN/TC 254/WG 12	Static loading
CEN/TC 254/WG 13	MLV and MDV
CEN/TC 254/WG 14	Emissivity

2. Zasedání CEN/TC 254

Výroční zasedání evropské normalizační komise CEN/TC 254 se konalo v roce 2007 v Praze. Pořadatelem dvoudenního zasedání byla společnost DEK a. s., jejíž zástupci z pověření ČNI reprezentovali ČR na tomto pracovním jednání. Podrobná zpráva ze zasedání komise byla uveřejněna v článku AKTIVNÍ ÚČAST ČESKÉ REPUBLIKY V PROCESU EVROPSKÉ NORMALIZACE (DEKTIME 06/2007). Po zkušenostech z mezinárodního prostředí, se jeví osobní účast zástupců ČR na jednání CEN jako jeden ze základních předpokladů aktivní účasti v procesu evropské normalizace. Proto se i letošního zasedání komise CEN/TC 254, i přes značné finanční náklady spojené s výjezdem, zúčastnili zástupci komise TNK 65.

Letošní, již třicáté výroční zasedání CEN/TC 254 se konalo ve dnech 8. - 9. května 2008 v tureckém Istanbulu. Turecko, resp. Turecký normalizační institut (TSE), není plným členem Evropského výboru pro normalizaci (CEN), je pouze jeho přidruženým členem. Přesto se zástupce Turecka účastnil jako host i loňského zasedání komise v Praze a při debatě o termínu a místě konání příštího zasedání, bylo jeho pozvání do Istanbulu vřele přijato. O Turecku je známo, že prostřednictvím TSE sleduje dění v CEN velmi intenzivně, dále je členem Mezinárodní organizace pro normalizaci (ISO), zastupuje technické, vědecké a ekonomické subjekty v kontaktu s odpovídajícími organizacemi EU.

Pracovního jednání se účastnilo na 30 odborníků z členských států a dále hosté z přidružených organizací CEN. Českou republiku reprezentovali zástupci CTN Atelier DEK. Vzhledem k odborné problematice jednání, která se v některých bodech prolínala s oborem požární bezpečnosti staveb a zkoušením a také s požární klasifikací stavebních výrobků, se jednání účastnil za ČR také specialista na požární bezpečnost.

Na zasedání byl přítomen i zástupce Slovenské republiky. Ačkoli se Slovensko zasedání CEN/TC 254 dosud neúčastnilo, byla komisi přítomnost jeho zástupce vnímána velmi kladně. Toto je jeden z důkazů, že evropská normalizace je otevřena každému subjektu, který má zájem se jí účastnit.

Dvoudenní pracovní program měl obvyklou strukturu. Po formálním úvodu a představení všech delegátů, byl přijat program jednání. Dominantní část jednání byla vyčleněna pro zprávy z jednotlivých subkomisí (SC), pracovních skupin (WG) a úkolových skupin

(TG) CEN/TC 254, které informují, co se od posledního zasedání komise v jejich působnosti událo, jak jsou daleko jimi rozpracované úkoly a jaké nové úkoly vyvstaly (struktura CEN/TC 254 a CEN/TC 128 viz tabulka 1). Tyto skupiny také řeší úkoly, které jsou pro ně společné a je nutné je dořešit koordinovaně. Proto je zasedání celé komise vhodným místem k jejich plnění s tím, že závěry jsou pro zúčastněné společné. Pravidelně se jednání účastní i představitelé organizací CEN/TC 254 přidružených. Jde zejména o nadnárodní organizace a svazy, které s komisí formou poskytování odborníků nebo technického zázemí spolupracují na konkrétních kolech. Odborníci z přidružených organizací jsou často zároveň i členy komise. V závěrečné fázi programu, byla rozhodnutí, učiněná během jednání, stvrzena oficiálním hlasováním zástupců členských zemí a také byl dojednan termín a místo dalšího zasedání. V roce 2009 se komise CEN/TC 254 sejde dne 28. května v irském Dublinu.

Podrobný zápis z jednání, pořízený zástupci ČR, byl předán ČNI a je také vystaven na www.tnk65.cz. Vybrané problematiky z jednání jsou uvedeny v následujícím textu.



Obrázek 1 - Zasedání CEN-TC 254

2.1 Vybrané technické problematiky z jednání komise

2.1.1 Norma prEN 14695 Hydroizolační pásy a folie - Hydroizolace betonových mostovek a ostatních pojižděných betonových ploch – Definice a charakteristiky

CEN/TC 254 je zodpovědná za tvorbu, opravy, revize a správu evropských výrobních norem pro hydroizolační pásy a folie. Systém těchto norem je v současné době členěn tak, že pro každou oblast a umístění výrobku ve stavbě existuje samostatná norma. Příkladem mohou být výrobní normy pro vyztužené asfaltové pásy EN 13707 [1], resp. EN 13969 [2] pro hydroizolaci střeš, resp. spodní stavby. Obě normy byly v ČR převzaty překladem v roce 2004 a jsou již revidovány. V případě EN 13707 se dokonce pracuje již na druhé revizi.

Pro oblast hydroizolace mostovek (a ostatních pojižděných betonových ploch) výrobní norma stále není platná. Norma byla již v loňském roce připravena, ale neprošla těsným výsledkem oficiálním hlasováním členských zemí CEN (výsledek 69 %, potřeba je 71 %). Až při konečném hlasování se objevily připomínky Spojeného království (UK), které hlasovalo proti přijetí a hlas této jediné země výsledek hlasování zvrátil. Anglický specialista se při hlasování vyjádřil, že postup podle zkušebních norem EN 1928 [3] a EN 14694 [4],

kteří ověřují hydroizolační vlastnosti výrobku, není v UK obvyklý a není jisté, zda výrobky zkoušce vyhoví a jaký to pak bude mít vliv na trh. Zároveň v říjnu 2007 proběhlo v UK setkání, iniciované vládním silničním sdružením, která rozhodlo, že ustanovení této normy, týkající se povinnosti deklarace vodotěsnosti asfaltového pásu podle uvedených EN, není v souladu s anglickým regulačním nařízením (Chloride ion and aggregate indentation), které sleduje vliv chloridu na vodotěsnost výrobku (BD 47 Resistance to aggregate indentation - chloride ion). Zástupce UK, přítomný na istanbulském zasedání, přítomné upozornil, že tento názor není názorem anglických odborníků a zároveň se za komplikaci při zavedení normy přítomným omluvil. Odborné stanovisko podpořil i rakouský delegát se zkušenostmi z alpských silnic, kde je velké množství mostů. Rakouské zkušenosti ukazují, že asfaltové pásy pro hydroizolace mostovek na bázi olejů v tloušťkách 8 mm až 32 mm vyztužené polyesterovou vložkou jsou odolné vůči chloridovým kyselinám a fungují bez závad.

V závěru diskuse tajemník CEN/TC 254 informoval, že předmětné hlasování neproběhlo zcela podle pravidel, protože UK nemělo během zpracování normy žádné námítky a při hlasování se vyjádřilo v rozporu s dosud zastávaným názorem. Zároveň uvedl, že anglické regulační nařízení navíc nespadá vůbec pod účinnost prEN 14695. I takovému přehmaty se mohou v procesu tvorby evropských norem stát, a proto je dobré, když mezinárodní dění sleduje za jednu zemi více subjektů a ty navzájem spolupracují. V uvedeném případě je zřejmé, že tomu tak nebylo. V komisi se aktuálně řeší, jakým způsobem zpřístupnit normu pro užívání co nejrychleji. Je totiž nutné dodržet postupy a mandáty CEN a je možné, že zpoždění normy, na kterou trh čeká, bude i v řádu let.

2.1.2 Zjednodušení klasifikace třídy reakce na oheň (EN 13707/prA2)

Klasifikace třídy reakce na oheň (třídy A1, A2, B, C, D, E a F) podle EN 13501-1 je jedním ze základních technických parametrů stavebního výrobku. Jednotná evropská klasifikace podle EN 13501-1 nahradila od 1. 1. 2007 národní předpisy zemí ES. S přijetím nové evropské normy musely být všechny stávající výrobky překlasifikovány podle jednotné metodiky a zároveň každý nový výrobek, u něhož se tato klasifikace požaduje, musí být prověřen zkouškou. Harmonizované výrobní normy stanovují povinnosti výrobce včetně rozsahu potřebných zkoušek, které je nutné na výrobku provést, před jeho uvedením na trh. Zkouška pro klasifikaci reakce na oheň musí být obvykle provedena na každém typu výrobku, výrobce nemůže provádět klasifikaci sám, musí být provedena tzv. notifikovanou osobou, která je kompetentní posuzovat výrobky označené CE. Proto je zkoušení pro výrobce drahé a v neposlední řadě také organizačně a časově náročné. V některých případech proto výrobce raději volí klasifikaci nejhorším stupněm F, který není nutné prověřit zkouškou. Toto však diskvalifikuje výrobky, které mohou mít po ověření klasifikace zkouškou výsledek lepší. Proto zaznává zejména z řad výrobců požadavek na zjednodušení této klasifikace, a to i vzhledem k tomu, že reakce na oheň je podle definice výrobní zkouška, na rozdíl od požární odolnosti, což je zkouška složeného systému. Proto bylo po mnoha diskuzích v rámci celé komise připraveno doplnění připravované změny EN 13707/prA2 o následující text:

1) Výsledky zkoušky podle EN ISO 11925-2 [5] pro výrobek se stanoveným typem vyztužné vložky a stanoveným složením asfaltové směsi se stanoveným procentem organických látek lze použít pro stejný výrobek s nižším procentem organických látek.

2) Výsledky zkoušky podle EN ISO 11925-2 pro výrobek se stanoveným typem výztužné vložky a stanoveným složením asfaltové směsi, lze použít pro výrobek se stejným složením asfaltové směsi a anorganickou vložkou.

3) Výsledky zkoušky podle EN ISO 11925-2 pro výrobek se stanoveným typem výztužné vložky a stanoveným složením asfaltové směsi o tloušťce větší než 2 mm nebo plošné hmotnosti větší než 2 kg/m², lze použít pro jakýkoli výrobek se stejným typem výztužné vložky a stejnou asfaltovou směsí o menší tloušťce nebo plošné hmotnosti, ne však méně než 2 mm, resp. 2 kg/m².

4) Výsledky zkoušky podle EN ISO 11925-2 pro výrobek se stanoveným typem výztužné vložky a stanoveným složením asfaltové směsi o tloušťce menší než 2 mm nebo plošné hmotnosti menší než 2 kg/m² lze použít pro jakýkoli výrobek se stejným typem výztužné vložky a stejnou asfaltovou směsí o větší tloušťce nebo plošné hmotnosti, až do 2 mm, resp. 2 kg/m².

Přijetí uvedených ustanovení by mělo zmenšit počet nutných zkoušek, a tím snížit nutné náklady výrobců a jejich čas při zachování bezpečnosti výrobku.

2.1.3 Zkušební norma pro stanovení odolnosti proti sání větrem mechanicky kotvených povlakových hydroizolací střech

Asfaltové pásy a plastové fólie pro hydroizolaci střešních ploch mohou být k podkladu fixovány kotvením, lepením, natavením nebo přitížením. Pro odolnost spoje (odlupování ve spoji) mechanicky kotvených jednovrstvých systémů existuje zavedená zkouška. Odolnost mechanicky kotvené povlakové hydroizolace proti působení větru nebyla zatím výrobkovými normami sledována, i když tuto možnost fixace připouštějí. Pracovní skupina CEN/TC 254 WG3 proto připravila podklad pro zkušební normu EN (číslo není zatím stanoveno) [6], která vychází z ETAG 006 Systémy mechanicky kotvených pružných střešních hydroizolačních povlaků. ETAG 006 je předpis, který se však vztahuje na celý systém s kotvenou povlakovou hydroizolací, včetně vrstev podkladních, tepelněizolačních, parotěsnících atd.

Evropská zkušební norma by se měla vztahovat jen na vlastní hydroizolaci, zkoušenou v konečném použití. Výsledkem zkoušky je stanovení charakteristické hodnoty zatížení větrem, kterou je povlaková hydroizolace schopna přenést.

Pracovní skupina na zasedání informovala, že se během přípravných prací hovořilo o rozšíření předmětu normy o (částečně) přitížené pásy a fólie. Po krátké diskuzi bylo na zasedání rozhodnuto, že rozšíření předmětu normy bude zatím odloženo. Upřednostní se nejdříve existence zkušební normy jen pro mechanicky kotvené hydroizolace a ostatní možnosti mohou být zpracovány v další fázi.

2.1.4 CE štítek s odkazem www stránky na výrobce

CE štítek je označením výrobku, obsahující evropskou značku shody CE a případné doprovodné informace o výrobku, umístěvané buď přímo na výrobek nebo obal výrobku nebo průvodní dokumentaci výrobku. Označení má za úkol informovat o bezpečnosti výrobku a možnosti jeho volného pohybu v oblasti zemí ES. Značení je povinné pro výrob-

ky, pro které existují harmonizované evropské předpisy a zároveň pro ně skončilo přechodné období platnosti národních dokumentů. V ČR je tato povinnost stanovena zákonem 190/2002 Sb., v platném znění pozdějších předpisů.

Harmonizované výrobkové normy (např. EN 13707) totiž odkazují v souvislosti se značením CE na informace v průvodní obchodní (technické) dokumentaci výrobce. V době psaní původního textu normy, byly tímto ustanovením pravděpodobně myšleny skutečné papírové dokumenty výrobce, ne jejich vystavení na www stránkách. Téma odkazu www na CE štítek bylo otevřeno již na zasedání subkomise CEN/TC 254 SC1 ASFALTOVÉ PÁSY, konaném 17. dubna 2008 v Berlíně. Na jednání bylo objasněno, že problematika je společná pro celou komisi, protože se dotýká všech výrobkových norem v její působnosti. Proto není v kompetenci subkomise toto řešit a téma bylo znovu otevřeno na zasedání celé CEN/TC 254. Ale i na zasedání celé komise vyšlo najevo, že problematika je širší a je jí nutno řešit centrálně pro všechny oborové technické komise CEN. Přítomnými delegáty bylo potvrzeno, že na trhu jsou již výrobky, které na CE štítcích odkaz na www již používají, i když nejspíše v rozporu s původním záměrem normy. Vedením komise bylo zase informováno, že některé jiné komise již odsouhlasily normy, které povolují odkaz na www výrobce použít. Podle aktuálního sdělení CEN, bylo toto předčasné a normy budou muset být před oficiálním vydáním opraveny.

2.1.5 Zkušební norma pro měření emisivity podkladních a parotěsnících pásů a fólií

Na loňském zasedání CEN/TC 254 vystoupil zástupce Lucemburska s požadavkem na tvorbu zkušební normy, která by se zabývala emisivitou reflexních podkladních pásů a fólií pro pojistné hydroizolace pro skládané krytiny a stěny a plastových a pryžových parozábran. Zkoušení výrobků by mimo jiné mělo být prováděno také po určité době používání výrobku (vliv stárnutí). Přítomným delegátům byl vysvětlen během krátké prezentace princip reflexe a pohltivosti materiálů. Na konec jednání byla vytvořena úkolová skupina, již se zástupce Lucemburska stal členem, a přítomní delegáti byly vyzváni k účasti. Do pracovní skupiny se zapojilo šest členských států. Na podzim 2007 se skupina sešla na pracovním jednání a připravila pracovní text zkušební normy s podklady pro tři různé zkušební postupy pro zkoušení emisivity. Aktuálně jsou vzorky podle zvolených metodik zkoušeny v osmi různých laboratořích, které zajistili členové skupiny. Výsledkem jejich práce by měla být volba jediné zkušební metodiky a upřesnění dalších ustanovení návrhu textu, který by měl být připraven přibližně za jeden rok.

2.1.6 Předání norem CEN/TC 189 do CEN/TC 254

Jednání CEN/TC 254 se jako host zúčastnil pan Jochen Müller Rochholz, představitel textilního zkušebního institutu tBU (Institut für textile Bau- und Umwelttechnik), který referoval o službách německým institutem nabízených, o obvyklých nedostatcích výrobků na trhu apod. Pan Rochholz je zároveň předsedou technické komise CEN/TC 189 GEOSYNTETIKA. K diskusi přišlo i téma součinnosti komisí CEN/TC 189 a CEN/TC 254, a to poté, co delegát ČR vznesl dotaz o možném předání těchto norem do CEN/TC 254, z důvodu návaznosti na povlakové hydroizolace (např. EN 13491 [7], EN 13362 [8]). Tyto normy se zabývají především plastovými fóliemi pro konstrukce skládek, tunelů a nádrží. Výzva českého delegáta byla vyslovena se záměrem sjednotit názvosloví a možnosti použití jednoho typu výrobku do více různých konstrukcí a zjednodušit tak zkoušení výrob-

ků. Dalším argumentem je skutečnost, že v CEN/TC 189 nejsou zastoupeni výrobci fólií, kteří jsou významnými na trhu fólií pro tunely a spodní stavby objektů. Předsedou komise bylo informováno, že o předání usiluje více stran již několik let. I CEN/TC 254 o předání usilovala již asi před deseti let, bohužel v té době CEN/TC 189 předání důrazně zamítla. Vzhledem ke společnému zájmu členů CEN/TC 254 tajemník komise na popud českého delegáta slíbil vznést opětovný dotaz na vedení CEN, zda by mohlo přikázat CEN/TC 189 předání předmětných norem do CEN/TC 254.

2.2 Vybrané zprávy z přidružených organizací

2.2.1 International Federation of Roofing Contractors (IFD)

IFD je jednou z oborových organizací, spolupracujících s CEN/TC 254. Organizace např. od roku 2005 provádí výzkum pod názvem EUR Active Roofers Project (EAR), který se zabývá „aktivními“ střechami. Za „aktivní“ střechu lze považovat střešní konstrukci, jejíž komponenty vyrábí solární energii, ohřívají vodu, zajišťují přirozené osvětlení objektu nebo jeho větrání. Projektu, který bude ukončen v letošním roce, se účastní 32 odborných členů z 13 zemí. V rámci projektu proběhlo praktické zkoušení střešních konstrukcí, zatěžovaných různými přírodními vlivy (zemětřesení, sníh, vítr, hnaný déšť). Projekt zahrnuje studie propustnosti vodní páry střešní konstrukcí, chování sněhu na střeše apod.

Jedním z výstupů projektu bude „katalog nejlepších zkušeností“ s databází řešení pro architektu a projektanty, který jim pomůže s návrhem konkrétních řešení „aktivních“ střech, protože v současné době jsou projektantům často dostupné jen podklady výrobců, které jsou nedostatečné a nepostihují problematiku střech komplexně. IFD mluví v souvislosti s projektem dokonce o specializovaném střešním inženýrství.

Cílem IFD je poznatky projektem získané začlenit do normativního dokumentu. Také proto tajemník IFD, pan Deflech Stauch, prezentoval připravovaný dokument jako velmi cenný pro CEN/TC 128 a CEN/TC 254 a obrátil se na předsedu komise s dotazem, zda má o tyto informace CEN/TC 254 zájem. Zároveň informoval, že EAR je v kontaktu i s Evropskou organizací pro technická schválení (EOTA), které také připravovaný dokument nabízí.

Prezentace projektu byla pro účastníky zasedání velmi zajímavá a shodli se, že by se jim měla CEN/TC 254 zabývat. Ale bez znalosti finálního dokumentu nebylo možné učinit konečné rozhodnutí, proto bude po dokončení projektu dokument komisi k dispozici, a ta ho až poté posoudí.

2.2.2. Kongres IFD 2008 a mistrovství světa mladých pokrývačů

Tajemník IFD na zasedání CEN/TC 254 zároveň informoval o výročním 56. kongresu IFD a 21. Mistrovství světa mladých pokrývačů. Obě akce se budou konat ve dnech 4. - 8. října 2008 v Praze pod záštitou Hospodářské komory ČR. Organizátorem a odborným garantem je Cech klempířů, pokrývačů a tesařů ČR, jako partner a člen IFD.

Soutěž mladých pokrývačů bude rozdělena do tří oborových disciplín: pokrývání šikmých střech – obor pokrývač, pokrývání rovných střech – obor izolatér, montáž plechové krytiny – obor stavební klempíř. S Cechem KPT se také přípravných prací účastní ATE-

LIER DEK, který tvoří technické podklady v českém a anglickém jazyce a během konání budou jeho odborně znalí technici k dispozici mentorům soutěže pro komunikaci se soutěžícími z různých zemí světa.

3. Zhodnocení a závěr

V oblasti evropských výrobních norem je nutné si uvědomit, že tyto normy jsou pro výrobce předpisem pro uvedení bezpečného výrobku na evropský trh. Většina výrobních norem pro oblast hydroizolace staveb a pro prvky střešních pláštů je již v ČR zavedena a používána. K mnohým převzatým evropským normám již vyšly opravy a změny. Přehled rozpracovaných norem CEN/TC 128 a CEN/TC 254 je uveden v tabulce 2. Převážná část mezinárodní práce v CEN se v současné době soustřeďuje právě na revize již používaných výrobních a zkušebních norem. Zejména zástupci z výrobní sféry a z zkušebních laboratorů jako např. z OL 123 na FSv. ČVUT v Praze mají dostatek poznatků s jejich používáním a mají šanci své připomínky zapracovat do změn. Vzhledem k tomu, že evropské normy vznikají na principu konsenzu, má každý zainteresovaný subjekt příležitost se evropské normalizace účastnit. A není tajemstvím, že tvorba evropských norem probíhá především pod vlivem velkých výrobců, kteří již pochopili, že je pro ně výhodnější být v centru dění, než jen změny pasivně přijímat. V oblasti národní a evropské normalizace jsou specialisté z TNK 65 připraveni spolupracovat s českými subjekty, které by měly o součinnost zájem.

Tabulka 2 – Přehled rozpracovaných norem CEN/TC 128 a CEN/TC 254

CEN/TC 128			
Číslo	Jméno	Harmoznizace 89/106/ES	Předpokládané datum zpřístupnění
prEN 1013	Light transmitting single skin profiled plastics sheets for internal and external roofs, walls and ceilings - Requirements and test methods	ano	2009-07
EN 14509:2006/prAC	Self-supporting double skin metal faced insulating panels - Factory made products - Specifications	ano	2007-07
EN 539-2:2006/prAC	Clay roofing tiles for discontinuous laying - Determination of physical characteristics - Part 2: Test for frost resistance	ano	2008-08
CEN/TC 254			
Číslo	Jméno	Harmoznizace 89/106/ES	Předpokládané datum zpřístupnění
prEN 14695	Flexible sheets for waterproofing - Reinforced bitumen sheets for waterproofing of concrete bridge decks and other concrete surfaces trafficable by vehicles - Definitions and characteristics	ano	2007-07
prEN xxxxx	Flexible sheets for waterproofing - Bitumen, plastic and rubber sheets for roof waterproofing - Determination of wind uplift resistance	ne	2010-07
prEN 1107-1 rev	Flexible sheets for waterproofing - Part 1: Bitumen sheets for roof waterproofing - Determination of dimensional stability	ne	2010-07

prEN 1110 rev	Flexible sheets for waterproofing - Bitumen sheets for roof waterproofing - Determination of flow resistance at elevated temperature	ne	2010-07
prEN 1847 rev	Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber sheets - Methods for exposure to liquid chemicals, including water	ne	2010-07
prEN 1849-2 rev	Flexible sheets for waterproofing - Determination of thickness and mass per unit area - Part 2: Plastic and rubber sheets	ne	2010-07
prEN 12311-2 rev	Flexible sheets for waterproofing - Determination of tensile properties - Part 2: Plastic and rubber sheets	ne	2010-07
prEN 12317-2 rev	Flexible sheets for waterproofing - Determination of the shear resistance of joints - Part 2: Plastic and rubber sheets	ne	2010-07
prEN 13111 rev	Flexible sheets for waterproofing - Underlays for discontinuous roofing and walls - Determination of resistance to water penetration	ne	2010-07
prEN 13859-1 rev	Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 1: Underlays for discontinuous roofing	ne	2010-07
prEN 13859-2 rev	Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 2: Underlays for walls	ne	2010-07
EN 13707:2004/ prA2	Flexible sheets for waterproofing - Reinforced bitumen sheets for roof waterproofing - Definitions and characteristics	ano	2009-05
EN 13967:2004/ prA2	Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof sheets including plastic and rubber basement tanking sheet - Definitions and characteristics	ano	2010-06
EN 14909:2006/ prA1	Flexible sheets for waterproofing - Plastic and rubber damp proof courses - Definitions and characteristics	ano	2010-06
prEN xxxxx	Flexible sheets for waterproofing - Determination of emissivity of underlays and vapour control layers	ne	2011-07
EN 13859- 1:2005+A1:2008	Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 1: Underlays for discontinuous roofing	ano	2008-10
EN 13859- 2:2004+A1:2008	Flexible sheets for waterproofing - Definitions and characteristics of underlays - Part 2: Underlays for walls	ano	2008-10

[1] EN 13707 Hydroizolační pásy a fólie - Vyztužené asfaltové pásy pro hydroizolaci střeš -

Definice a charakteristiky

[2] EN 13969 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové pásy do izolace proti vlhkosti a asfaltové

pásy do izolace proti tlakové vodě - Definice a charakteristiky

[3] EN 1928 Hydroizolační pásy a fólie - Asfaltové, plastové a pryžové pásy a fólie pro hydroizolaci střeš - Stanovení vodotěsnosti

[4] EN 14694 Hydroizolační pásy a fólie - Hydroizolace betonových mostovek a ostatních pojížděných betonových ploch - Stanovení odolnosti předem narušených pásů proti dynamickému vodnímu tlaku

[5] EN ISO 11925-2 Zkoušení reakce na oheň - Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení plamene - Část 2: Zkouška malým zdrojem plamene

[6] Hydroizolační pásy a fólie – Stanovení odolnosti proti zatížení větrem mechanicky kotvených pásů a fólií pro hydroizolaci střeš)

[7] EN 13491 Geosyntetické izolace - Vlastnosti požadované pro použití jako hydroizolace při stavbě tunelů a podzemních staveb

[8] EN 13362 Geosyntetické izolace - Vlastnosti požadované pro použití při stavbě kanálů

Zpracováno za podpory výzkumného záměru MSM 6840770031

MĚŘENÍ DIFÚZNÍ PROPUSTNOSTI BETONU S APLIKOVANOU KRYSTALIZAČNÍ HYDROIZOLACÍ

Ing. Jiří Pazderka, Ph.D.1

Doc. Ing. Eva Burgetová, CSc. 1

Dipl.-Ing. Dr.techn. Clemens Hecht 2

1) ČVUT, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29
Praha 6

2) TU Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, Institut für Hochbau und Technologie,
Zentrum für Bauphysik und Bauakustik, Karlsplatz 13/2062, 1040 Wien

Anotace

Znalost vlivu krystalizačních hydroizolací na difúzní propustnost betonu je velmi důležitá pro správný návrh konstrukcí z hlediska stavební fyziky. Pro betonové konstrukce s aplikovanou krystalizační hydroizolací nebyly doposud publikovány přesné hodnoty faktoru difúzního odporu. Příspěvek popisuje měření difúzní propustnosti betonu s krystalizační hydroizolací dle ČSN EN ISO 12572 a současně uvádí srovnání s metodikou měření dle rakouské ÖNORM B 6016.

Úvod

Krystalizační hydroizolace jsou netradičním typem hydroizolačních materiálů, které se ve světě začaly ve větším měřítku používat v 70. letech minulého století a na našem trhu se objevily po roce 1989. Jedná se o hydroizolační systém na bázi cementu určený k aplikaci na nové i starší betonové konstrukce. Krystalizační hydroizolace jsou vyráběny ve formě prášku, jehož dominantní složku tvoří jemně mletý portlandský cement, dále obsahují menší množství jemného křemičitého písku (jeho podíl se u jednotlivých typů výrobků mění) a speciální přísady, jejichž složení se mění dle konkrétního výrobce.

Všechny krystalizační hydroizolace využívají stejný funkční princip. Jeho základem je katalytická reakce, která vyvolá v pórovém systému betonu dodatečný krystalizační proces, jehož důsledkem je zaplnění prakticky všech kapilárně aktivních pórů betonu utěšňujícími krystaly. Tento proces probíhá vždy ve hmotě betonu a to i v případě povrchové aplikace formou nátěru (utěšňující krystaly „prorůstají“ z natřeného povrchu betonu do hloubky). Výsledkem je vznik vodonepropustné struktury betonu.

Výrobci krystalizačních hydroizolací ve svých materiálech často udávají vysokou difúzní propustnost betonu s aplikovaným krystalizačním materiálem, ale bez uvedení exaktně naměřených hodnot.

Pro použití krystalizačních hydroizolací v konstrukcích s komplikovanými vlhkostně-fyzikálními poměry (sanace spodní stavby), je nezbytné znát přesnou hodnotu difúzní propustnosti betonu s aplikovanými krystalizačními materiály. Pouze na základě těchto hodnot bude možné modelovat detaily konstrukcí s aplikovanou krystalizační hydroizolací z hlediska stavební fyziky.

1 Metodika měření difúzní propustnosti, legislativa

Výchozím podkladem pro měření difúzní propustnosti stavebních materiálů v ČR je norma [1]. Měření difúzní propustnosti krystalizačních materiálů uvedené v tomto článku bylo provedeno dle této normy. Protože měření probíhalo v laboratořích TU Wien - Institut für Hochbau und Technologie, je pro porovnání uvedena také metodika měření dle rakouské normy [2].

Nejčastěji v praxi používanou veličinou vyjadřující difúzní propustnost stavebního materiálu je faktor difúzního odporu μ [-]. Normy [1] a [3] uvádějí dvě základní metody pro měření difúzní propustnosti materiálů. Jedná se o metodu „suché misky“ a metodu „mokré misky“. Metody se od sebe liší rozdílnými okrajovými podmínkami během měření, v důsledku čehož jsou výsledně naměřené (a numericky stanovené) hodnoty difúzní propustnosti rozdílné. Hodnoty naměřené metodou „suché misky“ jsou vhodné pro výpočet takových stavebních konstrukcí, které jsou zabudovány v suchém prostředí s relativní vlhkostí vzduchu $\varphi \leq 60\%$. Naopak hodnoty naměřené metodou „mokré misky“ se použijí pro výpočet konstrukcí zabudovaných ve vlhkém prostředí s $\varphi \geq 60\%$.

Princip měření difúzní propustnosti stavebního materiálu spočívá v měření množství vodní páry prostupující materiálem vlivem rozdílných relativních vlhkostí prostředí na obou stranách vzorku. V praxi se množství prostupující vodní páry měří jako úbytek hmotnosti zkušební sestavy v průběhu zkoušky. Cílem zkoušky je nalézt směrnicí tohoto procesu G [kg/s], tzn. ustálené množství prostupující vodní páry za jednotku času. Na základě této hodnoty (a dalších hodnot - rozměry vzorku, atd.) je možné vyčíslit faktor difúzního odporu materiálu. Obě metody uvedené v normě [1] využívají pro měření difúzní propustnosti materiálu prostředí o stejné teplotě vzduchu, a to 23°C (stejnou teplotu předepisuje [2]). Hodnoty relativní vlhkosti jsou však pro každou z metod rozdílné:

- Metoda „suché misky“ používá pro měření zkušební prostředí s relativní vlhkostí vzduchu 0% na jedné straně vzorku a 50% na druhé straně. Druhou (méně často používanou) variantou metody „suché misky“ je měření v prostředí s relativní vlhkostí 0% na jedné straně vzorku a 85% na druhé straně. Norma [2] uvádí pro metodu „suché misky“ pouze jednu variantu, a to 0% na jedné straně vzorku a 50% na druhé straně).
- Metoda „mokré misky“ využívá pro měření prostředí s relativní vlhkostí 50% na jedné straně vzorku a 95% na druhé straně (stejně jako [2]).

Kromě výše uvedených hodnot relativní vlhkosti prostředí pro obě metody uvádí norma [1] ještě další variantu zkoušky, která používá pro měření zkušební prostředí s vlhkostí 0% na jedné straně vzorku a 95% na druhé straně. Tuto zkoušku by bylo možné zařadit (vzhledem k vlhkostním poměrům na první straně vzorku) jako další variantu metody „suché misky“, avšak v praxi se hodnoty naměřené touto zkouškou vyskytují jen zřídka ([2] nabízí tuto variantu zkoušky, pokud pro daný případ není předepsána žádná z předcházejících možností zkoušky).

Požadované vlhkostní prostředí na straně vzorku, které je difúzně uzavřeno (typicky v misce) se dosahuje použitím chemikálií, předepsaných normou [1] pro daný typ zkoušky.

Celá zkušební sestava je obvykle umístěna v klimatické komoře, kde je nastavena požadovaná relativní vlhkost a teplota, která působí na druhý povrch vzorku.

2 Popis experimentu, výroba vzorků a příprava zkušebního zařízení

Cílem experimentu bylo porovnání difúzní propustnosti betonu s aplikovanou krystalizační hydroizolací nátěr/příměs a prostého betonu (bez krystalizačního materiálu) shodného složení a stáří.

Základem pro výrobu vzorků se staly standardní zkušební betonové krychle o délce hrany 150 mm. Celkem byly pro experiment vyrobeny 3 materiálově odlišné krychle (beton s krystalizační příměsí, beton s krystalizačním nátěrem, referenční beton), jejichž základem byl beton třídy C 16/20. Technologie zpracování směsi a ošetřování betonu byly provedeny v souladu s normou [4]. Stejně tak aplikace krystalizační hydroizolace byla provedena v souladu s uživatelským manuálem výrobce krystalizačního materiálu [6]. Po dozrání betonu i krystalizačního nátěru byly z každé krychle vyříznuty 2 plátky o rozměrech 150 x 150 x 30 mm tak, aby jeden z jeho čtvercových povrchů (150 x 150mm) byl původní povrch krychle. Parametry jednotlivých vzorků jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Zkušební vzorky pro měření difúzní propustnosti

Označení vzorku	Třída základního betonu	Použitý druh krystalizační hydroizolace	Název krystalizačního materiálu	Rozměry vzorku (mm)	Počet vzorků (ks)
KN	C 16/20	Krystalizační nátěr	Penetron	150 x 150 x 30	2
KP	C 16/20	Krystalizační příměs	Penetron Admix	150 x 150 x 30	2
PB	C 16/20	Bez úpravy	-	150 x 150 x 30	2

Před osazením vzorku do zkušební sestavy byl povrch každého vzorku dokonale očištěn, aby byl zcela vyloučen vliv nečistot na výslednou difúzní propustnost vzorku (obr. 1). Pro měření jednodimenzionálního prostupu vodní páry zkušebním tělesem bylo nutné difúzně uzavřít všechny 4 boční strany těles parafinem (obr. 2). Parafin byl aplikován na vzorky ve dvou vrstvách.



Obr. 1: Čištění povrchu vzorku stlačeným vzduchem



Obr. 2: Vzorek s aplikovaným parafinem

Zkušební sestava byla složena ze skleněné nádoby čtvercového půdorysu o rozměrech 150 x 150 mm, na které byl osazen zkušební vzorek. Do nádoby byl nejprve nalit roztok Ba Cl₂ + 2 H₂O udržující v uzavřeném prostředí relativní vlhkost vzduchu 95%. Po osazení vlastního zkušebního tělesa byla spára mezi tělesem a nádobou utěsněna silikonem tak, aby nedocházelo k úniku vodní páry (obr. 3).

3 Průběh měření

Zkušební sestavy byly umístěny do klimatické komory se stálou teplotou 23oC a relativní vlhkostí vzduchu 50%. V případě zkušebních těles z betonu s příměsí a těles z betonu s nátěrem bylo každé ze dvou zkušebních těles z páru umístěno do nádoby odlišně: jedno z těles bylo vždy obráceno řeznou plochou, resp. plochou bez nátěru směrem dovnitř nádoby, zatímco druhé těleso bylo obráceno na stejnou stranu odformovaným, resp. natřeným povrchem.



Obr. 3: Zkušební sestavy - uložení v klimatické komoře

Množství prostupující vodní páry bylo měřeno vážením zkušební sestavy a zaznamenávání úbytku hmotnosti. Měření bylo prováděno z počátku v intervalech 2-3 dny. Později, když už byla křivka difúzního toku vodní páry v čase (graf 1) ustálená, se interval mezi jednotlivými měřeními prodloužil. K vážení byly použity váhy vážící s přesností

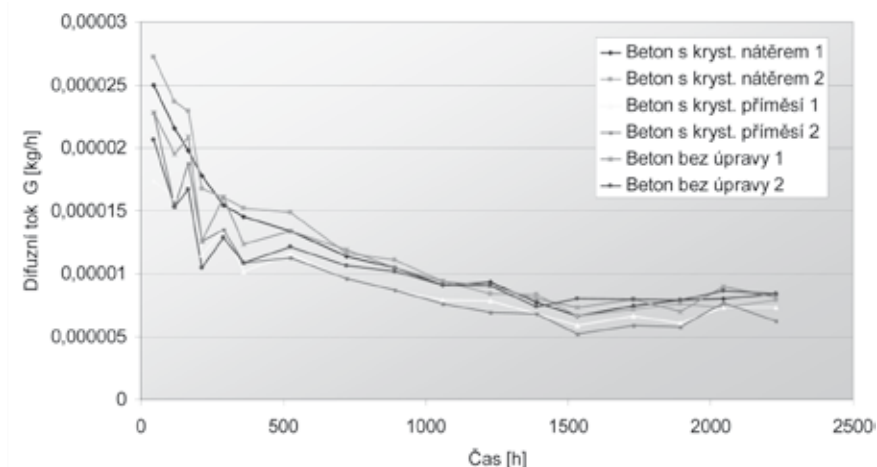
na 0,05 g, což vzhledem k celkové váze zkušební sestavy (cca 2800 g) byla dostačující přesnost. V průběhu měření byla relativní vlhkost v klimatické komoře vyšší než jak stanovovaly podmínky zkoušky, a to o max. 2% (tedy 52%). Tato odchylka jedné z okrajových podmínek však byla zcela v toleranci požadavků normy [1], neboť ta připouští během měření odchylku relativní vlhkosti až o 3% (stejně jako rakouská norma [2], která uvádí, že pro daný typ zkoušky je možné měření při vlhkosti v rozsahu 47 - 53% na příslušné straně vzorku).

Celkově bylo provedeno 18 měření hmotnosti vzorků v průběhu cca 3 měsíců. Během měření nebyl zjištěn náhlý úbytek hmotnosti u žádné ze zkušebních sestav, což znamenalo, že všechny sestavy byly řádně utěsněny. Všechny naměřené hodnoty tedy bylo možno využít pro výpočet faktoru difúzního odporu.

4 Výsledky a jejich vyhodnocení

Základním výstupem ze zkoušky bylo stanovení množství prostupující vodní páry, měřené jako úbytek hmotnosti zkušební sestavy v průběhu zkoušky. Cílem zkoušky bylo nalezení směrnice tohoto procesu, tzn. ustálené množství prostupující vodní páry za jednotku času G [kg/h]. Směrnicí je možné stanovit tehdy, když je proces prostupu vodní páry dlouhodobě ustálený, tzn. hodnota úbytku hmotnosti zkušební sestavy se v 5ti po sobě jdoucích intervalech téměř neměnila. Z počátku experimentu je totiž prostup vodní páry

(vlivem technologie přípravy vzorku) vyšší, postupem času dochází k jeho nelineárnímu snižování, až dojde k jeho úplnému ustálení. V případě experimentu prováděného v rámci práce došlo k ustálenému procesu prostupu vodní páry přibližně po dvou měsících od zahájení zkoušky, přičemž další měsíc již byly naměřeny pouze téměř konstantní změny úbytku hmotnosti. Nelineární průběh hodnoty difúzního toku (snižování hmotnosti zkušební sestavy) v průběhu zkoušky je zobrazen v grafu 1. V pravé části grafu jsou již křivky přibližně rovnoběžné s vodorovnou osou grafu, což značí ustálené množství prostupující vodní páry v poslední fázi měření.



Graf 1: Difúzní tok vodní páry zkušebními tělesy v průběhu zkoušky

Faktor difúzního odporu měřeného materiálu μ byl vypočítán ze zkouškou stanovené hodnoty difúzního toku vodní páry G [kg/h], dále z hodnot relativní vlhkosti prostředí na obou stranách vzorku ϕ [%], teploty během zkoušky θ [oC], rozměrů zkušebního tělesa [mm] a tloušťkou vzduchové vrstvy mezi spodním okrajem tělesa a hladinou chemického roztoku v nádobě [mm]. Výpočet byl proveden podle metodiky uvedené v normě [1] (s přihlédnutím k [2]). Výsledný faktor difúzního odporu μ (uvedený v tabulce 2) byl pro každý ze tří druhů testovaných materiálů vypočten jako průměrná hodnota z posledních šesti měření a zároveň jako průměr z hodnot naměřených na obou zkušebních tělesech stejného druhu.

Tab. 2: Hodnoty faktoru difúzní propustnosti vypočtené z naměřených hodnot

Druh materiálu	Beton s krystalizačním nátěrem	Beton s krystalizační příměsí	Beton bez úpravy
Faktor difúzního odporu μ [-] (měřený metodou mokré misky)	71	85	71
Porovnání hodnoty μ	100%	120%	100%

Výsledky uvedené v tabulce 2 ukazují, že vzorky z betonu s krystalizační přísadou mají nejnižší difúzní propustnost (nejvyšší faktor difúzního odporu) ze všech tří druhů testovaných vzorků. Difúzní propustnost vzorků z betonu s krystalizačním nátěrem byla stejná jako u vzorků z betonu bez úpravy.

5 Závěr

Experiment provedený autorským kolektivem z FSv ČVUT a TU Wien jednoznačně prokázal, že:

- Faktor difúzního odporu μ [-] betonu s krystalizační přísadou Penetron Admix je o 20% vyšší než u betonu shodného složení bez přísady.
- Faktor difúzního odporu μ [-] betonu s krystalizačním nátěrem Penetron je přibližně stejný jako u betonu bez úpravy.

Uvedený experiment byl proveden pro krystalizační materiály Penetron. Vzhledem k prakticky stejnému funkčnímu principu všech krystalizačních hydroizolací lze očekávat, že závěry budou platné také pro krystalizační hydroizolace ostatních výrobců. Pro stanovení přesných hodnot faktoru difúzního odporu pro jednotlivé krystalizační hydroizolace je však třeba provést další měření pro každou z nich.

Článek byl vytvořen za podpory výzkumného záměru MSM 6840770001 - Spolehlivost, optimalizace a trvanlivost stavebních materiálů a konstrukcí.

Literatura

- [1] ČSN EN ISO 12572 - Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků - Stanovení prostupu vodní páry, ČSNI, Praha 2002
- [2] ÖNORM B 6016 - Ermittlung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 1994
- [3] ČSN 73 0540-3 Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty, ČSNI, Praha 2005
- [4] ČSN EN 206-1 - Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, ČSNI, Praha 2001
- [5] Pazderka J.: Analýza spolehlivosti krystalizačních hydroizolací a jejich uplatnění v oblasti pozemních staveb, disertační práce, ČVUT - Fakulta stavební, Praha 2008
- [6] Penetron - hydroizolační systém, ABF stavební katalog, CPM, spol. s r.o., Praha 2001

KONTROLA KVALITY NAVRHOVANIA A ZHOTOVOVANIA PODZEMNÝCH GARÁŽÍ

prof. Ing. Juraj Bilčík, CSc.

Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava

Tel.: +421 2 59 274 546, e-mail: bilcik@svf.stuba.sk

Anotácia

Za posledných 25 rokov sa vyskytli poruchy podzemných garáží, ktoré si vyžiadali vysoké náklady na sanáciu. V príspevku sa uvádzajú najzávažnejšie poruchy a s nimi spojené riziká, ako aj postup pri kontrole kvality navrhovania a zhotovenia podzemných garáží.

1. Úvod

Narastajúce množstvo porúch podzemných garáží vyžaduje vysoké náklady na sanáciu a oprávnené vyvoláva zvýšenú pozornosť nielen odbornej verejnosti. Aj v novostavbách sa zisťujú chyby, ktoré musia byť v rámci záručnej doby nákladne odstránené. Príčinou sú nedostatky vo vykonávacích projektoch a/alebo ich zhotovení. Navrhovanie na bezpečnosť sa vo všeobecnosti prísne sleduje. Na druhej strane sú vplyvy prostredia a prevádzky podzemných garáží na trvanlivosť nedostatočne zohľadnené a to napriek tomu, že opatrenia sú dlhšiu dobu zakotvené v normách a smerniciach [1], [2], [3], [4]. Trvanlivosť podzemných garáží najviac ohrozuje korózia výstuže spojená so zvýšenou vlhkosťou a prítomnosťou chloridov v podzemných priestoroch. Potvrdzujú to aj skúsenosti so stavom garáží nielen v zahraničí, ale aj v Čechách a na Slovensku [5], [6], [7].

2. Riziká navrhovania

Podzemné garáže sú vystavené dlhodobej vlhkosti od presakujúcej, či zavlečenej vody (stupeň prostredia XC3), ktorá je navyše obohatená chloridmi z posypových solí (XD3), ako aj miernemu mechanickému namáhaniu pojazdných plôch (XM1). Stupeň prostredia, ktorým je betónová konštrukcia vystavená závisí od výskytu trhlín, nepriepustnosti škár ako aj od výberu materiálov a kvality zhotovenia izolácie. Návrh musí zohľadniť uvedené stupne prostredia.

Korózia výstuže v podzemných garážach je iniciovaná karbonatáciou betónu alebo difúziou chloridových iónov. Obsah CO₂ v bežnej atmosfére má prakticky konštantnú hodnotu 0,03 % (t.j. približne 600 mg/m³ vzduchu). V garážach a tuneloch dosahuje obsah CO₂ až 0,2 %, čím sa výrazne urýchľuje postup karbonatácie betónu. Karbonatácia je spojená s poklesom pH na hodnotu menšiu ako 10, pri ktorej sa stráca stabilita pasívujúceho povlaku na výstuži (depasivácia), čo vedie k plošnej korózii oceleovej výstuže. Na povrchu betónu sa prejavuje tvorbou trhlín s výrazným červeno-hnedým zafarbením, prípadne odpadávaním betónovej krycej vrstvy.

Najzávažnejšie poruchy v podzemných garážach vyvoláva chloridmi iniciovaná korózia výstuže. Prítomnosť chloridov v betóne vyvoláva lokálnu hĺbkovú koróziu výstuže aj vo vysoko zásaditom prostredí. Tým dochádza k výraznému zmenšeniu prierezovej plochy výstuže. Kontaminovaná voda prenikajúca z povrchu stropnej dosky sa môže vodorovne

šířit' na spodnom povrchu výstuže, kde sa vplyvom plastického zmršťovania vytvorila dutina na styku s betónom. Touto cestou môžu chloridy vyvolať koróziu výstuže na veľkej ploche stropov podzemnej garáže.

Stropy podzemných garáží tvoria viacpoľové bezprievlakové stropné dosky. V oblastiach podpier vznikajú od priameho zaťaženia ťahové napätia na hornom povrchu dosky. Pri obmedzení vodorovných pretvorení, v dôsledku tuhého monolitického spojenie so zvislými nosnými prvkami (steny a stĺpy), vznikajú ťahové napätia aj od nepriameho zaťaženia (objemové zmeny betónu). V stropných doskách podzemných garáží je väčší predpoklad vzniku nadmerných deliacich trhlín ako v parkovacích domoch, lebo obvodové steny sú podstatne tuhšie. Vo všeobecnosti možno preto v stropných doskách predpokladať vznik deliacich trhlín, ktoré urýchľujú postup karbonatácie betónu, resp. chloridmi kontaminovanej vody k výstuži.

Usporiadanie a tesnenie dilatačných škár sa často podceňuje. Škáry sa často vyplnia polystyrénom a tesnia „trvale“ pružným tmelom. Toto riešenie nie je vhodné pre podzemné garáže. Pretvoriteľnosť pružného tmelu dosahuje okolo 20 %, pri šírke dilatačnej škáry v podlahe 15 mm to znamená, že tmel v dilatačnej škáre je schopný sledovať zmenu šírky o maximálne 3 mm. Škára je spravidla navyše namáhaná prejazdom vozidiel. Za účelom zabránenia prieniku vozidlami dovlečenej vody cez netesné dilatačné škáry v stropoch sa preto majú použiť špeciálne, pre tento účel vyrábané, dilatačné zariadenia.

Podlaha musí byť účinne odvodnená. STN 73 6058 predpisuje sklon $\geq 0,5^\circ$ ale vzhľadom na prípustné tolerancie a očakávané priehyby dosky sa odporúča sklon $\geq 2\%$. Nedostatočné odvodnenie podláh vedie k tomu, že vozidlami zavlečená zrážková voda, resp. sneh po rozmrazení, vytvárajú na podlahe kaluže. Táto voda, často obsahuje rozmrazovacie prostriedky a teda aj chloridy, preniká trhlinami a netesnými dilatačnými škárami do betónu stropov. Cez ne preteká aj na parkujúce vozidlá. Prvé náznaky pre transport vody v stropných doskách sú vlhké miesta, odlupovanie náterov a výluhy na ich spodnom povrchu.

Podzemné garáže sa nachádzajú často pod hladinou podzemnej vody. Vodonepriepustnosť základovej vane zabezpečuje buď povrchová hydroizolácia alebo vodonepriepustný betón (biele vane). V oboch prípadoch sa môžu vyskytovať priesaky vody. Príčinou netesnosti sú chyby povrchovej hydroizolácie, netesné škáry alebo trhliny. Prítomnosť podzemnej vody v garážach je nežiaduca z viacerých dôvodov:

- v stenách a stĺpoch stúpa voda kapilárnou vzliňavosťou. Prejavuje sa charakteristickými mapami, kde sa hromadia soli v kryštalickej podobe. Sprievodným javom je odpadávanie omietky a obkladov stien a stĺpov.
- odparujúca voda zvyšuje vlhkosť vzduchu v garáži, čo vytvára vhodné podmienky pre koróziu výstuže v betóne.
- voda môže vytvárať na podlahe kaluže a obmedzovať používateľnosť garáže.

Pre vytvorenie potrebnej hrúbky betónovej krycej vrstvy výstuže a kontrolu šírky trhlín sa neodporúča zhotovovať medzistropy zo spriahnutých stropov pomocou filigránových dosiek.

3. Riziká zhotovovania

V súčasnosti sa vodonepriepustnosť podzemných garáží takmer výlučne rieši technológiou bielej vane. Táto technológia, ktorá sa už viac ako 20 rokov úspešne používa (napr. v SRN), nebola až donedávna regulovaná predpismi. V roku 1999 vydali v Rakúsku smernicu pre konštruovanie, navrhovanie, technológiu a zhotovovanie bielych vaní [8]. V roku 2004 vydali smernicu pre plánovanie a zhotovovanie bielych vaní aj v SRN, ktorá má všeobecnejší charakter [9].

Prvky bielej vane – základová doska a steny sa zhotovujú v závislosti od zistenej triedy namáhania a zvolenej triedy vyžitia. Základová doska sa zhotovuje ako monolitická doska, naproti tomu stena bielej vane môže byť monolitická, prefabrikovaná alebo spriahnutá (prefa-monolit). Z hľadiska vzniku a rozvoja deliacich trhlín sa rozlišujú tieto spôsoby vyhotovenia konštrukcie bielej vane:

- konštrukcia bez deliacich trhlín - dosiahne sa konštruktívnymi, technologickými a výrobnými opatreniami
- konštrukcia s deliacimi trhlinami obmedzenej šírky - dosiahne sa návrhom a usporiadaním betonárskej výstuže
- konštrukcia s deliacimi trhlinami, ktoré sa dodatočne utesnia.

Návrh bielej vane bez deliacich trhlín je z hľadiska zhotovovania najnáročnejší variant, s viacerými rizikami. Konštrukcia s deliacimi trhlinami bez samoutesnenia predpokladá ich dodatočné injektovanie injektážnym materiálom na báze polyuretánových alebo akrylátových živíc. Životnosť týchto materiálov dosahuje zlomok trvanlivosti vodonepriepustného betónu, takže v priebehu životnosti podjazdu by bolo potrebné viacnásobné utesňovanie trhlín. Preto sa ako optimálny variant často volí biela vaňa s deliacimi trhlinami obmedzenej šírky, umožňujúce ich samoutesnenie predovšetkým usadzovaním uhličitanu vápenatého.

Pre betónové konštrukcie s deliacimi trhlinami obmedzenej šírky platia limitné šírky pre samoutesnenie trhlín podľa tab. 2.1.

Tab. 2.1 Limitné šírky trhlín pre samoutesnenie

Hydraulický spád $i = h_w/t$	Max. šírka trhliny pre samoutesnenie (mm)
≤ 10	0,20
od 10 do 15	0,15
od 15 do 25	0,10

Konštruktívne opatrenia

Medzi konštruktívne opatrenia na zabránenie vzniku nadmerných deliacich trhlín v základovej doske patrí úprava základovej škáry tak, aby bola uľahčená deformácia konštrukcie a/alebo vytvorenie dilatačných, resp. nepravých škár.

Na obmedzenie vzniku trhlín odporúča vytvorenie rovnej spodnej plochy základovej dosky. Táto požiadavka sa však často nezohľadní preto, že to v konkrétnom prípade nie je z dispozičného alebo funkčného hľadiska možné, respektíve sa projektant týmto problémom vôbec nezaobrá. V týchto prípadoch je dôležitá najmä spolupráca investora a projektanta.

Uloženie základovej dosky na deliace, resp. klzné vrstvy na styku so základovou zeminou, môže výrazne zmenšiť napätia od jej skrátenia pri ochladzovaní a zmrašťovaní.

Technologické opatrenia

Pod technologickými opatreniami sa rozumie predovšetkým návrh betónu vhodného zloženia. Pre vodonepriepustné konštrukcie treba zvoliť navrhovaný betón, resp. betón predpísaného zloženia, ktorý okrem základných požiadaviek (trieda pevnosti, stupeň vplyvu prostredia, maximálna horná medza frakcie kameniva, kategória obsahu chloridov a stupeň konzistencie) je aj vodonepriepustný. Ak sa má zabrániť vzniku deliacich trhlín, resp. obmedziť ich šírku navrhujú sa aj ďalšie technologické opatrenia. Betón by mal mať nízky vývoj hydratačného tepla a malú mieru zmrašťovania.

Vznik a rozvoj technologických trhlín v betóne významne ovplyvňuje rozdiel medzi teplotou betónu a obklopujúceho prostredia. V tejto súvislosti treba zohľadniť tieto vplyvy:

- teplotu čerstvého betónu
- zvýšenie teploty tvrdnúceho betónu od hydratačného tepla
- ochladzovanie betónu v konštrukcii
- klimatické vplyvy (včítane účinkov slnečného žiarenia).

V zásade je na zabránenie vzniku technologických trhlín výhodné ak má čerstvý betón nízku teplotu, pri tvrdnutí betón vyvíja málo hydratačného tepla a neskoršie sa iba pomaly ochladzuje.

Výrobné opatrenia

Spracovanie čerstvého betónu (zahŕňa jeho dopravu, uloženie do debnenia a zhutnenie) pre biele vane si vyžaduje dodržiavanie všeobecných požiadaviek platných pre zhotovenie betónových konštrukcií (prEN 13670: 2007). Návrh vyžaduje venovať pozornosť aj možnosti vyplavenia bielej vane od vztľaku vody, postupu betonovania na obmedzenie vynútených napätí a ošetrovaniu betónu.

Ošetrovanie betónu

Významnú časť ošetrovania betónu predstavuje zmenšenie odparovania chemicky neviazanej vody z mladého betónu. Najúčinnější forma ošetrovania, z tohto hľadiska, je uloženie betónu pod vodou. Ak to z rôznych dôvodov nie je možné, treba horný povrch základovej dosky, okamžite po uložení čerstvého betónu opatrit nástrekom proti odparovaniu vody. Po dosiahnutí pochôdnosti betónu sa na povrch uložia vlhčené rohože (napr. geotextília). Stupne ošetrovania čerstvého betónu sú uvedené v tab. 2.2.

Tab. 2.2 Stupne ošetrovania čerstvého betónu (prEN 13670)

	Stupeň ošetrovania 1	Stupeň ošetrovania 2	Stupeň ošetrovania 3	Stupeň ošetrovania 4
Doba ošetrovania (h)	12	-	-	-
Požadované percento 28 dňovej pevnosti betónu v tlaku	-	35 %	50 %	70 %

Pre stupeň ošetrovania 3 je minimálna doba ošetrovania do dosiahnutia 50 % charakteristickej pevnosti betónu. Minimálne doby ošetrovania betónu, v závislosti od povrchovej teploty betónu (prípadne teploty vzduchu) a pomeru 2 dňovej pevnosti (fcm2) k 28 dňovej pevnosti (fcm28) betónu udáva tab. 2.3.

Tab. 2.3 Minimálna doba ošetrovania betónu (prEN 13670)

Povrchová teplota betónu (teplota vzduchu)	Minimálna doba ošetrovania v dňoch		
	Vývoj pevnosti betónu $f_{cm2}/f_{cm28} = r$		
	rýchly $r \geq 0,5$	stredný $0,5 > r \geq 0,3$	pomalý $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4	7
$15 > t \geq 10$	2,5	7	12
$10 > t \geq 5$	3,5	9	18

4. Diagnostika

Nevyhnutným predpokladom úspešnosti akéhokoľvek zásahu na betónovej nosnej konštrukcii je preverenie jej stavu a chovania. V tejto fáze treba overiť odolnosť a skontrolovať použiteľnosť nosnej konštrukcie. Činnosť v tejto oblasti regulujú domáce, zahraničné i medzinárodné normy, v ktorých sa opisujú postupy na odhadnutie spoľahlivosti jestvujúcich stavieb. Zvýšená aktivita pri vydávaní týchto noriem súvisí najmä s narastajúcim podielom sanácií na celkovom objeme stavebných prác. Je v záujme investora touto činnosťou poveriť skúsenú a nezávislú organizáciu. Z domácich normových predpisov sa vyšetrovaniu jestvujúcich stavebných konštrukcií venuje ČSN 73 0038/86, z medzinárodných napr. ISO 13822 [10].

Na úvod diagnostiky sa urobí podrobná vizuálna prehliadka so záznamom všetkých chýb a porúch. Na základe jej výsledkov sa zostaví plán vyšetrovania. Vytýpuje sa počet a poloha charakteristických miest, tak aby boli zistené reprezentatívne hodnoty sledovaných veličín umožňujúce odhad stavu konštrukcie, degradácie materiálu a príčin porúch. Pri vyšetovaní podzemnej garáže sa treba sústrediť najmä na zistenie [11]:

- hrúbky betónovej krycej vrstvy
- hĺbky karbonatácie betónu
- obsahu chloridov v betóne
- pevnosti a vodotesnosti betónu
- spádu a priehybu podlahy
- šírky trhlín
- zmien šírky trhlín v čase
- stavu, resp. stupňa korózie výstuže
- teplotných a vlhkostných pomerov v garáži.

Keďže korózia výstuže je najvýznamnejší rizikový faktor trvanlivosti železobetónovej konštrukcie garáže, treba zisteniu podmienok pre jej priebeh ako aj aktuálnemu stavu výstuže venovať zvýšenú pozornosť.

Veľkú perspektívu na sledovanie stavu betonárskej výstuže majú nedeštruktívne metódy, najmä elektrické, ktoré je možné v zásade rozdeliť do dvoch skupín:

- metódy elektrochemické
- metódy založené na meraní elektrického odporu výstuže v betóne.

Z elektrochemických sa na konštrukcii najviac používa metóda merania elektródového potenciálu. Je založená na zisťovaní elektródového potenciálu vytváraného na stykovej ploche kovu s elektrolytom. Zmeny elektródového potenciálu je možné merať pomocou presného vysoko impedančného voltmetra voči referenčnej elektróde. Kontakt s výstužou sa zabezpečuje obnažením časti výstuže, pričom sa využíva skutočnosť, že zvyčajne všetka výstuž v železobetónovom prvku je vodivo spojená. Hodnotu elektródového potenciálu ovplyvňuje celý rad faktorov, ktoré môžu skresliť namerané hodnoty. Odporúča sa preto v kontrolnej sonde (miestne obnaženie výstuže) overiť namerané výsledky so skutočnosťou. Pri veľkoplošných meraniach je vhodné betónovú plochu rozdeliť na sieť a meranie uskutočniť v uzloch zvolenej siete. Pre zisťovanie korodujúcich plôch veľkosti cca 5 mm je maximálna vzdialenosť meraných bodov 200 mm. Celkové posúdenie konštrukcie na možnosť korózneho napadnutia prichádza do úvahy iba v mimoriadnych prípadoch. Metóda je vhodná najmä v miestach podozrivých z možnosti vzniku korózie: vlhké miesta, prístup posypových solí cez trhliny a škáry a pod.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA č.1/3323/06 „Navrhovanie betónových konštrukcií na medzný stav trvanlivosti.

Literatúra

- [1] EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1: Obecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. December 2004
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu DIN 1045-1. Berlin : Beuth. -In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 525
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226. Berlin : Beuth.- In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 526
- [4] Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E.V.: DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen. 2005
- [5] SCHÖPPEL, K.: Schäden in Tiefgaragen und deren Instandsetzung. Beton und Stahlbetonbau No. 1/2003, str. 13-24
- [6] VACEK, V.: Poruchy monolitických konstrukcí hromadných garáží. SANACE. Zborník prednášok, SSBK, BRNO, 2006, str. 281-285
- [7] BILČÍK, J., LÖRINCZ, A.: Poruchy a oprava podzemných garáží, Zborník prednášok 1. medzinárodná konferencia Technológia opráv a údržby stavieb, Žilina február 2007, str. 94-97
- [8] ÖVB – Richtlinie: Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weisse Wannan. Österreichischer Betonverein, Wien, 1999

[9] DAfStb-Richtlinie: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin 2003

[10] ISO 13822 Bases for design of structures – Assessment of existing structures, 2001

[11] MEYER, L.: Das neue DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Beton und Stahlbetonbau No. 9/2005, str. 828-832

Veľkú perspektívu na sledovanie stavu betonárskej výstuže majú nedeštruktívne metódy, najmä elektrické, ktoré je možné v zásade rozdeliť do dvoch skupín:

- metódy elektrochemické
- metódy založené na meraní elektrického odporu výstuže v betóne.

Z elektrochemických sa na konštrukcii najviac používa metóda merania elektródového potenciálu. Je založená na zisťovaní elektródového potenciálu vytváraného na stykovej ploche kovu s elektrolytom. Zmeny elektródového potenciálu je možné merať pomocou presného vysoko impedančného voltmetra voči referenčnej elektróde. Kontakt s výstužou sa zabezpečuje obnažením časti výstuže, pričom sa využíva skutočnosť, že zvyčajne všetka výstuž v železobetónovom prvku je vodivo spojená. Hodnotu elektródového potenciálu ovplyvňuje celý rad faktorov, ktoré môžu skresliť namerané hodnoty. Odporúča sa preto v kontrolnej sonde (miestne obnaženie výstuže) overiť namerané výsledky so skutočnosťou. Pri veľkoplošných meraniach je vhodné betónovú plochu rozdeliť na sieť a meranie uskutočniť v uzloch zvolenej siete. Pre zisťovanie korodujúcich plôch veľkosti cca 5 mm je maximálna vzdialenosť meraných bodov 200 mm. Celkové posúdenie konštrukcie na možnosť korózneho napadnutia prichádza do úvahy iba v mimoriadnych prípadoch. Metóda je vhodná najmä v miestach podozrivých z možnosti vzniku korózie: vlhké miesta, prístup posypových solí cez trhliny a škáry a pod.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol za podpory výskumného projektu VEGA č.1/3323/06 „Navrhovanie betónových konštrukcií na medzný stav trvanlivosti.

Literatúra

- [1] EN 1992-1-1 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1: Obecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. December 2004
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu DIN 1045-1. Berlin : Beuth. -In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 525
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Erläuterungen zu den Normen DIN EN 206-1, DIN 1045-2, DIN 1045-3, DIN 1045-4 und DIN 4226. Berlin : Beuth.- In: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (2003), Nr. 526
- [4] Deutscher Beton- und Bautechnik Verein E.V.: DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen. 2005
- [5] SCHÖPPEL, K.: Schäden in Tiefgaragen und deren Instandsetzung. Beton und Stahlbetonbau No. 1/2003, str. 13-24
- [6] VACEK, V.: Poruchy monolitických konstrukcí hromadných garáží. SANACE. Zborník prednášok, SSBK, BRNO, 2006, str. 281-285
- [7] BILČÍK, J., LÖRINCZ, A.: Poruchy a oprava podzemných garáží, Zborník prednášok 1. medzinárodná konferencia Technológia opráv a údržby stavieb, Žilina február 2007, str. 94-97
- [8] ÖVB – Richtlinie: Wasserundurchlässige Betonbauwerke - Weisse Wannan. Österreichischer Betonverein, Wien, 1999

[9] DAfStb-Richtlinie: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Berlin 2003

[10] ISO 13822 Bases for design of structures – Assessment of existing structures, 2001

[11] MEYER, L.: Das neue DBV-Merkblatt Parkhäuser und Tiefgaragen, Beton und Stahlbetonbau No. 9/2005, str. 828-832

ZKOUŠENÍ MRAZUVZDORNOSTI BETONU

Doc. Ing. Jiří Dohnálek, CSc.	(1)
Doc. Ing. Rudolf Hela, CSc.	(2)
Ing. Petr Tůma, CSc.	(3)
Ing. Jiří Kolísko, CSc.	(4)
Ing. Jan Hromádko	(5)

(1) Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, e-mail: dohnalek@sanacebetonu.cz

(2) VUT Brno, Stavební fakulta, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz

(3) Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, e-mail: tuma@klok.cvut.cz

(4) Kloknerův ústav ČVUT, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, e-mail: kolisko@klok.cvut.cz

(5) ŘSD ČR Praha, Na Pankráci 56, 140 00, Praha 4, e-mail: jan.hromadko@rsd.cz

Anotace

Příspěvek informuje o výsledcích grantového projektu, který byl zaměřen na porovnání stávající ČSN 73 1326 s navrhovanou evropskou normou EN 12390-9. Cílem bylo ověřit vztah mezi naměřenými hodnotami pomocí těchto zkušebních postupů na třech typech betonů s doplňkovým cílem prověřit, do jaké míry skladba betonu může výsledky jednotlivých zkoušek mrazuvzdornosti ovlivňovat. Nedílnou součástí bylo i provedení mezilaboratorních zkoušek. Z výsledků vyplývá, že metoda podle návrhu EN 12390-9 je málo citlivá, extrémně časově náročná a pro zavedení tedy nevhodná. Současně však zkoušky ukázaly, že i stávající ČSN 73 1326 vykazuje při porovnávání výsledků získaných v jednotlivých laboratořích na identických zkušebních tělesech značné rozdíly. V závěru příspěvku jsou proto navržena opatření, která by do budoucna mohla reprodukovatelnost zkušebních postupů podle ČSN 73 1326 zvýšit.

1. Úvod

Mrazuvzdornost betonu a odolnost povrchu betonu vůči kombinovanému účinku mrazu a posypových solí je jedním z funkčních parametrů, který má rozhodující význam pro dlouhodobou funkčnost takových inženýrských děl, jako jsou betonové dílce a mostní objekty. Proto je nezbytné mít k dispozici zkušební postupy, které jsou schopny dostatečně věrohodně, reprodukovatelně a rychle stanovit tento parametr.

Současně je zřejmé, že stanovení mrazuvzdornosti je poměrně náročné na přístrojové vybavení i na definování takového zkušebního postupu, jehož modelová podobnost s reálným prostředím by byla co největší. Příspěvek informuje o dílčích výsledcích grantového projektu Ministerstva dopravy, který je zaměřen na stanovení převodního vztahu mezi parametry získanými postupem podle ČSN 73 1326 (metoda A a C), resp. metodami uvedenými v ČSN P CEN / TS 12 390-9.

2. Zkušební metody

Tento příspěvek se věnuje porovnání výsledků zkušebních metod popsanych v následujících dokumentech:

ČSN 73 1326 Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek, platná od r. 1984, ze změnou Z1 z roku 2003. Z této normy jsme použili metody automatického cyklování A a C.

ČSN P CEN / TS 12 390-9 Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 9: Odolnost proti mrazu a zmrazovacím cyklům, odlupování

Tento dokument byl přijat jako technická specifikace, nikoliv standardní norma. V době řešení grantového projektu byl v přípravné fázi a zvažovalo se jeho vydání jakožto standardní normy, která by měla nahradit ČSN 73 1326. Jsou zde definovány tři zkušební postupy, a to metoda desek, která je deklarována jako referenční, metoda krychlí a metoda CF/CDF, které jsou obě deklarovány jako alternativní. V příspěvku jsou uvedeny výsledky zkoušek pomocí referenční metody desek.

ČSN EN 1338 (třídící znak 72 3038) Betonové dlažební bloky – požadavky a zkušební metody, schválená v roce 2004

ČSN EN 1339 (třídící znak 72 3039) Betonové dlažební desky - požadavky a zkušební metody, schválená v roce 2004

ČSN EN 1340 (třídící znak 72 3040) Betonové dlažební obrubníky - požadavky a zkušební metody, schválená v roce 2004.

Poslední tři dokumenty jsou evropské normy, které byly již přejaty do systému ČSN. Jedná se o normy definující požadavky na výrobky uvedené v jejich názvech. V přílohách norem pak je popsána zkušební metoda pro stanovení mrazuvzdornosti příslušných výrobků, která je téměř shodná s metodou desek definovanou v ČSN P CEN / TS 12 390-9. Rozdíl je pouze v průběhu teploty ve zkušební komoře, kdy hodnoty některých předepsaných bodů průběhu teplotní křivky se liší o 1 °C až 2 °C.

Při zkušební metodě A podle ČSN 73 1326 se tělesa ponoří zkoušenou plochou obrácenou směrem dolů do rozmrazovací látky (3 % roztok NaCl) v misce tak, aby hladina látky dosahovala do výšky 5 mm nad ponořenou (zkoušenou) plochu tělesa. Zkušební cyklus sestává ze zchlazení zkušební plochy tělesa na teplotu -15 °C a následného ohřevu na teplotu +20 °C pomocí teplosměnného média, kterým je zkušební roztok. Na obou úrovních se teplota udržuje po dobu 15 minut. Jeden cyklus trvá cca 2 až 2,5 hodiny. Hmotnost uvolněných částic (odpadu) se stanovuje po každých 25 cyklech a zkouška obvykle obsahuje 100 cyklů.

Při zkušební metodě C podle ČSN 73 1326 se zkušební tělesa před zkouškou opatří vodotěsnými objímkami ohraničujícími zkušební plochu, do kterých se nalije rozmrazovací látka (3 % roztok NaCl). Jeden zkušební cyklus trvá 6 hodin a definovány jsou dvě úrovně teploty vzduchu (teplosměnné médium): -18 °C po dobu 3 hodin a +5 °C po dobu 3 hodin. Vždy po 25 cyklech (6 + 1/4 dne) se stanovuje hmotnost uvolněných částic a zkouška

obvykle obsahuje 75, 100, 125 cyklů a hmotnost uvolněných částic se sleduje po 25, 50, 75, 100, 125, 150 zmrazovacích cyklech.

Při referenční metodě desek podle ČSN P CEN / TS 12 390-9 (Slabtest) se používají zkušební tělesa ve tvaru krychlí o hraně 150 mm, z nichž se odříznou zkušební tělesa o tloušťce 50 mm tak, že zkušební plocha prochází středem krychle. Ve stáří 25 vzorku dnů se na povrch zkušebního tělesa (s výjimkou zkušební plochy) nalepí pryžová páska a rohy se utěsní pomocí pryže či silikonového tmelu. Okraj pryžové vrstvy musí sahát 20 mm nad zkušební povrch. Ve stáří 28 dní se na zkušební plochu nalije vrstva demineralizované vody o tloušťce 3 mm a teplotě +20 °C. Během následujících 72 hodin se demineralizovaná voda průběžně doplňuje tak, aby byla udržována konstantní výška její hladiny. Před zkoušením betonu se na všechny povrchy zkušebního tělesa (s výjimkou zkušební plochy) připevní tepelná izolace, např. z pěnového polystyrénu tloušťky 20 mm. Vlastní zmrazovací zkouška začíná ve stáří zkušebního tělesa 31 dnů. Nejprve je demineralizovaná voda nahrazena zkušební kapalinou (3 % roztok NaCl pro zkoušku s rozmrazovacími solemi, nebo demineralizovaná voda pro zkoušku bez rozmrazovacích solí). Odpařování zkušební kapaliny se brání pomocí upevněné polyetylenové folie. Jeden zmrazovací cyklus trvá 24 hodin a teplota se při něm změní z cca +20 °C na cca -20 °C a zpět. Po 7, 14, 28, 42 a 56 zmrazovacích cyklech se provede kontrola povrchu zkušebních těles. Zachytí se materiál odloupený s povrchu a povrch se opláchne a omete. Následně je nalita nová zkušební kapalina a ve zkoušce se dále pokračuje. Výsledkem zkoušky je hmotnost odloupeného materiálu v kg/m² po jednotlivých etapách zkušebních cyklů. K provedení zkoušky je třeba klimatizační komora s relativně náročným systémem regulace teploty. Teplota se sleduje ve zkušební kapalině v objímce tělesa, ve středu zkušební plochy a její průběh při zmrazovacím cyklu musí odpovídat průběhu předepsanému v TS.

3. Výsledky zkoušek

Cílem projektu bylo stanovit především převodní vztah pro parametry odolnosti stanovené zkouškami mrazuvzdornosti betonu a zkouškami odolnosti betonu vůči působení mrazu a CHRL podle metod uvedených v ČSN, TS a EN.

Zatímco s metodami podle ČSN 73 1326 jsou více než třicetileté zkušenosti a používaná kritéria jsou dlouhodobě odzkoušena a verifikována i ověřením stavu hodnocených betonů in situ po dlouhodobé expozici, v případě nových zkušebních metod dle TS a EN v této oblasti je jejich posouzení na základě pouhého studia textu normy prakticky nemožné.

Návrh projektu i jeho vlastní experimentální realizace vycházela z cíle ověřit vztah těchto zkušebních postupů na třech typech betonů s cílem případně prověřit, do jaké míry skladba betonů může výsledky jednotlivých zkoušek mrazuvzdornosti resp. odolnosti ovlivňovat. Experimenty zaměřené na porovnání jednotlivých metodik na vozovkových betonech, resp. jemnozrnných betonech (maltách), byly prováděny na Kloknerově ústavu ČVUT, experimenty, vycházející z testování standardních konstrukčních betonů, pak byly prováděny na společném pracovišti, tedy na Vysokém učení technickém v Brně.

Nedílnou součástí projektu byla i organizace, zajištění a vyhodnocení mezilaboratorních zkoušek, které byly provedeny ve dvou etapách. Zjištěné výsledky tedy nevycházejí z poznatků získaných na jednom pracovišti, ale opírají se o výsledky a zkušenosti, které byly

získány zcela nezávisle na pracovištích dvou řešitelů a v rámci mezilaboratorních zkoušek pak v dalších šesti laboratořích.

Z výsledků provedených zkoušek vyplývají následující závěry:

- Při porovnávání zkušebních metod hodnotících mrazuvzdornost i při porovnání výsledků jednotlivých pracovišť (mezilaboratorní zkoušky) je optimální, aby testované betony nebyly mrazuvzdorné ve smyslu aktuálních požadavků, současně však, aby jejich odolnost vůči kombinovanému účinku mrazu a posypových solí nebyla velmi nízká. Pro porovnání zkušebních metod i pracovišť je optimální, aby se odpady podle ČSN 73 1326 pohybovaly v intervalu od 1000 do 2000 g/m².

- S ohledem na reprodukovatelnost výsledků je při těchto experimentech třeba pečovat o to, aby tělesa byla vyráběna z jedné šarže betonové směsi (např. jeden autodomíhávač), nebo pocházela z prokazatelně homogenního konstrukčního prvku. Homogenitu těles je možné ověřit mimo jiné kontrolou objemové hmotnosti, která by se neměla u jednotlivých těles lišit více než o ±2 % od průměru. Tělesa by měla být shodným způsobem ošetřována.

- Při výrobě těles pro porovnávací testy mrazuvzdornosti je třeba pečovat o to, aby použité hrubé kamenivo neobsahovalo nemrazuvzdorné složky, resp. zrna, která by (při výskytu na zkoušeném povrchu) mohla náhodným způsobem ovlivňovat dílčí výsledky.

- Přes veškerou péči při přípravě, resp. výběru těles, je třeba počítat s tím, že mrazuvzdornost jako měřený parametr má vysoký rozptyl (variační koeficient), což je ovlivněno zejména tím, že přímo měřený parametr (odpad), zjišťovaný v gramech s přesností na 0,1 gramu, se při přepočtu na 1 m² násobí např. v případě krychle o hraně 150 mm koeficientem 44,4. Z toho vyplývá, že každá odchylka v přímo měřené hodnotě je významným způsobem zvětšena (více než o jeden řád).

- Metody podle ČSN 73 1326 jsou dostatečně citlivé. Bylo by však vhodné doplnit kritéria pro vyhodnocování těchto zkoušek o požadavek na jednotné grafické zpracování výsledků a výpočet směrnice výsledné lomené čáry, která odráží dynamiku průběhu měřeného parametru. V případě, že směrnice v jednotlivých zkušebních etapách má narůstající tendenci (strmost), měla by norma obsahovat požadavek na zvětšení počtu cyklů (ze 75 na 100, resp. 125, resp. 150) tak, aby bylo při vyhodnocování možno jednoznačně rozhodnout, že měřený parametr (odpad), resp. jeho závislost na počtu cyklů, nemá exponenciální průběh (konkávní tvar křivky). Naopak v případě, že dochází ke zmenšování strmosti směrnice v jednotlivých zkušebních etapách (konvexní tvar křivky), bylo by možno tento doplňkový parametr při vyhodnocování výsledků mrazuvzdornosti použít jako další rozhodovací kritérium pro posouzení shody, pokud odpad po 75 cyklech náhodně přestoupí limitní úroveň 1000 g/m².

- Obě metody podle ČSN 73 1326 (A, C) poskytují srovnatelné hodnocení betonu. Nepotvrdila se větší „přísinnost“ metody C. Naopak v řadě případů vyšší odpady vykazuje postup metodou A, kdy se pravděpodobně uplatňuje tzv. hranový efekt, tedy odpad související s vyšší citlivostí hran zkušebních těles vůči mrazovému poškození.

- Obě metody podle ČSN 73 1326 jsou dobře použitelné pro průkazní i kontrolní zkoušky, a to s ohledem na skutečnost, že výsledky jsou k dispozici do 10 až 18 dnů.

- Metoda Slabtest je extrémně časově náročná a pro kontrolní zkoušky obtížně použitelná (časová náročnost minimálně 28 dnů).

- Metoda Slabtest vychází z testování řezné plochy na desce vyříznuté ze středu zkušebního tělesa. Metoda tedy není zaměřena na hodnocení povrchových vrstev, které jsou s ohledem na funkčnost a provozuschopnost dopravních a inženýrských staveb rozhodující.

- U všech hodnocených materiálů metodou Slabtest byly zjištěny v průměru výrazně nižší odpady g/m² než u postupu podle ČSN 73 1326.

- Poměr mezi výsledky zjištěnými metodou Slabtest a metodou A, resp. C podle ČSN 73 1326 nelze exaktně stanovit s ohledem na vysoký rozptyl výsledků.

- Z provedených zkoušek vyplývá, že tento koeficient (12 390-9/ČSN 73 1326 – A) se pohybuje v intervalu od 0,1 do 0,5 a koeficient vyjadřující poměr výsledků mezi 12 390-9/ČSN 73 1326-C pak v intervalu od 0,3 do 0,7. U provzdušněných těles se tyto poměry pochopitelně výrazně mění, avšak jejich vypovídací schopnost s ohledem na jejich nižší absolutní hodnoty je malá.

- Metoda Slabtest je orientačně třikrát finančně náročnější.

- K provádění metody Slabtest je nezbytné výrazně finančně náročnější experimentální vybavení.

- Z výše uvedených důvodů se nedoporučuje zavedení metody Slabtest dle ČSN P CEN / TS 12 390-9 v oblasti resortu dopravy, a to i s ohledem na podobná negativní zahraniční stanoviska. Je pravděpodobné, že metoda nebude jako definitivní Evropská norma zavedena.

4. Mezilaboratorní zkoušky

Mezilaboratorní test zmrazovacích zkoušek byl organizován ve dvou krocích. V prvním kroku byly provedeny zkoušky referenční metodou Slabtest podle návrhu EN 12 390-9. Dále byl mezilaboratorní test doplněn o druhý krok, a to o zkoušky těles pomocí metod A a C podle ČSN 73 1326.

S žádostí o provedení zkoušek pomocí metody Slabtest bylo osloveno celkem 25 laboratoří, které provádí zmrazovací zkoušky betonu. Účast přislíbilo celkem 11 laboratoří (mimo řešitele grantového projektu), kterým byla následně rozvezena zkušební tělesa. Výsledky zmrazovacích zkoušek metodou Slabtest pak dodalo šest laboratoří + řešitelé grantového projektu.

Pro metodu Slabtest obdržela každá laboratoř, která se zúčastnila mezilaboratorního testu, dvě zkušební tělesa z jemnozrnného neprovzdušněného betonu a dvě zkušební tělesa z jemnozrnného provzdušněného betonu. Spolu s tělesy byly předány plastové objímky a dřevěné boxy s tepelnou izolací, potřebné pro provedení zkoušek. Všichni účastníci provedli zkoušky v délce 28 cyklů.

Pro metodu A obdrželi účastníci mezilaboratorního testu šest zkušebních těles, trámečků 40 x 40 x 160 mm, vyrobených z jemnozrného neprovzdušněného betonu.

Pro zkušební metodu C obdrželi účastníci mezilaboratorního testu vždy dvě zkušební tělesa, válce o průměru 150 mm a výšce cca 50 mm.

SLABTEST (referenční metoda ČSN P CEN / TS 12 390-9)

Porovnávány byly hodnoty odpadů z povrchu zkušebního tělesa, zjištěné po 28 zkušebních cyklech. Do vyhodnocení je zahrnuto celkem 8 zkušebních laboratoří. Výsledky pro každou laboratoř jsou průměrem ze dvou zkušebních těles. Vyhodnocení výsledků bylo prováděno tak, že vždy byl škrtnut nejmenší odpad a největší odpad a ze zbývajících výsledků byl vypočten průměr, směrodatná odchylka a variační koeficient.

Výsledky zmrazovacích zkoušek na jemnozrném neprovzdušněném betonu se pohybovaly ve velmi širokém rozmezí. Do vyhodnocení byly zahrnuty výsledky v rozmezí od 176 g/m² do 1.043 g/m², nezahrnuta pak zůstala minimální hodnota 3 g/m² a maximální hodnota 2.478 g/m². Průměrná hodnota (bez extrémů) byla 421 g/m², směrodatná odchylka (bez extrémů) 304 g/m² a variační koeficient 72,2 %. Tyto výsledky lze popsat jako velmi různorodé, s velmi vysokým rozptylem hodnot zjištěných jednotlivými laboratořemi.

Do vyhodnocení výsledků těles z provzdušněného jemnozrného betonu byly zahrnuty hodnoty odpadů v rozmezí od 14 g/m² do 65 g/m². Nezahrnuty pak zůstaly extrémní hodnoty 2 g/m² a 83 g/m². Průměrná hodnota (bez extrémů) byla 32 g/m², směrodatná odchylka (bez extrémů) 17 g/m² a variační koeficient 53 %.

Celkově lze výsledky zkoušek pomocí metody Slabtest popsat jako nejednotné, s velmi vysokým rozptylem hodnot mezi jednotlivými laboratořemi. Tento rozptyl je s velkou pravděpodobností způsoben tím, že metoda Slabtest není standardně používanou metodou a laboratoře tuto zkoušku prováděly poprvé. Další z možných příčin pak je velká náročnost zkoušek na přípravu zkušebních těles a na vlastní provádění zkoušek. Nezanedbatelný vliv může mít rovněž typ zmrazovací komory.

Metoda A (dle ČSN 73 1326)

Pro vyhodnocení mezilaboratorního testu byly použity hodnoty odpadů po 50 zmrazovacích cyklech metody A, protože po více zkušebních cyklech již u mnoha laboratoří došlo k rozpadu zkušebních těles. Zkoušky byly provedeny vždy na jemnozrném neprovzdušněném betonu. Vyhodnocení výsledků bylo provedeno stejným způsobem jako v případě Slabtestu, tj. byly vyškrtnuty minimální a maximální hodnoty a ze zbývajících vypočtena průměrná hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient. Do vyhodnocení byly zahrnuty odpady v rozmezí 1570 g/m², 2171 g/m². Nezahrnuty pak byly hodnoty 451 g/m² a 3693 g/m². Průměrná hodnota (bez extrémů) byla 1939 g/m², směrodatná odchylka (bez extrémů) 246 g/m² a variační koeficient 13 %.

Vyhodnocení výsledků zahrnuje celkem šest hodnot. Lze konstatovat, že čtyři hodnoty se nacházejí relativně blízko průměrné hodnoty, dvě hodnoty (minimum a maximum) se pak od průměru výrazně odlišují. Velmi nepříznivá je zejména minimální hodnota výsledků, která by vedla k hodnocení betonu jako spolehlivě mrazuvzdorného, zatímco na základě výsledků z ostatních laboratoří lze beton hodnotit jako prokazatelně nemrazuvzdorný. Jako

kritérium se zde používá hodnota 1000 g/m². Metoda A je standardně používanou zkušební metodou a rozptyl hodnot pravděpodobně souvisí s intenzitou odstraňování odpadu z povrchu zkoušeného tělesa, případně s vlivem různé konstrukce zmrazovací komory.

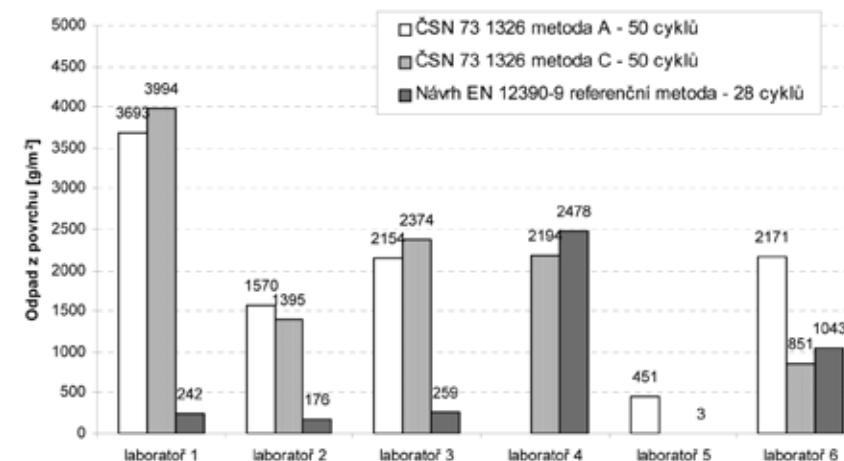
Metoda C (dle ČSN 73 1326)

Do vyhodnocení byly zahrnuty výsledky po 50 zmrazovacích cyklech, protože po více zmrazovacích cyklech již u mnoha laboratoří došlo k rozpadu zkušebních těles. Vyhodnocení bylo provedeno opět stejným způsobem jako u předchozích metod, a to tak, že byly škrtnuty minimum a maximum a ze zbývajících hodnot vypočtena průměrná hodnota, směrodatná odchylka a variační koeficient. Do vyhodnocení byly zahrnuty výsledky 851 g/m² až 2529 g/m², vynechány pak byly hodnoty 270 g/m² a 3994 g/m². Průměrná hodnota (bez extrémů) je 1985 g/m², směrodatná odchylka (bez extrémů) 665 g/m² a variační koeficient 34 %.

Výsledky, zjištěné pomocí metody C, lze hodnotit stejným způsobem jako v případě metody A, tedy, že na základě výsledků zkoušek z některých laboratoří by tento beton byl hodnocen jako mrazuvzdorný, na základě výsledků jiných laboratoří pak jako zaručeně nemrazuvzdorný. Metoda C je rovněž dlouhodobě a běžně používaným zkušebním postupem a rozptily hodnot pak souvisí pravděpodobně s intenzitou oddělování odpadu od zkušebního tělesa při splachování odpadu do misky, případně s rozdílným použitým zkušebním zařízením.

Vyhodnocení mezilaboratorního testu

Na základě výsledků obou etap mezilaboratorního testu lze konstatovat, že zkoušení odolnosti betonu je velice obtížné a i při použití jednotné zkušební metody může vést k různému hodnocení zkoušeného betonu. Výsledky zkoušek pomocí metod A a C vykazovaly menší variační koeficient než soubor výsledků metody Slabtest.



Obr. 1 – Porovnání výsledků mezi laboratořemi a metodami

5. Celkové závěry a doporučení

Provedené zkoušky ukázaly, že mrazuvzdornost betonu je parametrem s mimořádnou variabilitou. Cestou ke snížení této variability však není neustálá inovace zkušebních metod, ale naopak využití metod, se kterými jsou dostatečně dlouhodobé zkušenosti za podmínky, že jsou precizně definovány všechny okrajové podmínky, které mohou výsledek zkoušky ovlivňovat. Při posuzování možných úprav zkušebních postupů je však třeba vzít v úvahu, že na rozptylu výsledků se podílí jak vlastní heterogenní struktura betonu a příprava zkušebních těles, tak faktory, které souvisí s realizací zkušebního postupu.

Nepochybně platí, že čím jednodušší zkušební postup, tím bude vliv náhodné změny okrajových podmínek menší. Tyto aspekty dokládá i často diskutované porovnání postupu podle ČSN 73 1326, metoda A, resp. metoda C. Za slabinu metody A se zcela logicky považuje nekontrolované vzlínání testované kapaliny po bocích tělesa a tím zvyrazňování rozsahu plochy, která je zasažena degradací. U půdorysně hranatých těles navíc může k rozptylu významně přispívat i tzv. hranový efekt, tj. oddělování větších objemů materiálu z hrany zkušebního vzorku. Přesto zkoušky a mezilaboratorní testy prokazují, že u obou zkušebních postupů je srovnatelně vysoká variabilita výsledků. Nepochybně tedy i u metody C podle ČSN 73 1326 existují faktory, které jsou proměnlivé a reprodukovatelnost nežádoucím způsobem ovlivňují /1/.

Výsledky jednoznačně prokázaly nevhodnost navržené metody podle EN 12390-9. Její citlivost je nízká a časová náročnost extrémní. Současně není akceptovatelné, aby byla testována řezná plocha zkušebního tělesa. Ve většině inženýrských aplikací je podstatné, že mrazuvzdornost je vztažena k povrchovým vrstvám, tedy vrstvám, které zásadním způsobem ovlivňují jak funkčnost např. cementobetonové vozovky, tak poskytují ochranu zabudované výztuži. Z poznatků tedy vyplývá jednoznačně doporučení, aby byla nadále používána ČSN 73 1326, se kterou jsou dostatečně dlouhodobé zkušenosti a existující kritéria jsou ověřena i stavem betonů vystavených dlouhodobému standardnímu využívání. Přesto je zřejmé, že ČSN 73 1326 je třeba revidovat s cílem zajistit zvýšení reprodukovatelnosti výsledků. Následující doporučení, která vznikla na základě analýzy zkušebních metod A a C, obsahují některé významnější faktory, jež výsledky zkoušek nepochybně ovlivňují a jejichž precizování by bylo účelné:

1. V případě zmrazovací komory by bylo vhodné předepsat nezávislou registraci teploty ve zmrazovacím prostoru, resp. teploty expozičního média a současně tuto teplotu ukládat a archivovat, a to zejména pro situace, kdy výsledky zkoušek jsou zpochybněny, případně se výrazně liší od zkoušek prováděných v jiné laboratoři a nebo pro případ řešení následků poruchy chladičového agregátu. Tento požadavek při dnešním stavu techniky není jak co do technické, tak finanční náročnosti žádnou komplikací. Ostatně, Technické kvalitativní podmínky MD v kap.18 (Beton pro konstrukce, 2005) v příloze P1, která definuje podmínky a rozsah průkazných zkoušek betonu pro stavby PK, tuto registraci teploty teplosměnného média v komoře záznamovým teploměrem požaduje, vč. dokladování průběhu teplot zkušebních cyklů ve zprávě. Na obr. 2 znázorněný průběh 25 cyklů zkoušky ukazuje, že pro dokumentaci teplot 75 cyklů zkoušky bude protokol o zkoušce obsahovat 1 stranu A4 navíc, což není žádná komplikace.

2. V případě metody A podle ČSN 73 1326 by bylo účelné zvážit, zda neomezit kontakt expozičního média s boky vzorků, a to např. vhodným náterovým systémem, nebo obdobnou ochranou bočních stěn těles jako je tomu v případě metody Slabtest. Odpadly by přinejmenším diskuse, do jaké míry exponované boky zkušebního tělesa, resp. vzlínání zkušebního roztoku po bocích tělesa, výsledek zkoušky ovlivňuje. Metodika A dle ČSN 73 1326 sice na přepočítání zkušební plochy při odpadu z boků krychlí pamatuje, v praxi se však vyskytují různé verze tohoto přepočtu.

3. U obou metod je třeba se zabývat podrobně vlivem hmotnosti zkušebního tělesa na výsledky zkoušek, neboť z tělesa s 5x větší hmotností bude doba odvedení akumulované tepelné energie výrazně delší a tedy i teplota zkoušeného povrchu betonu setrvá na cílové hodnotě např. -18 st.C po kratší dobu, o teplotě v jádře tělesa nemluvě.

4. U metody A je třeba přesně standardizovat velikost a materiál distančních podložek v mezere mezi dnem misky a zkoušenou plochou, protože různě silná vrstva ledu má i odlišný tepelný odpor (led je dobrý tepelný izolant). Zkušební roztok se při cílové teplotě -15 st.C mění v led.

5. U těles vyráběných v laboratoři, resp. in situ, je v případě zkoušky mrazuvzdornosti třeba zpřesnit a sjednotit metodiku finalizace povrchu těchto těles, a to jednoznačným popisem postupu finalizace zkušební plochy a přesně definovat způsob uložení a ošetřování těles.

6. Nikoliv nevýznamným aspektem, který ovlivňuje reprodukovatelnost zkoušky, je i metodika splavování odpadlých částic po ukončené expoziční době do sběrné nádoby. I tento postup by bylo účelné přesněji definovat, případně předepsat použití ultrazvukové lázně, která by mohla umožnit eliminaci lidského faktoru při této operaci.

7. Nepochybně významným faktorem jsou parametry použité soli, resp. použité vody. I tento na první pohled detail by bylo účelné přesně definovat, protože právě koncentrace roztoku má pro výsledek zkoušky zásadní vliv. Obecně je prokázáno, že pokud je zkouška podle ČSN 73 1326 prováděna pouze s destilovanou vodou jako expozičním roztokem, jsou odpady přibližně na desetinové úrovni ve srovnání s expozičním roztokem, který je tvořen tříprocentním roztokem chloridu sodného. V průběhu teplotních cyklů v komoře je proměnná i vlhkost vzduchu, která u metody C může být příčinou různě intenzivního odpařování vody ze zkušebního roztoku a tím i jeho proměnné koncentrace. I u metody A však z misek odpařená voda kondenzuje na jiných místech (stěnách komory) a mění tím koncentraci roztoku v miskách. V tomto směru je více dotazena metodika ČSN P CEN / TS 12 390-9, při které je hladina roztoku proti odparu chráněna fólií.

8. Detail, kterému je věnována malá pozornost, je i vliv dodržení výšky expozičního roztoku v průběhu zkoušky. Tuto výšku je třeba průběžně kontrolovat, případně ověřovat i reálnou koncentraci chloridových iontů v roztoku.

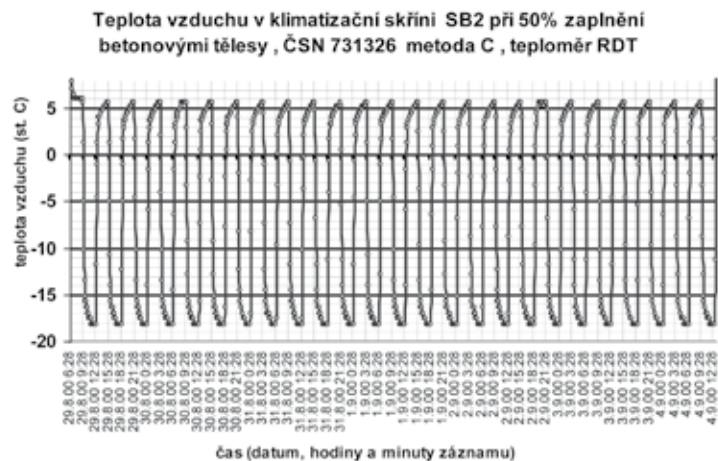
9. V případě metody C podle ČSN 73 1326 může mít značný význam i míra zaplnění testovací komory vzorky. Je zřejmé, že tepelná setrvačnost málo či plně zaplněné aparatury může mít na charakter zmrazovacích cyklů značný význam. Z tohoto pohledu vyplývá nutnost přesně specifikovat minimální tepelný výkon agregátů v komorách tak, aby požadova-

ný časový gradient teploty média vyhověl požadavkům metody. Tato okolnost a případné neshody by však byly dobře postižitelné výše navrženou nezávislou kontrolou a dokladování záznamu teplot.

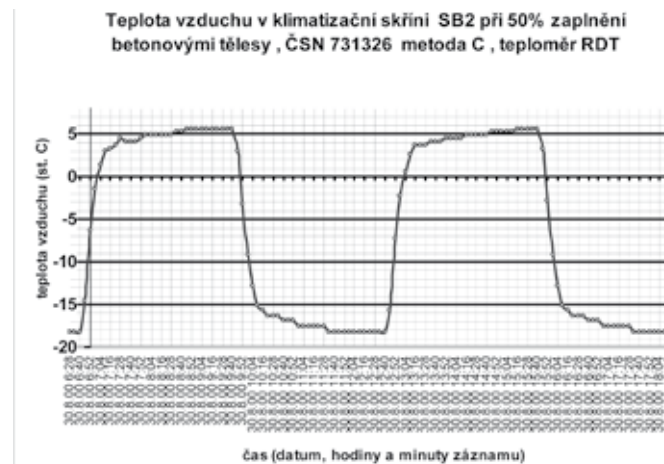
10. Nutným předpokladem správné laboratorní činnosti je i správně provedená teplotní kalibrace prostorových bodů ve vnitřním objemu komor, a to nejlépe kalibrační laboratoří registrovanou u ČMI.

11. Po zkušenostech s citlivostí metod A a C na neodolná zrna hrubého kameniva v betonu (malé množství měkkých zrn, zcela neodolných vlivu mrazu), ve zkoušené povrchové vrstvě, lze jen doporučit optický záznam stavu zkoušené plochy před a po zkušebních cyklech, nejlépe pomocí digitální fotografie, a přiložení záznamu k protokolu o zkoušce. Byť i jediné rozpadlé zrno velikosti 25 mm dokáže vytvořit dostatečně hluboký „kráter“, jehož odpad může výsledek zkoušky betonu zkreslit o desítky procent, přičemž ale požadavky norem na kamenivo pro beton mohou být s rezervou dodrženy. Takovéto zkoušky by měly být vyřazeny. Snadno lze také následně určit příčinu neshody, viz obr. 5.

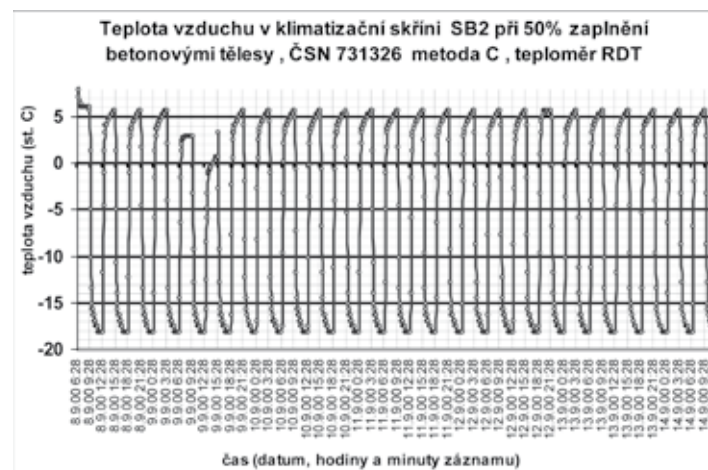
12. Zásadní vliv na dosažené hodnoty reprodukovatelnosti mezilaboratorních porovnávacích zkoušek má kvalita výroby a ošetřování příslušných zkušebních těles pro tyto MPZ. Úplně spolehlivá metodika pro jejich výrobu se zcela vyloučenými nehomogenitami betonu dosud nebyla nalezena, metodiky výroby referenčních betonů pro zkoušky používané v systému EN pro tento účel vyhovující nejsou.



Obr. 2 – Kontrolní záznam přídavného registračního teploměru v délce 25 cyklů, přehledný záznam pro kontrolu počtu cyklů, převzato z reálné zkoušky v lit. /3/.



Obr. 3 – Kontrolní záznam přídavného registračního teploměru v délce 2 cyklů pro detailní kontrolu průběhu teploty, detail ze zkoušky na obr. 2



Obr. 4 – Kontrolní záznam přídavného registračního teploměru v délce 25 cyklů, přehledný záznam pro kontrolu počtu cyklů, ukázka projevu poruchy kontaktů stykače topného tělesa během 5. a 6. cyklu, která není jiným způsobem než kontrolou registračního záznamu zjistitelná. V 6. cyklu zkušební tělesa nerozmrzla.

Při veškeré snaze však bude vždy variabilita výsledků značná a variační koeficient, který se u zkoušek pevnosti v tlaku pohybuje v případě laboratorně vyráběných těles v intervalu obvykle od 4 do 8 % a v případě těles odebraných z konstrukce od 10 do 20 % se bude pohybovat u zkoušek mrazuvzdornosti spíše v intervalu od 20 do 30 %. Z toho také vyplývá, že hodnotící kritérium tvořené striktně stanovenou úrovní odpadu po 75 zmrazovacích cyklech (obvykle 1000 g/m²) nemusí být při hodnocení shody podle TKP 18 při rozhodcích ani kontrolních zkouškách zcela objektivní. Z funkčního hlediska je pro



Obr. 5 – Ukázka zkoušené plochy po 25 cyklech met. C, kde příčinou vysokého odpadu je napěněná vrstva malty, převzato z /3/.

hodnocení významu neshod velmi podstatné, zda v průběhu jednotlivých etap zmrazovacích cyklů má průběh odpadu přibližně přímkový charakter, nebo jeho směrnice má tendenci se zmenšovat či naopak zvětšovat. Právě sledování tohoto parametru by umožnilo jednoznačně charakterizovat betony, u kterých nepatrná tenká povrchová vrstva např. v tl. cca 0,5 mm (její ztráta znamená odpad 1200 g/m²) není mrazuvzdorná, avšak vlastní beton v podpovrchových vrstvách má již vyhovující parametry. Naopak přímková závislost, resp. narůstající směrnice výsledné křivky signalizuje, že i v hlubších povrchových vrstvách není beton mrazuvzdorný a je ho tedy možné korektně odmítnout. Podobný efekt při hodnocení neshod kontrolních zkoušek má i metoda Ing Krchova, navržená v r. 2001, spočívající v tom, že se hodnotí pouze odpad vzniklý mezi 25. a 75. cyklem, resp. mezi 25. a 113. cyklem u průkazní zkoušky..

V tomto ohledu by tedy bylo účelné, aby norma připouštěla zvětšení počtu cyklů zmrazovacích zkoušek na 100, 125, případně 150 cyklů tak, aby charakter závislosti odpadu na počtu cyklů mohl být jednoznačně potvrzen či vyvrácen. U některých betonových konstrukčních prvků však bude i nadále při posuzování shody podle TKP 18 hranice odpadu 1000g/m² nepřekročitelná.

Autoři příspěvků budou zavázáni všem odborníkům z oboru za věcné připomínky, námítky či náměty na metodické úpravy zkoušení mrazuvzdornosti.

Literatura

/1/ Veselý, V. – Smiřinský, S.: Úskalí zkoušek odolnosti betonu vůči působení vody a chemických rozmrazovacích prostředků. Sborník příspěvků konference Zkoušení a jakost ve stavebnictví 2007, s. 269 – 274.

/2/ Lukš, J. a kol.: Hodnocení odolnosti betonu s různými plastifikačními a provzdušňujícími přísadami. 6. konference technologie betonu 2007, s. 53 – 57.

/3/ Archiv zk. laboratoře ŘSD ČR

Poděkování

V příspěvku jsou prezentovány výsledky získané při řešení projektu č. 1F55F/015/120 podpořeného Ministerstvem dopravy. Autoři za tuto podporu Ministerstvu dopravy děkují.

JAKOST STAVBY Z POHLEDU STAVEBNÍKA

Ing. Ladislav Bukovský

Švábky 2 180 00 Praha 8, tel./fax.: 266310973 e-mail: sps@bukovsky.cz

Úvod

V současné době se jako jakost staveb často deklaruje zhotovitel držbou certifikátu jakosti dle ISO 9001. Je však s jakostí staveb firem, které mají certifikován systém managementu jakosti, spokojen i jejich zákazník? Bohužel často není.

Velmi často se setkáváme se stavbami zhotovenými i velmi známými firmami vedenými nespornými odborníky, které postaví stavbu v rozporu s požadavky stavebního zákona či v rozporu s požadavky objednatele stavby. Naopak se setkáváme s požadavky stavebníků či jejich právních zástupců zjistit jakékoliv možné nedostatky, aby byly důvody ke slevě z ceny díla. Při jednoznačném nastavení jakostních požadavků od přípravy výstavby až po její dokončení lze tyto problémy odstranit nebo minimalizovat.

Jakost staveb

S řešením jakosti staveb či výrobků pro stavby se setkáváme v případě následujících závazkových vztahů:

- a) smlouvy o dílo
- b) smlouvy kupní (nejčastěji v souvislosti s koupí jednotek podle Zákona č. 72/1994 Sb., kterým se upravují některé spoluvlastnické vztahy k budovám a některé vlastnické vztahy k bytům a nebytovým prostorům a doplňují některé zákony (zákon o vlastnictví bytů)

Jakost má mnoho různých definic, pro účely tohoto příspěvku je asi nejlépe vyhovující definice:

1. Způsobilst ke specifikovanému nebo zamýšlenému účelu užití a/nebo splnění potřeb a očekávání zákazníka, tedy zajištění spokojenosti zákazníka, tedy že stavba má požadovanou užitnou hodnotu.
2. Předpokladem jakosti je neexistence nedostatků (vad).

Užitná hodnota je dána jistými znaky jakosti, které jsou vyjádřeny užitnými vlastnostmi, které jsou jednoduše měřitelné (rozměry, geometrické odchylky, pevnost) nebo neměřitelné a často subjektivní (vzhled, estetické vlastnosti, barva, komfort při používání životnost).

Opakem jakosti je nedostatek (neshoda) a jeho právním vyjádřením vada.

Z hlediska smluvních vztahů je jakost dána jednak splněním smluvních požadavků a jednak Zárukou za jakost díla jako odpovědnosti zhotovitele za neexistenci vad po dobu záruční doby. U staveb zhotovených na základě smluv neobchodních, tj. podle Občanského zákoníku je minimální záruční doba stanovena zákonem (36 nebo 18 měsíců). U staveb zhotovených na základě smluv obchodních je záruční doba stanovena pouze smluvně.

Požadavky na jakost jsou odlišné podle typu zákazníka, tj. osoby, které produkt přijímá.

Mezi zákazníky ve stavebních vztazích řadíme:

- a) investory, tj. právnické nebo fyzické osoby vynakládající finanční prostředky na realizaci stavby, kteří také obvykle stavbu po jejím dokončení využívají,
- b) developery, kteří nejčastěji stavbu sami nepoužívají, ale snaží se je na trhu s nemovitostmi prodat,
- c) individuální stavebníky, mající často charakter individuálních investorů, kteří často samostatně nakupují projektovou dokumentaci a také stavbu vlastními silami realizují, a později i užívají
- d) osoby fyzické a právnické, které stavbu sami nerealizují, ale nakupují pouze projektovou dokumentaci a objednávají realizaci stavby
- e) zhotovitele, kteří uskutečňují stavební práce, ale sami mohou některé části staveb či jejich úpravy nakupovat a tím jsou pro tyto zákazníky,
- f) zhotovitele, kteří na trhu nakupují výrobky pro zhotovení stavby
- g) kupující, tedy fyzické nebo právnické osobu, které pouze kupují již dokončené nemovitosti nebo jejich části a vlastní realizace stavby a projekční činnosti ji nezajímají
- h) projektanty a architekty, kteří objednávají části projektové dokumentace u dalších osob
- i) distributory výrobků pro stavby.

Požadavky na jakost staveb

Požadavky na jakost lze rozdělit na následující, zejména:

- a) požadavky, přání a představy stavebníka (příp. kupujícího) na užívání, životnost, vzhled stavby, údržbu a další vlastnosti
- b) požadavky platných právních předpisů
- c) požadavky zhotovitele a distributora výrobků pro stavby zejména na minimalizaci případných ztrát

Požadavky stavebníka

Všechny požadavky stavebníka by měly být od počátku přípravy stavby specifikovány písemně neboť i při výstavbě dochází ke změnám názorů a požadavků, ze kterých vyplývá nutno změnit projektovou dokumentaci a mnohdy i ceny díla.

Ve smlouvách se setkáváme s požadavky na jakost pouze popsány termíny nadstandardní, vyšší jakosti, nejvyšší jakosti, pokud nejsou jednoznačně specifikovány požadavky na jednotlivé konstrukce či části stavby dochází k různým výkladům a často i ke sporům.

Požadavky právních předpisů

Splnění požadavků právních předpisů je podmínkou kolaudace, i když dle zkušeností stavební úřady relativně často kolaudují stavby, které jsou postaveny v rozporu s požadavky zejména Stavebního zákona.

Obecně platné kvalitativní požadavky na projektovou dokumentaci i provedení stavby vycházejí z požadavků platných právních předpisů, jedná se zejména o následující:

Požadavky Stavebního zákona č. 183/2006 Sb.**§ 156 SZ**

(1) Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla.

(2) Výrobky pro stavbu, které mají rozhodující význam pro výslednou kvalitu stavby a představují zvýšenou míru ohrožení oprávněných zájmů, jsou stanoveny a posuzovány podle zvláštních právních předpisů³⁹⁾

39) Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

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

§ 169 SZ

- obecné technické požadavky zabezpečující užívání staveb osobami pokročilého věku, těhotnými ženami, osobami doprovázejícími dítě v kočárku, dítě do tří let, popřípadě osobami s mentálním postižením nebo osobami s omezenou schopností pohybu nebo orientace stanovené prováděcím právním předpisem

Vyhláška č. 369/2001 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu a orientace, ve znění vyhlášky č. 492/2006 Sb.

- obecné technické požadavky na výstavbu

Vyhláška č. 137/1998 Sb., o obecných technických požadavcích na výstavbu, ve znění vyhlášky č. 491/2006 Sb. a vyhlášky č. 502/2006 Sb.

Vyhláška o obecných technických požadavcích pro výstavbu v hlavním městě Praze **č. 26/1999 Sb.** Hl. m. Prahy v platném znění

- technické požadavky na vodní díla

- technické požadavky pro letecké stavby podle zákona o civilním letectví, pro stavby drah a na dráze včetně zařízení na dráze, stavby dálnic, silnic, místních komunikací a veřejně přístupných účelových komunikací a rozsah a obsah projektové dokumentace k uvedeným stavbám,

- technické požadavky pro stavby uranového průmyslu a pro stavby jaderných zařízení

Vyhláška č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb stanoví požadavky na

- rozsah a obsah jednotlivých fází projektové dokumentace

- obsah a vedení stavebního deníku

Požadavky **Zákona č. 406/2000 Sb.**, o hospodaření energií

Dle § 6 zákona stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek musí zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a splnění porovnávacích ukazatelů a dále splnění požadavků stanovených příslušnými harmonizovanými českými technickými normami. Prováděcí právní předpis stanoví požadavky na energetickou náročnost budov, porovnávací ukazatele, metodu výpočtu energetické náročnosti budovy a podrobnosti vztahující se ke splnění těchto požadavků. Při změnách dokončených budov jsou požadavky plněny pro celou budovu nebo pro změny systémů a prvků budovy.

Splnění výše uvedených požadavků od 1. 1. 2009 musí doložit stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek průkazem energetické náročnosti budovy (dále jen „průkaz“), který musí být přiložen při prokazování dodržení obecných technických požadavků na výstavbu.

Prováděcí vyhlášky k zákonu o hospodaření energií:

- **Vyhláška č. 148/2007 Sb.** o energetické náročnosti budov

- **Vyhláška č. 193/2007 Sb.** kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie a chladu

- **Vyhláška č. 194/2007 Sb.** kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům

Zajištění kvality stavby

Proces zajištění kvality stavby závisí zejména na stavebníkovi (objednateli stavby) na výběru osob, se kterými spolupracuje tedy na výběru projektanta (architekta), zhotovitele a technického dozoru.

Postup zajištění kvality stavby:

- začíná u stavebníka, který musí pokud možno co nepřesněji specifikovat všechny své požadavky na stavbu a to pokud možno po celou dobu její životnosti

- výběr smluvních partnerů

- smlouva s projektantem (architektem), kde již od počátku musí být jednoznačně specifikovány požadavky stavebníka na stavbu a její jakost, musí být též specifikována odpovědnost za realizovatelnost stavby, zajištění či vyžádání všech nezbytných podkladů a průzkumů, výkon autorského dozoru a zpracování manuálu pro užívání a údržbu stavby včetně deklarace návrhové životnosti stavby

- projektant či architekt navrhne stavbu tak, aby splňovala i požadavky stavebního zákona a dalších právních předpisů i kvalitativní požadavky stavbu na stavbu

- výběr zhotovitele podle jím již dokončených staveb

- pro jednoznačné zadání stavby zhotoviteli je nutno zpracovat prováděcí dokumentaci včetně rozšířených požadavků na kvalitativní vlastnosti stavby zejména v těch případech, kde české technické normy jsou nadměrně benevolentní na jakostní požadavky nebo požadavky neobsahují

- bude zpracována smlouva, ze které jednoznačně vyplývají požadavky na jakost díla, v případě že požadavky nelze textově popsat, sjednat referenční vzorky, které určují kvalitativní vlastnosti zejména dokončených povrchů (s většími požadavky na kvalitu stavby se zvyšuje i cena díla)

- zhotovitel zajistí kvalifikované vedení a provádění stavby erudovanými osobami

- stavebník zajistí výkon technického a autorského dozoru tak, aby se předcházelo škodám při výstavbě, ve smlouvách s těmito osobami musí být jednoznačně stanovena jejich odpovědnost

Kdo zabezpečuje jakost stavby podle Stavebního zákona:

- odborné vedení prováděné stavby - stavbyvedoucí nebo osoba vykonávající stavební dozor § 153 SZ

- projektant § 159 SZ

V případě staveb financovaných z veřejného rozpočtu je Stavebním zákonem požadován technický dozor stavebníka nad prováděním stavby a autorský dozor projektanta (§ 152 odst 4 SZ), požadavky na tyto osoby však nejsou specifikovány.

Management jakosti

Značná část stavebních firem i projektantů má certifikaci managementu jakosti dle ISO 9001.

Metody řízení jakosti jsou sice značně vědecky propracované, ale uplatňují se spíše v průmyslu a jejich uplatnění ve stavebnictví je často pouze deklarované a certifikované, ve stavební praxi se však často neprojevují.

Tuto skutečnost prokazují v poslední době např. četné publikované trestní případy armádních stavebních zakázek, kde bylo prokázáno, že část dodávek se neuskutečnila vůbec, či ve výrazně nižší kvalitě, než byla požadována, zhotovitelé všech těchto zakázek jsou držitelé certifikátu jakosti ISO 9001.

Dle veřejných soudních řízení se stíhanými pracovníky zhotovitelů i objednatelů je prokazatelné, že postupy managementu jakosti u těchto firem nejsou v praxi uplatňovány. Jako kuriozitu musím uvést, že v některých případech neměli stavbyvedoucí zákonem požadovanou kvalifikaci, v některých případech se osobu stavbyvedoucího ani nepodařilo zjistit ani orgánům činným v trestním řízení.

Je tedy otázkou, zda provádění dozoru certifikačních orgánů není někdy zcela formální (a certifikační orgány se zřejmě bojí poškodit svého zákazníka).

Závěr

Za jakost stavby odpovídá stavebník (objednatel stavby) nastavením kvalitativních požadavků na stavbu od počátku její přípravy, výběrem spolupracujících osob až po kvalifikované převzetí dokončené stavby.

V případech kupních smluv musí být jakost díla jednoznačně specifikována již ve smlouvě o smlouvě budoucí, jinak je nutno počítat s průměrnou kvalitou.

Jednoznačně popsané požadavky na jakost stavby významně snižují možnost problémů a sporů při dokončování stavby.

Stavebník by měl vždy požadovat, aby osoby odpovědné za výstavbu ve smyslu Stavebního zákona byly vždy jednoznačně identifikovatelné a dohledatelné.

Literatura

Tichý M.: Mnohotvárnost jakosti www.volny.cz/milik.tichy/ 2003-03-01

JAKOST PROVEDENÍ A SPOLEHLIVOST ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

Prof.Ing. Milan Holický, DrSc.

České vysoké učení technické v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Tel. 602 347 609, e-mail: holicky@klok.cvut.cz

Web: www.cvut.cz

Anotace:

Jakost provedení významně ovlivňuje variabilitu základních veličin a tím i spolehlivost železobetonových konstrukcí. Ukazuje se, že dílčí součinitele pro pevnost betonu a výztuže je možno významně redukovat jestliže se dostatečně sníží variabilita dominantních základních veličin. Při tom je nutno vzít v úvahu důležitou skutečnost, že spolehlivost železobetonových prvků obecně závisí na stupni jejich vyztužení: se zvyšujícím se stupněm vyztužení se spolehlivost ohýbaných prvků zvyšuje, zatímco spolehlivost převážně tlačných prvků se snižuje. Operativní pokyny pro redukcii dílčích součinitelů železobetonových konstrukcí je tedy třeba diferencovat s hledem na typ prvků a stupeň jejich vyztužení.

1. Úvod

Spolehlivost železobetonových konstrukcí závisí na jakosti jejich provedení, která se projevuje snížením variability některých základních veličin popisujících odolnost konstrukcí. V nových evropských předpisech pro navrhování železobetonových konstrukcí [1, 2] se naznačuje, že dílčí součinitele pro pevnost výztuže a betonu je možno snížit, jestliže se dostatečně sníží variability základních veličin. Jakost provedení včetně variability základních veličin je třeba ověřit na základě zkoušek a měření. Obecné pokyny jsou však poněkud neurčité a jejich využití v praxi je bez nezbytného zprěsnění nesnadné.

V příspěvku se stupeň snížení dílčích součinitelů ověřuje na základě pravděpodobnostního rozboru spolehlivosti základních železobetonových prvků: desky namáhané na prostý ohyb a krátkého sloupu při centrickém tlaku. Předchozí studie ([3] až [10]) naznačují, že dílčí součinitele je možno významně snížit pouze za předpokladu, že se dostatečně sníží variability dominantních základních veličin. Při tom je nutno vzít v úvahu skutečnost, že spolehlivost železobetonových prvků obecně závisí na stupni jejich vyztužení [6,7]: se zvyšujícím se stupněm vyztužení se spolehlivost ohýbané desky zvyšuje, zatímco spolehlivost tlačného sloupu se snižuje. Operativní pokyny pro snižování dílčích součinitelů je tedy třeba diferencovat s hledem na typ prvku a stupeň jeho vyztužení.

2. Zásady rozboru spolehlivosti

Tři druhy základních veličin se rozlišují v předložené studii: základní veličiny které jsou obecně závislé na jakosti provedení označené vektorem X, základní veličiny které nejsou závislé na jakosti provedení označené vektorem Y, a ostatní veličiny včetně dílčích součinitelů. Vektor X zahrnuje veličiny odolnosti včetně materiálových vlastností a geometrických veličin, vektor Y zahrnuje především veličiny popisující zatížení. Funkci mezního stavu je pak možno zapsat ve tvaru

$$g(X, Y, \dots) = 0 \quad (1)$$

Zpravidla je možné funkci (1) upravit na rozdíl odolnosti a účinku zatížení

$$R(X, Y, \dots) - E(Y, \dots) = 0 \quad (2)$$

kde $R(X, Y, \dots)$ označuje odolnost a $E(Y, \dots)$ účinek zatížení. V rovnici (2) se předpokládá, že účinek zatížení $E(Y, \dots)$ je funkcí pouze veličin Y, které jsou nezávislé na jakosti provedení.

Nové evropské předpisy se opírají o předpoklad, že index spolehlivosti β může být rozdělen na složku odolnosti $-\alpha R\beta$ a složku účinku zatížení $\alpha E\beta$ (při tom se doporučují součinitele citlivosti $\alpha R = 0,8$ a $\alpha E = -0,7$). Pak lze vliv jakosti provedení zkoumat pouze na základě rozboru odolnosti $R(X, Y, \dots)$ bez účinku zatížení. Funkce mezního stavu (2) lze v tomto případě zapsat ve tvaru

$$KR R_0(X, Y, \dots) - R_d(X_k, Y_k, \gamma_i, \dots) = 0 \quad (3)$$

Zde KR označuje součinitel nejistoty modelu odolnosti, $R_0(X, Y, \dots)$ je náhodná veličina (primární odolnost) stanovená na základě přijatého modelu a základních veličin X, Y, $R_d(X_k, Y_k, \gamma_i, \dots)$ je návrhová hodnota odolnosti odpovídající charakteristickým hodnotám základních veličin X_k, Y_k a dílčím součinitelům γ_i . Pravděpodobnostní podmínka spolehlivosti odolnosti je zapsána ve tvaru:

$$P\{KR R_0(X, Y, \dots) < R_d(X_k, Y_k, \gamma_i, \dots)\} = \Phi(-\alpha R\beta) \quad (4)$$

Při přímé analýze podmínky (4) se zkoumá závislost index spolehlivosti $\beta R = \alpha R\beta$ na vybraných parametrech, při inverzní analýze jsou vybrané parametry stanoveny pro stanovenou směrnou hodnotu indexu spolehlivosti odolnosti βR_t . Z předpokladu součinitele citlivosti $\alpha R = 0,8$ je směrná hodnota $\beta R_t = \alpha R\beta_t = 0,8 \times 3,8 = 3,04$, a odpovídající pravděpodobnost $\Phi(-3,04) \approx 0,001$.

3. Příklady železobetonových prvků

Dva základní železobetonové prvky se uvažují v následujícím rozboru: železobetonová deska a krátký železobetonový sloup. Železobetonová deska je typickým příkladem ohýbaného prvku, krátký železobetonový sloup je příkladem prvku vystaveného prostému tlaku. V případě železobetonové desky lze rovnici (3) zapsat ve tvaru

$$K_R(A_s f_s (h - a - 0,5 A_s f_y / (b f_c))) - A_s (f_{yk} / \gamma_s) (h - a - 0,5 A_s f_{yk} \gamma_c / (b f_{ck} \gamma_s)) = 0 \quad (5)$$

V případě krátkého sloupu je rovnice (3) ve tvaru

$$KR (A_s f_y + accAc f_c) - (A_s f_{yk} / \gamma_s + accAc f_{ck} / \gamma_c) = 0 \quad (6)$$

V rovnicích (5) a (6) jsou použity obvyklé symboly kromě veličiny KR, která popisuje nejistoty modelu odolnosti uvažovaného v jednotlivých příkladech. Jde o hypotetický poměr skutečně pozorované odolnosti a teoretické hodnoty stanovené na základě přijatého modelu odolnosti. V obou příkladech jsou použity obvyklé zjednodušující modely, které se mohou odlišovat od skutečně pozorovaných hodnot. Jde o velmi důležitou veličinu, která může významně ovlivnit výsledek rozboru spolehlivosti.

Podrobnosti o všech základních veličinách jsou uvedeny v následujícím oddílu. Všimněme si, že při stanovení návrhové hodnoty odolnosti R_d se uvažují pouze dva dílčí součinitele: součinitel pevnosti beton γ_c a oceli γ_s . Tyto dva dílčí součinitele mají tedy přihlížet k nejistotám všech základních veličin uvažovaných v rovnicích (5) a (6).

4. Teoretické modely základních veličin

Základní veličiny X (závislé na jakosti provedení) a Y (nezávislé na jakosti provedení) v rovnicích (5) and (6) jsou přehledně uvedeny v tabulkách 1 a 2. Teoretické modely uvedené v tabulce 1 a 2 jsou převzaty z předchozích studií a z informací poskytnutých v materiálech JCSS [11]. Základní veličiny X závislé na jakosti provedení jsou popsány dvěma soubory statistických parametrů odpovídajících základní úrovni jakosti (a neredukovaným dílčím součinitelům) a vysoké jakosti provedení high (a redukovaným dílčím součinitelům).

Dílčí součinitele γ_c a γ_s uvedené v tabulce 1 jsou doporučeny v Eurokódu 1992-1-1 [2], který uvádí čtyři jakosti provedení. Podrobný návod pro použití redukovaných dílčích součinitelů je uveden v Příloze A dokumentu EN 1992-1-1 [2]. Nicméně tento dokument neuvádí žádné kvantitativní informace o variabilitě základních veličin.

Tabulka 1: Základní veličiny X závislé na jakosti provedení.

Veličina	Symbol	Rozdělení	Jednotka	Základní jakost $\gamma_c=1,50, \gamma_s=1,15$		Vysoká jakost $\gamma_c=1,30, \gamma_s=1,05$	
				μ_x	σ_x	μ_x	σ_x
Pevnost betonu	f_c	LN	MPa	30	5	30	2,5
Tloušťka desky	h	N	m	0,26	0,01	0,26	0,005
Rozměr sloupu	H, b	N	m	0,30	0,01	0,30	0,005
Vzdálenost výztuže	a	GAM	m	0,03	0,01	0,03	0,005

Jakost provedení je formálně popsána indikátorem jakosti q, což je skalární veličina s hodnotami v intervalu od 0 do 1; q = 0 odpovídá základní jakosti provedení, q = 1 vysoké jakosti. U veličiny X je jakost provedení popsána směrodatnou odchylkou $\sigma_X(q)$, pro kterou se uvažuje hypotetický vztah

$$\sigma_X(q) = \sigma_X (1 - 0,5 q) \quad (7)$$

V rovnici (7) σ_X označuje směrodatnou odchylku veličiny X odpovídající základní jakosti uvedené v tabulce 1, nejmenší směrodatná odpovídající vysoké jakosti provedení odchylka je poloviční, $\sigma_X(1) = 0,5 \sigma_X$.

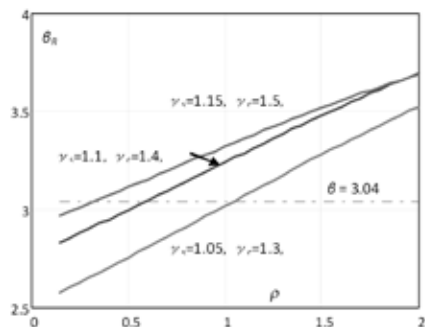
Tabulka 2: Základní veličiny Y nezávislé na jakosti provedení.

Veličina	Symbol Y	Rozdělení	Jednotka	Průměr μ_Y	Sm. odch. σ_Y
Součinitel dlouhodobého vlivu	acc	LN	-	0,85	0,085
Stálé zatížení	G	N	kN/m ²	G _k	0,1 G _k
Užitné zatížení	Q	GUM	kN/m ²	0,6 Q _k	0,35×0,6 Q _k
Proměnné zatížení	W	GUM	MN/m ²	0,3 W _k	0,15W _k
Pevnost výztuže	f _y	LN	MPa	560	30
Plocha výztuže	A _s	DET	m ²	A _{s,nom}	-
Šířka desky	b	DET	M	1,00	-
Modelová nejistota desky	KR	LN	-	1,15	0,10
Modelová nejistota sloupu	KR	LN	-	1,10	0,15
Nejistota účinku zatížení	KE	LN	-	1,00	0,10

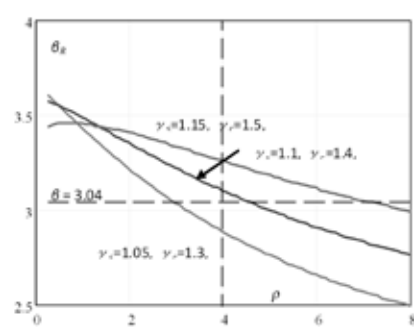
Teoretické modely uvedené v tabulce 1 a 2 jsou stanoveny na základě předchozích studií ([3] až [10]) a materiálů JSCC [11]. Teoretické modely základních veličin včetně modelové nejistoty KR (stanovené na základě studie [8] a materiálů [11]), se v konkrétních případech mohou odlišovat od modelů uvažovaných v této studii a výsledky následujícího rozboru je proto třeba vztahovat k předpokládaným teoretickým předpokladům uvedeným v tabulce 1 a 2. Výstižnější modely je třeba ověřit na základě vhodných experimentálních dat.

5. Výsledky rozboru spolehlivosti

Obrázky 1 a 2 ukazují výsledky přímé analýzy podmínek spolehlivosti funkcí mezního stavu (5) a (6). Obrázek 1 ukazuje index spolehlivosti β_R pro vybrané dílčí součinitele a jakost provedení q v závislosti na stupni vyztužení ρ pro desku, obrázek 2 ukazuje obdobné výsledky pro sloup.



Obrázek 1: Závislost indexu β_R na ρ pro desku a vybrané součinitele γ_s , γ_c a jakost provedení q .



Obrázek 2: Závislost indexu β_R na ρ pro sloup a vybrané součinitele γ_s , γ_c a jakost provedení q .

Z obrázků 1 a 2 je zřejmé, že indexy spolehlivosti odolnosti β_R jsou v obou případech významně závislé na stupni vyztužení ρ . Pro extrémní stupně vyztužení ρ mohou být rozdíly v hodnotách indexu spolehlivosti β_R mohou být významné (rovné až jedné).

Další vývoj navrhování železobetonových konstrukcí metodou dílčích součinitelů by mohl uvažovat složitějšího systému dílčích součinitelů, při kterém by se dílčí součinitele diferencovaly s ohledem na:

- Jakost provedení,
- Stupeň vyztužení,
- Různé způsoby namáhání prvků.

Takto stanovený systém dílčích součinitelů by však byl nepochybně složitější a méně operativní než současný jednoduchý systém dvou dílčích součinitelů, které se aplikují pro pevnost betonu γ_c a oceli γ_s . Složitější systém dílčích součinitelů by však mohl přinést významné ekonomické výsledky zejména při navrhování hromadně vyráběných prvků nebo při ověřování existujících konstrukcí. V těchto případech se však mohou s výhodou uplatnit rovněž pravděpodobnostní metody ověřování spolehlivosti.

6. Závěrečné poznámky

Předložený rozbor vlivu jakosti provedení na spolehlivost vybraných železobetonových prvků poskytuje tyto nejdůležitější poznatky.

1. Základní veličiny železobetonových konstrukcí lze rozdělit na veličiny závislé na jakosti provedení a veličiny nezávislé na jakosti provedení.
2. Spolehlivost železobetonových prvků obecně závisí na stupni jejich vyztužení; s rostoucím stupněm vyztužení spolehlivost ohýbaných prvků vzrůstá, spolehlivost převážně tlacených prvků klesá.
3. Dílčí součinitele pro pevnost betonu a výztuže obecně zahrnují nejistoty všech základních veličin včetně modelových nejistot.
4. Současné předpisy doporučují redukované dílčí součinitele, které mohou vést v extrémních případech vyztužení k nedostatečné úrovni spolehlivosti.
5. Spolehlivost prvků s vysokou jakostí provedení navržených pro redukované dílčí součinitele se zdá nižší než spolehlivost prvků se základní jakostí provedení.
6. Při stanovení dílčích součinitelů pro pevnost betonu a výztuže je vhodné přihlížet k jakosti provedení, stupni vyztužení a typu prvku.
7. Další kalibrace dílčích součinitelů je žádoucí opřít o zpřesněné teoretické modely základních veličin včetně modelových nejistot.

Acknowledgement.

This study is a part of the project GAČR 103/08/1527 „Global safety of reinforced concrete structures“ supported by The Grant Agency of the Czech Republic.

Literatura

- [1] EN 1990, 2002. Basis of structural design, CEN (ČSN EN 1990, 2004. Zásady navrhování konstrukcí).
- [2] EN 1992-1-1, 2004. Design of concrete structures-General rules and rules for buildings, CEN (ČSN EN 1992-1-1, 2004. Navrhování betonových konstrukcí-Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby).
- [3] Gulvanessian, H., Holický, M., 2005. Eurocodes: Using reliability analysis to combine action effects, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Structures and Buildings, Thomas Telford. August.
- [4] Holický, M., Vrouwenvelder, T., 1997, “Time Variant Reliability of a Concrete Column,” Proceedings, ESREL 97, Lisbon, A.A Balkema, Rotterdam, pp. 1457 -1465.
- [5] Holický, M., Rackwitz R., 1998: “Time Variant Reliability of a Column under Variable Load with Intermittencies,” Proceedings of the European Conference on Safety and Reliability, ESREL 98, Trondheim, A.A Balkema, Rotterdam, pp. 977-984.
- [6] Holický, M., Marková, J., Gulvanessian H., 2006. Code calibration allowing for reliability differentiation and production quality, ICOSAR, Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering – Kanda, Takada & Furuta (eds), Taylor & Francis Group, London,
- [7] Holický, M., Marková, J., 2007. Reliability differentiation and production quality in structural design. SEMC 2007, Cape Town, Millpress, Rotterdam, 2007.
- [8] Holický, M., Retief, J.V., Dunaiski, P.E., 2007. The Reliability Basis of Design for Structural Resistance. SEMC 2007, Cape Town, Millpress, Rotterdam, 2007.
- [9] Holický, M., 2008. Reliability-based analysis of codified design allowing for production quality. Asranet 2008, Athens, Greece (www.asranet.com).
- [10] Marková, J., Marek, P., 2006. Reliability differentiation for design of reinforced concrete members. In: Safety and Reliability for Managing Risk, Esrel 2006. Estoril, pp. 1511-1514.
- [11] JCSS: Probabilistic model code. JCSS working materials, <http://www.jcss.ethz.ch/>, 2002.

HODNOCENÍ KVALITY POVRCHOVÝCH ÚPRAV VE STAVEBNICTVÍ

Ing. Jaroslava Benešová, Ing. Hana Geiplová

SVÚOM s.r.o., U Měšťanského pivovaru 934, 170 00 Praha 7

Tel. 220 809 996, e-mail: geiplova@svuom.cz

Web: www.svuom.cz

Anotace

Normy v oboru povrchových úprav, které se týkají zkušebních metod, jsou velmi efektivním základem pro zavedení systému řízení kvality. Zkušební metody zahrnují jak postupy hodnocení vstupních materiálů, tak i výsledných zhotovených povlaků. Systematicky prováděné hodnocení kvality povrchových úprav napomáhá dosažení požadované životnosti protikorozních opatření a tím i celé konstrukce nebo stavebního objektu a snížení nákladů na jejich opravy a obnovu.

1. Úvod

Životnost povrchových úprav aplikovaných na stavebních konstrukcích je ovlivněna tím, zda funkčnost a korozní odolnost povrchové úpravy odpovídá předpokládaným požadavkům. Systematická kontrola kvality povrchových úprav je velmi významná jak z hlediska použitých materiálů, tak z hlediska již aplikovaných povlaků. V Tabulce 1 jsou uvedeny základní parametry kvality aplikovaných povrchových úprav.

Tabulka 1 – Parametry kvality povlakových systémů

Oblast kontroly	Parametry kvality
Vlastnosti povrchu podkladu	stupeň čistoty povrchu drsnost povrchu
Vzhledové vlastnosti povlaku	celkový vzhled – souvislost, rovnoměrnost lesk, zobrazivost, mat barevný odstín
Funkční vlastnosti povlaku	složení a struktura povlaku přilnavost tvrdost, pevnost tažnost, odolnost proti deformaci odolnost proti oděru vnitřní prnutí
Ochranné vlastnosti povlaku	tloušťka pórovitost odolnost proti korozi

Normy v oboru povrchových úprav, které se týkají zkušebních metod, jsou velmi efektivním základem pro zavedení systému řízení kvality. Důkladně popsané zkušební metody zvyšují přesnost zkušebních výsledků. Normy týkající se zkušebnictví, žárových kovových povlaků, nátěrových hmot a nátěrových systémů pro konkrétní aplikace, např. protikorozní

ochranu ocelových konstrukcí, tvoří základ pro přesné stanovení veřejných soutěží a značně snižují náklady všech zainteresovaných stran (investora, dodavatele, prováděcích firem).

2. Hodnocení kvality povrchových úprav

2.1 Hodnocení předúpravy povrchu

Před aplikací většiny povrchových úprav je vyžadována určitá čistota povrchu, popř. drsnost povrchu podkladového kovu, zejména pro nanášení nátěrových hmot s vysokým obsahem práškového zinku na bázi silikátových pojiv nebo v případě žárového stříkání kovových povlaků. Pro hodnocení stavu povrchu lze využít ustanovení řady technických norem.

Dosažení předepsaného stupně předúpravy povrchu se kontroluje dle obrazových příloh ČSN EN ISO 8501-1 Příprava ocelových povrchů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků a ČSN ISO 8501-2 Příprava ocelových povrchů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 2: Stupně přípravy dříve natřeného ocelového podkladu po místním odstranění předchozích povlaků. Ostatní zkoušky čistoty se provádějí pouze v případě nedodržení předepsaného technologického postupu nebo požadavku projektu povrchových úprav. S ohledem na projevy znečištění se předepisují kontrolní zkoušky čistoty povrchu dle normy ČSN ISO 8502 Příprava ocelových podkladů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků – Zkoušky pro vyhodnocení čistoty povrchu (část 1-3). Nejčastěji sledovaným znečištěním povrchu jsou chloridy. Metody pro jejich stanovení specifikují způsob přípravy výluhu z povrchu konstrukce (Breslova cela) a dále analytickou metodu přímého stanovení chloridů nebo měření vodivosti roztoku.

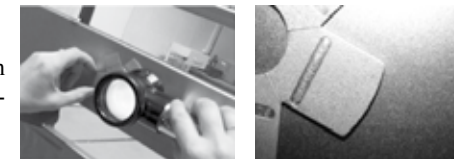


Obrázek 1 – Vyhodnocování čistoty povrchu – příprava výluhu Breslovou celou

Do souboru norem na hodnocení čistoty povrchu jsou nově zavedeny normy ČSN EN ISO 8501-3 Příprava ocelových povrchů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stupně přípravy svarů, hran a dalších ploch s povrchovými nedokonalostmi, která definuje nedokonalosti povrchu na svarech, hranách a ocelovém povrchu a specifikuje následující tři stupně přípravy ocelových povrchů s viditelnými nedokonalostmi vhodné pro nanášení nátěru a dalších produktů, a norma ČSN EN ISO 8501-4 Příprava ocelových povrchů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu - Část 4: Výchozí stav povrchu, stupně přípravy a bleskové koroze po vysokotlakém tryskání vodou, která specifikuje pět výchozích stavů povrchu a následně definuje slovním popisem vzhled povrchu po očištění společně s reprezentativními fotografickými příklady.

Kontrolní zkouška dosažení předepsaného stupně drsnosti povrchu se provádí porovnáním s referenčními vzorky - komparátory, speciálním přístrojem (drsnoměrem) pro přesná měření veličin drsnosti nebo pomocí komparátorů profilu povrchu dle ČSN EN ISO 8503 Příprava ocelových podkladů před nanášením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Charakteristiky drsnosti povrchu otryskaných ocelových podkladů (Obrázek 2).

Problematiku zkoušení nátěrových hmot a nátěrů lze rozdělit do čtyř samostatných základních oblastí:



Obrázek 2 – Otryskaný povrch hodnocený komparátorem drsnosti

2.2 Hodnocení kvality nátěrových hmot

Tyto zkoušky mají především laboratorní charakter a umožňují stanovit základní vlastnosti nátěrových hmot i kontrolu jejich kvality porovnáním naměřených hodnot se specifikací výrobce.

1. Zkoušení nátěrových hmot v tekutém stavu

Tyto zkoušky mají především laboratorní charakter a umožňují stanovit základní vlastnosti nátěrových hmot i kontrolu jejich kvality porovnáním naměřených hodnot se specifikací výrobce.

ČSN EN ISO 2431 Nátěrové hmoty. Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky

ČSN 67 3016 Nátěrové hmoty. Stanovení tixotropních vlastností nátěrových hmot při nanášení rotačním viskozimetrem

ČSN EN ISO 1524 Nátěrové hmoty a tiskové barvy - Stanovení jemnosti tření

2. Zkoušení nátěrových hmot ve fázi jejich přeměny v nátěr

Tyto zkoušky mají především laboratorní charakter a umožňují stanovit základní vlastnosti nátěrových hmot při jejich aplikaci.

ČSN EN ISO 1517 Nátěrové hmoty. Zkouška povrchového zasychání. Metoda s balotinou

ČSN EN ISO 3678 Nátěrové hmoty. Zkouška zasychání do stavu bez otisku

ČSN EN 29117 Nátěrové hmoty - Stanovení stavu proschnutí a doby proschnutí – zkušební postup (ISO 9117)

ČSN EN ISO 4622 Nátěrové hmoty. Tlaková zkouška stohovatelnosti

3. Stanovení fyzikálně-mechanických vlastností zaschlého nátěru

Tyto zkoušky mají laboratorní i provozní charakter a umožňují stanovit základní vlastnosti vytvořených povlaků, tj. zda kvalita provedených prací povrchových úprav odpovídá technologickému postupu.

ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty. Stanovení tloušťky nátěru

Norma byla revidována, do normy byly zařazeny metody využívající fototermálních, radiologických a akustických technik.

ČSN ISO 2813 Nátěrové hmoty. Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20°, 60° a 85°

ČSN EN ISO 13803 Nátěrové hmoty - Stanovení snížení odrazu zákalem v nátěrovém filmu měřeními při 20°

ČSN 67 3067 Nátěrové hmoty. Označování a hodnocení barevných odstínů

- ČSN 67 3084 Nátěrové hmoty. Zkušební metody. Stanovení pórovitosti nátěru
- ČSN 67 3075 Nátěrové hmoty. Zkušební metody. Stanovení povrchové tvrdosti nátěru tužkami
- ČSN EN ISO 1522 Nátěrové hmoty. Nátěrové hmoty - Zkouška tvrdosti nátěru tlumením kyvadla
- ČSN EN ISO 2815 Nátěrové hmoty. Buchholzova vrypová zkouška
- ČSN 67 3083 Stanovení odolnosti nátěru proti oděru padajícími oděrovými materiálem
- ČSN EN ISO 2409 Nátěrové hmoty. Mřížková zkouška
- Norma byla revidována. Hlavní změnou je, že byly změněny požadavky na samolepicí pásku; musí se použít samolepicí páska, jejíž přilnavost je mezi 6 N na 25 mm šířky a 10 N na 25 mm šířky. Páska musí být alespoň 50 mm široká.
- ČSN EN ISO 4624 Nátěrové hmoty. Odtrhová zkouška přilnavosti
- ČSN EN ISO 1519 Nátěrové hmoty. Zkouška odolnosti ohybu (na válcovém trnu)
- ČSN EN ISO 1520 Nátěrové hmoty. Zkouška hloubením
- ČSN EN 13523 Kontinuálně lakované kovové pásy - Metody zkoušení
- ČSN EN ISO 7784 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti abrazi – 3 metody

4. Stanovení ochranných vlastností nátěrů a nátěrových systémů

Korozní zkoušky se provádí za účelem ověření korozního chování povrchových úprav v různých podmínkách při vývoji či změně technologie výroby nebo jako standardní postupy k ověření kvality výroby a musí vycházet z požadavků na povrchové úpravy a účelu zkoušky. Ke provádění korozních zkoušek existuje celá řada technických norem, od obecných postupů až po jednotlivé velmi přesně specifikované postupy. Pro stanovení ochranných vlastností se používají zkoušky:

a) atmosférické zkoušky, které se realizují na zkušebních vzorcích umístěných na atmosférických stanicích, na kterých se současně měří základní charakteristiky znehodnocování nátěrů jako jsou teplota vzduchu, množství srážek, doba slunečního svitu apod.

ČSN 67 3090 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti nátěrů na kovovém povrchu v atmosférických podmínkách

ČSN EN 13523-19 Kontinuálně lakované kovové pásy - Metody zkoušení - Část 19: Návrh vzorku a metoda zkoušení pro atmosférickou expozici

b) provozní a poloprovazní zkoušky, při kterých jsou nátěry exponovány v prostředích ve kterých budou následně provozovány. Vyhodnocování se provádí v určitých časových intervalech.

c) zrychlené laboratorní zkoušky, které umožňují za relativně krátkou dobu posoudit vlastnosti zkoušeného nátěru či nátěrového systému. Tyto zkoušky napodobují přírodní faktory tj. vlhkost, teplotu, kyslík, znečišťující činitele, korozní stimulatory a sluneční záření.

ČSN EN ISO 3231 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti vlhkým atmosférám s obsahem oxidu siřičitého

ČSN 03 8131 Korozní zkouška v kondenzační komoře

ČSN EN ISO 6270 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti vlhkosti (kontinuální kondenzace)

ČSN EN ISO 9227 Korozní zkoušky v umělých atmosférách. Zkoušky solnou mlhou

Norma byla revidována, do normy byly zařazeny specifikace pro zkoušení vzorků s organickými povlaky uvedené ve zrušené EN ISO 7253.

ČSN EN ISO 2815 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti kapalinám

ČSN EN ISO 11341 Nátěrové hmoty. Umělé stárnutí a expozice umělému záření. Expozice filtrovanému záření xenonové obloukové výbojky

ČSN EN ISO 12944-6 Nátěrové hmoty. Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy- Část 6: Laboratorní zkušební metody

Norma prochází revizí, která zavádí výrazné změny. Stanovuje několik zkušebních režimů v závislosti na stanovené agresivitě prostředí a očekávané životnosti. Nově zavádí zkoušky v podle EN ISO 11997-2 (Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti při cyklických korozních zkouškách - Část 2: Solná mlha/sucho/vlhkost/UV záření) a ISO 20340 (Paints and varnishes - Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures).

ČSN EN 13523-8 Kontinuálně lakované kovové pásy - Zkušební metody - Část 8: Odolnost v solné mlze

2.3 Hodnocení kvality kovových povlaků

U kovových povlaků se hodnotí pouze již zhotovené povlaky na výrobcích (pásy, plechy, díly konstrukce) nebo se hodnotí kvalita provedené povrchové úpravy na vzorcích, které jsou pokoveny současně s dílem. Základní hodnocení zahrnuje vzhled, tloušťku, přilnavost a porozitu povlaku. Korozní odolnost se obvykle neověřuje zkouškami, protože na základě prokázání tloušťky a spojitosti povlaku lze předpokládat korozní odolnost odpovídající korozní rychlosti kovového povlaku v daném korozním prostředí a tloušťce povlaku. Základní požadavky na kovové povlaky jsou uvedeny v technických normách:

ČSN EN ISO 1461 Žárové povlaky zinku nanášené ponorem na železných a ocelových výrobcích - Specifikace a zkušební metody

ČSN EN 10326 Plechy a pásy z konstrukčních ocelí, kontinuálně žárově pokovené - Technické dodací podmínky

ČSN EN ISO 2063 Žárové stříkání - Kovové a jiné anorganické povlaky - Zinek, hliník a jejich slitiny

2.4 Hodnocení kvality anorganických a organických povlaků

V posledních letech se ve stavebnictví zvyšuje používání hliníkových materiálů. Povrchová úprava hliníkových materiálů (pásů, plechů, profilů, apod.) se obvykle provádí anodickou oxidací (eloxováním), popř. s barvením a povlaky zhotovenými z práškových nebo kapalých nátěrových hmot. Anodické oxidové povlaky snižují nebezpečí korozního napa-

dení, především bodového. Rozhodujícím znakem jakosti povlaku je tloušťka a celistvost povlaku. Pro použití ve stavebnictví se podle typu prostředí a požadované životnosti povrchové úpravy doporučují tloušťky vrstvy. Vzniklé oxidické vrstvy se musí utěsnit. Kvalita vrstev je závislá i na druhu hliníkové slitiny – na čistém hliníku vznikají homogennější a tím i odolnější vrstvy. Základní požadavky na anodické oxidické povlaky na hliníku jsou uvedeny v technických normách:

ČSN EN 12373 Hliník a slitiny hliníku - Anodická oxidace (19 částí)

ČSN EN 12206-1 Nátěrové hmoty - Povrchová úprava hliníku a hliníkových slitin pro stavební účely - Část 1: Povlaky zhotovené z práškových nátěrových hmot

Pro povlaky z práškových nátěrových hmot na kovových povlacích zinku jsou základní požadavky specifikovány v normě:

ČSN EN 13438 Nátěrové hmoty - Povlaky z práškových organických nátěrových hmot pro žárově zinkované ponorem nebo difúzně zinkované ocelové výrobky pro konstrukční účely

3. Hodnocení povlaků povrchových úprav na konstrukcích

3.1 Vzhledové hodnocení

Organické povlaky

Při hodnocení vzhledu nátěrového systému se kontroluje zejména:

- rovnoměrnost nanesení povlaku na všechny plochy,
- celistvost, překrytí hran,
- vyloučení vad jako jsou podtekliny, trhliny, puchýře, praskání, odlupování, struktura,
- zanesení nečistot do zaschlého nátěru,
- jednotný barevný odstín.

Zjištěné vady musí být opraveny v souladu s jakostními parametry dohodnutými před zhotovováním nátěrů.

Metalizované povlaky

Vzhled se kontroluje vizuálně, bez zvětšení porovnáním s etalony. Povlak musí být stejnorodý, bez trhlin, částic neprotaveného kovu, nepokoveného podkladu a jiných defektů. Před eventuálním nátěrem je bezpodmínečně nutné zajistit, aby vrstva metalizovaného kovu byla v celé tloušťce vrstvy suchá. Případné korozní produkty zinku a/nebo hliníku musí být odstraněny.

Žárový povlak zinku

Prostým okem nesmí být viditelné hrudky, puchýře, kapky, zbytky tavidla, ostré výstupky, apod.. Celková nepokovená plocha nesmí být větší než 0,5% plochy dílu. Jednotlivá nepokovená plocha pro opravu nesmí být větší než 10 cm². Přípustný je výskyt tmavších nebo světlejších míst. Při skladování ve vlhkém prostředí se může vyskytnout „bílá“ koroze

ve formě objemných korozních produktů zinku. Pokud je tloušťka zinkové vrstvy vyšší než předepsáno, není výskyt korozních produktů zinku („bílá rez“) důvodem k reklamaci.

3.2 Tloušťka povlaků

Jedním z důležitých hledisek pro hodnocení ochranné funkce povlaků je tloušťka povlaku. Při posuzování možností jak zajistit účinnou kontrolu tloušťky povlaků, je první úvaha zaměřena na výběr měřicí metody. Metody měření tloušťky povlaků jsou dané typem podkladového materiálu, typem povlaku a jeho předpokládanou tloušťkou (resp. požadovanou přesností a rozsahem měřících přístrojů). Při měření tloušťky na výrobcích jsou přednostně používány nedestruktivní metody. Destruktivní metody se používají omezeně nebo na vzorcích stejného materiálu, na nichž lze po provedení povrchové úpravy tloušťku povlaků považovat za rovnoměrnou. V současné době lze měření tloušťky většiny povlaků zabezpečit základními metodami (Tabulka 2):

- nedestruktivní magneticko-indukční metoda,
- nedestruktivní metoda vířivých proudů,
- destruktivní mikroskopická metoda.

Tabulka 2 - Doporučené nedestruktivní měřicí metody

Podklad	Povlak		
	anodická oxidace	organický povlak	zinkový povlak
Magnetická ocel	-	M	M
Nemagnetická ocel	-	V	-
Nemagnetické kovy a slitiny	V	V	-

Poznámky: M – magneticko-indukční metoda, V - metoda vířivých proudů

Pro měření tloušťek povlaků povrchových úprav se používá řada metod, které jsou zavedeny v ČSN EN ISO 2808 Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru a ČSN EN ISO 3882 Kovové a jiné anorganické povlaky – Přehled metod měření tloušťky.

Běžně používané techniky pro měření tloušťky vytvrzených povlaků nátěrových hmot zahrnují nedestruktivní metody měření tloušťky suchého filmu jako jsou magnetická a ultrazvuková metoda, metoda vířivých proudů, mikrometr, atd., a také destruktivní metody jako je příčný řez nebo gravimetrické (hmotnostní) metody. Poslední dobou se rozšiřuje používání ultrazvukové metody k měření tloušťky povlaků.

Nejrozšířenější metodou měření tloušťek je metoda magnetické indukce dle ČSN ISO 2178 Nemagnetické povlaky na magnetických podkladech. Měření tloušťky povlaku. Magnetická metoda., kterou lze měřit i nejrozšířenější typy povlaků – organické a zinkové povlaky na oceli. K dispozici je řada přístrojů s vestavěnými nebo oddělenými sondami, s různou přesností, různými tvary sond.

Pro měření povlaků vytvořených anodickou oxidací je používána metoda na principu vířivých proudů dle ČSN EN ISO 2360 Nevodivé povlaky na nemagnetických elektricky

vodivých podkladech – Měření tloušťky povlaku – Metoda vířivých proudů využívající změn amplitudy.

Další známé a normalizované destruktivní (chemické snímání povlaku, mikroskopické, profilometrické a analytické způsoby) a nedestruktivní metody (zpětný rozptyl beta záření, rentgenofluorescenční) se vesměs uplatňují jen v případech kontroly převážně laboratorního charakteru. Obecně lze měření tloušťky povlaku mikroskopickou metodou dle normy ISO 1463 Kovové a oxidové povlaky – Měření tloušťky povlaku – Mikroskopická metoda použít pro všechny typy povlaků a tato metoda je stanovena jako rozhodčí pro většinu povlaků nebo pro ověření přesnosti provedených měření.

3.3 Přílnavost povlaků

Pevnost spojení povlaku s podkladovým materiálem je označována jako přílnavost – adheze. Přílnavost povlaku je základním znakem jakosti.

Povlaky nátěrových systémů poskytují chráněnému podkladu předpokládanou ochranu pouze tehdy, jestliže vykazují dostatečnou přílnavost. U povlaků na konstrukcích se přílnavost vyhodnocuje ve sporných případech, tam kde je předepsáno hodnocení v dokumentaci nebo při podezření na nedodržení technologického postupu. V případě kovových povlaků se přílnavost ověřuje pouze pro žárově stříkané povlaky, u povlaků vytvořených žárovým ponorem je přílnavost zajištěna vytvořením intermetalické slitiny na rozhraní podkladový kov – povlak. Pro ověření přílnavosti se používají metody:

ČSN EN ISO 2409 Mřížková zkouška

Zkouška se používá pro organické povlaky a žárově stříkané povlaky. Principem zkoušky je provedení 6 rovnoběžných řezů a 6 dalších, které jsou na ně kolmé. Řezy musí být provedeny až na podkladový kov. Rozestupy mezi jednotlivými řezy se řídí tloušťkou povlaku, typem povlaku a podkladu.

ČSN EN ISO 16276 Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost) povlaku

Kromě kritérií přijatelnosti výsledků hodnocení přílnavosti je touto normou zavedena i zkouška křížovým řezem (obdoba ASTM D 3359). Principem zkoušky je provedení křížového řezu v úhlu 30 – 45°. Řez se provede rovnoměrným tahem ostrým nástrojem (skalpel). Je možno hodnotit i tloušťky nátěru vyšší než 250 µm. Hodnotí se odlupování nátěru podél řezů nebo v místě jejich protnutí.

ČSN EN ISO 4624 Stanovení přílnavosti odtrhem

Metoda využívá měření síly nutné k odtržení kruhového tělíska o definované ploše, které je přilepeno na nanesené vrstvy jednotlivých nátěrů nebo celého nátěrového systému. Pro stanovení přílnavosti nátěrů odtrhem lze použít dva druhy přístrojů - mechanický a hydraulický.

3.4 Porozita povlaků

Pórovitost (póry, trhliny) významně ovlivňuje ochranné vlastnosti všech povlaků. Pórovitost závisí nejen na tloušťce jednotlivého povlaku, ale na dodržování všech technologických parametrů při jeho zhotovování. Základní definice a zásady zkoušení pórovitosti jsou uvedeny v ČSN EN 13143 Kovové a jiné anorganické povlaky - Definice a dohody týkající se pórovitosti.

4. Kontrola kvality povrchových úprav stavebních objektů

Pod pojmem inspekční činnost se rozumí dozorování při provádění prací povrchových úprav, zejména nátěry (ČSN EN ISO 12944-7). Kontrolu kvality povrchových úprav stavebních objektů může provádět investor, generální dodavatel, dodavatel nátěrových hmot nebo inspektoři. Součástí inspekce jsou činnosti potvrzující předepsané jakostní parametry povrchových úprav při přejímce díla a posuzování defektů protikorozních opatření v záruční době. Obvykle se inspekční dozor zajišťuje u akcí většího rozsahu, např. při realizaci povrchových úprav ocelových konstrukcí mostů, budov, sil, zařízení v chemickém průmyslu, energetice, dopravě apod. Míra kontroly závisí na typu a důležitosti projektu, stupni obtížnosti prací zvolené povrchové úpravě, požadované životnosti, místních podmínkách a zaměřuje se zejména na např.:

- přejímku nátěrových hmot (kvalita nátěrových hmot v kapalném stavu – viz 2.1),
- kontrolu přípravy povrchu (drsnost, čistota, ..),
- kontrolu přílnavosti povlaku (organických i kovových),
- kontrolu skladby systému povrchové úpravy,
- měření tloušťky povlaku (organického i kovového),
- vzhledové hodnocení povlaku (organického i kovového),
- zkoušku celistvosti (porozity) povlaku (jen v dohodnutých případech).

V průběhu kontroly - inspekce se sleduje i dodržování předepsané technologie (způsob nanášení, počet vrstev, mezioperační intervaly, klimatické podmínky apod.). Sledovanými klimatickými podmínkami jsou teplota vzduchu, teplota kovového povrchu, relativní vlhkost, teplota rosného bodu.

Požadovaná průměrná i minimální tloušťka organického povlaku, který bude zajišťovat protikorozi ochranu v daných korozních prostředích po požadovanou dobu, jsou doporučované normou ČSN EN ISO 12944-5 Nátěrové hmoty - Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 5: Ochranné systémy a dále i specifikacemi výrobců nátěrových hmot. U kovových povlaků musí odpovídat požadavku investora nebo doporučením uvedeným v příslušných technických normách.

Pro určení, zda zjištěné hodnoty sledovaných parametrů kvality odpovídají obvyklým požadavkům, jsou velmi významné nově zaváděné normy např. pro hodnocení přílnavosti nátěrových systémů ČSN EN ISO 16276 Ochrana ocelových konstrukcí proti korozi ochrannými nátěrovými systémy - Hodnocení a kritéria přijetí, adheze/koheze (odtrhová pevnost).

Zkouška pórovitosti se provádí ve specifických případech expozice konstrukce s povlaky v kapalných prostředích nebo pod zemí s vysokou hladinou spodní vody, především u úložných zařízení jako jsou nádrže a zásobníky. Měření pórovitosti se provádí v závislosti na tloušťce povlaku nedestruktivní metodou (malé tloušťky nátěrů) nebo destruktivní metodou (). Pro povlaky, u kterých je vyžadována vysoká odolnost po dlouhou dobu expozice se pro kontrolu porovitosti používají nízkonapěťová nebo vysokonapěťová zkouška – podle tloušťky povlaku (např. ASTM D 5162, DIN 55670).

ČSN EN 13143 Kovové a jiné anorganické povlaky - Definice a dohody týkající se pórovitosti

ČSN EN ISO 10308 Kovové povlaky - Přehled zkoušek pórovitosti

ČSN 67 3084 Nátěrové hmoty. Zkušební metody. Stanovení pórovitosti nátěrů

Především v případech provádění povrchové úpravy nátěry u rozsáhlých konstrukcí nebo potrubních systémů se doporučuje stanovit kontrolní plochy (Obrázek 3). Kontrolní plochy udávají odsouhlasený a akceptovatelný standard prací povrchových úprav na všech stupních technologického postupu. Při zakotvení ve smluvních podkladech mohou být použity pro účely garance nebo reklamace. Příprava povrchu a aplikace povrchové ochrany na kontrolních plochách musí být provedeny podle stanoveného technologického postupu za účasti zainteresovaných stran. Všechny kontrolní plochy musí být zdokumentovány a označeny. Počet kontrolních ploch vzhledem k velikosti konstrukce udává Tabulka 3.

Tabulka 3 – Počet kontrolních ploch

Plocha konstrukce (natíraná)	Doporučený počet kontrolních ploch	Doporučený podíl kontrolních ploch k ploše celé konstrukce (%)	Doporučený obsah kontrolních ploch (m ₂)
< 2000	3	0,6	12
2000 – 5000	5	0,5	25
5000- 10000	7	0,5	50
10000 – 25000	7	0,3	75
25000 - 50000	9	0,2	100
> 50000	9	0,2	200



Obrázek 3 – Příklady provedení kontrolních ploch

Závěr

V posledních 2 až 3 letech bylo nově zavedeno do soustavy českým norem nebo revidováno více jak 80 mezinárodních standardů týkajících se zkoušení různých typů povlaků (organických, anorganických, konverzních i kovových povlaků), surovin pro výrobu nátěrových hmot i katodické ochrany.

Příspěvek byl zpracován v rámci VZ MŠMT 2579478701.

Literatura

1. H. Geiplová, Význam norem pro zvýšení životnosti protikorozní ochrany, konference Pyramida, 2008
2. H. Geiplová, Mezinárodní normalizace v oboru povrchových úprav, odborný seminář ProFintech Brno 2008
3. H. Geiplová, M. Koudela, Význam norem pro zvýšení životnosti protikorozní ochrany, sborník konference Povrchové úpravy 2007, AMA, 7. - 8.11.2007
4. J. Benešová, Zkoušení vlastností práškových plastů, EDUKA, 2006

PROKAZOVÁNÍ JAKOSTI (KVALITY) VÝROBKŮ

Ing. Dr. Vladimír Kudělka

TDS Brno-SMS, s.r.o., www.tdsbrnosms.cz

Jakost výrobků je verifikována souhrnem odzkoušených předepsaných vlastností, ověřením spolehlivé funkce a bezpečnosti i predikcí životnosti daného výrobku.

Jakost každého výrobku je určena souhrnem požadavků projektové, konstrukční, technologické, výrobní, kontrolní, zkušební a provozní dokumentace, ev. servisní dokumentace.

Jakost výrobků je tedy ověřována na základě splnění základních bezpečnostně – technických požadavků na daný výrobek.

Pro každý výrobek musí být stanovena kritéria rizik, která určují bezpečnostní rámec pro spolehlivý a bezpečný provoz výrobku, uváděného na trh a do provozu dle zák. č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, příslušných nařízení vlády (NV) – technických předpisů, evropských předpisů (směrnic ES, EHS, EC, ...), harmonizovaných technických norem, určených výrobních norem (EN, EN ISO) i národních technických norem (např. ČSN, DIN, BS, AFNOR, ASME, ...).

Každá technická dokumentace musí obsahovat pro splnění požadavků jakosti výrobku :

- projektovou specifikaci + výpočtovou i technickou zprávu
- konstrukční specifikaci + výpočtovou i technickou zprávu
- výrobní dokumentaci – výrobní detaily, výrobní postupy, návody operací
- technologickou dokumentaci – ověřené technologické postupy a kvalifikované postupy – zvláštních technologických procesů (tváření, odlévání, svařování, tepelného zpracování, povrchové úpravy)
- kontrolní dokumentaci – plán kontrol, protokoly
- zkušební dokumentaci – plán zkoušek, protokoly
- řezný plán – dělení materiálu na jednotlivé dílce
- svařovací plán – postup provádění jednotlivých svarových spojů (posloupnost provádění spojů)
- rovnací plán – vyrovnání jednotlivých vyrobených dílců (mechanicky, tepelně) do předepsaných tolerancí
- montážní plán – postup montáže a postup montážní kontroly a zkoušení
- kontrola a zkoušení po montáži – plán kontrol a zkoušení, protokoly
- provozní dokumentace – návody na provoz, údržbu a opravu výrobku (podmínky bezpečného a spolehlivého provozu s předpisem předpokládané životnosti, ev. podmínky prodloužené životnosti výrobku)
- servisní dokumentace – podmínky výměny jednotlivých dílců výrobku, periodické prohlídky, revize i diagnostika provozovaného výrobku, s určením podmínek dalšího bezpečného provozu

Údaje uváděné v dokumentaci bezpečného (jakostního) výrobku :

- přehled číselného značení sestav a detailů (výkresů) výrobku
- kusovník (rozpiska) materiálů a částí výrobku, dokumenty kontroly (atesty)
- technická zpráva doložená výpočtem a kritérií rizik, s doložením splnění základních technických požadavků na výrobek
- soupis označení zpracovaných postupů výroby, technologických procesů a montáže
- plán dělení materiálu, svařovací plán, rovnací plán jednotlivých dílů výrobku, plán kontrol a zkoušek výrobku, ev. inspekční plán
- předpis tolerancí rozměrů dílů výrobku
- předpis jakosti (kvality) svarových (pájených) spojů na výrobku
- předpis jakosti jednotlivých povrchů výrobku
- protokol o montáži výrobku (zařízení), event. sestavy výrobků (zařízení)
- protokoly o kontrole rozměrů, protokoly o kontrole jakosti, protokoly o zkouškách, přijímací protokol, předávací protokol
- návod na provozování výrobku, údržba a servis
- prohlášení o shodě výrobku s předpisem (technickou výrobkovou normou)
- ev. posouzení shody výrobku s právně-technickým předpisem (technickou výrobkovou normou) u stanoveného (vybraného) výrobku dle NV, ES, EHS, EC, ...
- ev. certifikát výrobku dle NV, ES, ...
- doložení odborné způsobilosti personálu výrobce (svářečů, páječů, svářečských dozorců, kontrolorů a pracovníků NDT kontroly)
- doložení odborné způsobilosti výrobce (Průkaz způsobilosti, certifikát ISO 9001, EN ISO 3834, certifikát výrobku, ...)

POSTUPY SVAŘOVÁNÍ (SPECIFIKACE) „WPS“ A PÁJENÍ „BPS“ – KVALIFIKACE PROTOKOLEM O SCHVÁLENÍ POSTUPU SVAŘOVÁNÍ (PÁJENÍ) WPQR (BPAR) PRO DOKLADOVÁNÍ PROVÁDĚNÝCH BEZPEČNÝCH SPOJŮ (SVARŮ, PÁJENÝCH SPOJŮ)

Svařovací postupy WPS a pájecí postupy BPS se zhotovují, kvalifikují a dokladují u prováděných svařovaných (pájených) konstrukcí výrobků a technických zařízení, kde může dojít ke ztrátě mechanické proti-deformační stability konstrukce výrobku (stavebních, strojních, tlakových, plynových, topenářských, vodohospodářských, zdvihacích, elektrických, chemických, energetických, dopravních zařízení i prostředků a jiných.) a při jejich opravách i montážích.

Postupy WPS a BPS musí být zpracovány, kvalifikovány a dokladovány u výrobků i pro jejich opravy, na které se vztahují požadavky: bezpečně odolávat v provozních podmínkách statickému, dynamickému, dilatačnímu, event. termodynamickému zatížení (namáhání), včetně event. opotřebení korozi, abrazí, erozí nebo degradaci radiačním zářením, event. při požadavcích na těsnost svarových i pájených spojů.

Dle WPS (BPS) musí svarové (pájené) spoje provádět vždy kvalifikování svářeči, páječi i operátoři, kteří mají oprávnění – osvědčení dle ČSN EN 287-1, ČSN EN ISO 9606-

2,3,4,5, SN EN 1418, ČSN EN 13133, ČSN EN 12732, ČSN EN ISO 17660 – 1 a 2, ČSN EN 13067, event. jiných harmonizovaných, technických, určených, event. výrobních norem, tj. pro ruční, mechanizované a automatizované (robotizované) svařování i pájení, navařování.

Specifikace postupu svařování WPS a pájení BPS jsou nutné pro zajištění podkladů k plánování svařečských operací, tj. pro výrobu a řízení jakosti (kvality) při svařování (pájení) výrobků i pro jejich opravy.

Požadavek norem ČSN EN ISO 9001 a ČSN EN ISO 3834-1 až 6 zní: provádět zvláštní procesy výroby – svařování i pájení dle písemných specifikací postupů WPS a BPS.

Výrobní normy předepisují přesnou kvalifikaci postupů WPS i BPS a to protokoly WPQR event. BPAR, na základě prováděných ověřovacích NDT a DT zkoušek zkušebních kusů a zkušebních vzorků. Kvalifikace postupů WPS a i BPS probíhá dle předpisů, některým ze způsobů daných dle kvalifikačních norem, tj.: ČSN EN ISO 15610, ČSN EN ISO 15611, ČSN EN ISO 15612, ČSN EN ISO 15613, ČSN EN ISO 15614-1 až 13, ČSN EN ISO 15620, ČSN EN ISO 14 555, ČSN EN ISO 17660- 1 a 2, ČSN EN 13134, ČSN P ENV 1090-1, ČSN 732601, ČSN P ENV 1993-1-1, ČSN EN 15085, event. jiných norem.

Předběžné postupy svařování (pájení) pWPS a pBPS jsou stanoveny výrobcem – pověřeným svářečským dozorem (koordinátorem) dle požadavku ČSN EN ISO 14 731 i ČSN EN ISO 3834 – 1 až 6, na základě ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN ISO 15609 – 1 až 5, ČSN EN 13134, event. harmonizovaných i technických, určených a výrobních norem.

Svarové a pájené spoje plní své funkční požadavky na bezpečné spoje, pokud jsou kvalifikovány postupy WPS a BPS a to protokoly WPQR a BPAR (predikce provozovaných bezpečných spojů).

Výrobce musí připravit předběžné pWPS (pBPS) před zahájením výroby na základě zkušeností z předchozí výroby a celkových znalostí procesu-technologie svařování (pájení).

Specifikace postupu svařování WPS i pájení BPS se musí vždy jednotlivě vypracovat při níže uvedených rozdílných (změněných) parametrech i podmínkách (základních proměnných):

- Jakosti a druhu základního materiálu i jeho rozměru
- Jakosti a druhu přídavného materiálu i jeho rozměru
- Jakosti a druhu pomocného materiálu (tavidlo, technický plyn, podložka, aj.)
- Metodě svařování (např. 111,131, 135, 311, 121, aj.), pájení (912, aj.)
- Návrhu spoje - svarových ploch – úkosů
- Poloze svařování (PA, PF, PC, PD, PE , H-L 045, aj.)
- Přípravě spoje (zhotovení úkosů, broušení, upínání, stehování, aj.)
- Způsobu svařování, pájení (rozkyv hořáku, úhel sklonu hořáku)
- Druhu a rozměru netavicí se elektrody (u metody 141, 15, aj.)

- Drážkování kořene (plazmou, plamenem, uhlíkovou elektrodou, bruskou, aj.)
- Podložení svaru (kovová, tavidlová podložka, ochrana kořene plynem, aj.)
- Elektrických parametrech (svařovací proud, napětí, odpor, aj.)
- Ručním, mechanizovaném, automatizovaném i robotizovaném svařování (pájení)
- Dodržení teploty přehřevu, interpass teploty, procesu tepelného zpracování, dodržení tepelného příkonu do svarového (pájeného) spoje při svařování

Související technické normy:

- 1) ČSN EN ISO 14 731 – Úkoly a odpovědnosti svářečského dozoru (inspektora).
- 2) ČSN EN ISO 3834-1 až 6 – Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů.
- 3) ČSN EN ISO 14 554-1 až 2 – Požadavky na jakost při odporovém svařování. Vyšší a základní požadavky.
- 4) ČSN EN ISO 13 214 – Žárové stříkání. Dozor nad žárovým stříkáním. Úkoly a odpovědnosti.
- 5) ČSN EN 1011-1 až 8 – Svařování. Doporučení pro svařování kovových materiálů.
- 6) ČSN EN ISO 9001 – Systémy managementu kvality. Požadavky.
- 7) ČSN P ENV 1090-1 – Provádění ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 8) ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí. Obecná pravidla.
- 9) ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí.
- 10) ČSN EN 1999-1-1 – Navrhování hliníkových konstrukcí. Obecná pravidla.
- 11) ČSN EN 473 – Nedestruktivní zkoušení. Kvalifikace a certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení. Všeobecné zásady.
- 12) ČSN EN 970 – Nedestruktivní zkoušení svarů. Vizuální kontrola.
- 13) ČSN EN ISO 14 922-1 až 4 – Žárové stříkání. Požadavky na jakost. Směrnice – komplexní, standardní a základní požadavky.
- 14) ČSN EN 13 100-1 – Nedestruktivní zkoušení svarových spojů polotovarů z termoplastů – Část : Vizuální kontrola.
- 15) ČSN EN 13 480 – 1 až 6 – Kovová průmyslová potrubí. Požadavky.
- 16) ČSN EN 13 445- 1 až 8 – Netopené tlakové nádoby. Požadavky.
- 17) ČSN EN 12 952-1 až 16 – Vodotrubné kotle a pomocná zařízení. Požadavky.
- 18) ČSN EN 12 953-1 až 12 – Válcové kotle a pomocná zařízení. Požadavky.
- 19) ČSN EN 14 025 – Nádrže na přepravu nebezpečného zboží. Kovové tlakové nádrže. Konstrukce a výroba.
- 20) ČSN EN 12 542 – Stabilní svařované ocelové sériově vyráběné nadzemní válcové zásobníky pro skladování LPG o objemu do 13 m³ včetně. Návrh a výroba.
- 21) ČSN EN 12 732 – Zásobování plynem. Svařované ocelové potrubí. Funkční požadavky.
- 22) ČSN EN 286 – 1 až 4 – Jednoduché netopené tlakové nádoby pro vzduch a dusík pro všeobecné účely. Požadavky.

- 23) ČSN EN 1775 – Zásobování plynem. Plynovody v budovách. Požadavky.
- 24) ČSN EN 13 094 – Nádrže pro přepravu nebezpečného zboží. Kovové nádrže s pracovním tlakem nepřesahujícím 0,5 bar. Konstrukce a provedení.
- 25) ČSN EN 13 458-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Stabilní vakuově izolované nádoby. Požadavky – konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.
- 26) ČSN EN 13 530-1 až 3 – kryogenní nádoby. Velké přepravní vakuově izolované nádoby. Požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.
- 27) ČSN EN 14 075 – Stabilní ocelové svařované sériově vyráběné válcové zásobníky pro podzemní skladování zkapalněných uhlovodíkových plynů (LPG) o objemu do 13 m³ včetně. Návrh a výroba.
- 28) ČSN EN 14 197-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Stabilní nevakuově izolované nádoby. Základní požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.
- 29) ČSN EN 14 222 – Válcové kotle z korozivzdorné oceli.
- 30) ČSN EN 14 276-1 – Tlaková zařízení chladicích zařízení a tepelných čerpadel. Nádoby. Všeobecné požadavky.
- 31) ČSN EN 14 398-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Velké přepravní nevakuově izolované nádoby. Základní požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení, provozní požadavky.
- 32) ČSN EN ISO 17 660-1 a 2 – Svařování betonářské oceli. Nosné a nenosné svarové spoje.
- 33) ČSN EN ISO 17 020 – Činnost inspekčních orgánů. Zásady.
- 34) ČSN EN 10 204 – Dokumenty kontroly.
- 35) ČSN EN ISO 15607 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Všeobecná pravidla
- 36) ČSN EN ISO 15609-1 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupů svařování – Část 1: Obloukové svařování
- 37) ČSN EN ISO 15609-2 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupů svařování – Část 2: Plamenové svařování
- 38) ČSN EN ISO 15609-3 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupů svařování – Část 3: Elektronové svařování
- 39) ČSN EN ISO 15609-4 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupů svařování – Část 4: Laserové svařování
- 40) ČSN EN ISO 15609- 5 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Stanovení postupů svařování – Část 5: Odporové svařování
- 41) ČSN EN ISO 14 555 – Obloukové přivařování svorníků z kovových materiálů
- 42) ČSN EN ISO 15620 – Třecí svařování kovových materiálů
- 43) ČSN EN ISO 15610 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Kvalifikace na základě vyzkoušených svařovacích materiálů
- 44) ČSN EN ISO 15 611 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Kvalifikace na základě předchozí svářečské zkušenosti

- 45) ČSN EN ISO 15612 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Kvalifikace na základě normalizovaného postupu svařování
- 46) ČSN EN ISO 15613 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Kvalifikace na základě předvýrobní zkoušky svařování
- 47) ČSN EN ISO 15614-1 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Zkouška postupu svařování. Část 1: Obloukové a plamenové svařování oceli a obloukové svařování niklu a slitin niklu.
- 48) ČSN EN ISO 15614-2 – Zkoušky postupu svařování. Část 2: Obloukové svařování hliníku a jeho slitin.
- 49) ČSN EN ISO 15614-3 – Zkoušky postupu svařování. Část 3: Obloukové svařování litiny
- 50) ČSN EN ISO 15614-4 – Zkoušky postupu svařování. Část 4: konečná úprava hliníkových odlitků svařováním.
- 51) ČSN EN ISO 15614-5 – Zkoušky postupu svařování. Část 5: Obloukové svařování titanu, zirkonu a jejich slitin.
- 52) ČSN EN ISO 15614-6 – Zkouška postupu svařování. Část 6: Měď a slitiny mědi
- 53) ČSN EN ISO 15614-7 – Zkouška postupu svařování. Část 7: Navařování kovových materiálů.
- 54) ČSN EN ISO 15614-8 – Zkouška postupu svařování. Část 8: Svařování spojů trubek s trubkovicí.
- 55) ČSN EN ISO 15614-9 – Zkouška postupu svařování. Část 9: Hyperbarická svařování za mokra
- 56) ČSN EN ISO 15614-10 – Zkouška postupu svařování. Část 10: Hyperbarická svařování za sucha.
- 57) ČSN EN ISO 15614-11 – Zkouška postupu svařování. Část 11: Elektronové a laserové svařování.
- 58) ČSN EN ISO 15614-12 – Zkouška postupu svařování. Část 12: Bodové, švové a výstupkové svařování.
- 59) ČSN EN ISO 15614-13 – Zkouška postupu svařování. Část 13: Odtavovací stykové svařování a stlačovací stykové svařování.
- 60) ČSN EN ISO 17660-1 a 2 – Svařování betonářské oceli. Nosné a nenosné svarové spoje.
- 61) ČSN EN 15085 – Železniční aplikace. Svařování kolejových vozidel a jejich částí. Část 1 až 5.
- 62) ČSN EN 13134 – Tvrdé pájení. Zkouška postupu pájení.
- 63) ČSN EN ISO 4063 – Svařování a příbuzné procesy. Přehled metod a jejich číslování.

KVALIFIKACE VÝROBCE PRO PROVÁDĚNÍ KONSTRUKCÍ VÝROBKŮ, VČETNĚ SVAŘOVÁNÍ

[ČSN P ENV 1090-1 (část E), ČSN P ENV 1993-1-1, DIN 18 800 – Teil 7, z DIN 6 700, na ČSN EN 15 085, ČSN 73 2601, ev. dle jiné výrobkové normy pro kovové konstrukce a technická zařízení, staveb, strojních zařízení, energetických i chemických celků]

Kvalifikace výrobce pro užívání zvláštního procesu svařování při provádění výroby kovových konstrukcí svařenců je požadována Evropskými směnicemi ES, EHS, EC, ... , nařízeními vlády NV (v ČR) vydanými v rámci zákona č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů, o technických požadavcích na výrobky uváděné na trh a do provozu, dále je požadována zákonem č. 71/2000 Sb., zák. č. 102/2001 Sb., zák. č. 205/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, o obecné bezpečnosti výrobků a technickými normami (určenými i harmonizovanými).

1.	Třída	A	B	C	D	E
2.	Průkaz způsobilosti firmy	žádný průkaz	Malý průkaz způsobilosti	Malý průkaz způsobilosti s rozšířením	Velký průkaz způsobilosti	Velký průkaz způsobilosti s rozšířením na dynamickou oblast
3.	Druh působícího zatížení	nosné konstrukce převážně staticky namáhané				Konstrukce namáhané převážně dynamicky
4.	Rozsah platnosti průkazu podle tabulky	1	2	3	4	5
5.	Vlastní firemní výrobní kontrola dle ČSN EN 473	musí se provádět na odpovědnost výrobce – pověřený kontrolor dle ČSN EN 970				
6.	Požadavky na firmu	žádný průkaz	vyžadován je průkaz pro uznanou výrobní (montážní) firmu			
7.	Stupeň požadavků jakosti podle ČSN EN ISO 3834-1 až 6	základní ČSN EN ISO 3834-4	standardní ČSN EN ISO 3834-3			vyšší ČSN EN ISO 3834-2
8.	Stupeň technických znalostí svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731	žádné zvláštní požadavky (a)	základní technické znalosti EWF 1171 (b)	speciální technické znalosti EWF 1172 (c, d)	obsáhlé technické znalosti EWF 1173 (e, f)	obsáhlé technické znalosti EWF 1173 (f)
a)	Požadování jsou svářeči se zkouškou podle ČSN EN 287-1, ČSN EN ISO 9606 – část 2, 3, 4 a 5, svářečští operátoři dle ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660- 1 a 2					
b)	Směrnice EWF 1171 : European Welding Specialist (svářečský specialista) nebo rovnocenné vzdělání.					
c)	Technické základní znalosti s prokázanou zkušeností jsou dostatečné pro sériovou výrobu.					
d)	Směrnice EWF 1172 : European Welding Technologist (svářečský technolog) nebo rovnocenné vzdělání.					
e)	Speciální technické znalosti s prokázanou zkušeností jsou dostatečné pro sériovou výrobu.					
f)	Směrnice EWF 1173 : European Welding Engineer (svářečský inženýr) nebo rovnocenné vzdělání.					

Tabulka platí i pro provádění strojních, dopravních, zdvihacích, stavebních, tlakových, plynových, energetických a chemických zařízení i jiných kovových konstrukcí výrobků a strojů, event. staveb.

Tabulka 1 – Třída A

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : nelegované konstrukční ocele v pásnu pevnosti do S 275 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky ≤ 16 mm, u přivařovaných desek kotevnic a patních ≤ 30 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční a částečně mechanizované, kromě převařování výrobních náterů.</p> <p>Stavební a strojní díly (převážně staticky namáhané) s jednoduchými nebo podřadnými svary jako :</p> <ul style="list-style-type: none"> - podpěry s kotevnicemi a patními deskami, z válcovaných profilů, bez styků a pnutí - schody v obytných budovách do délky 5 m (měřeno na výstupní čáře) - zábradlí s vodorovným zatížením ve výšce madla $\leq 0,5$ kN/m (viz DIN 1055-3), ČSN 74 3305. (dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, Oprava), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2, ČSN EN 15 085-1 až 5 	<p>Musí být použiti svářeči s platnou zkouškou podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2</p> <p>Rozsah platnosti zkoušky musí pokrývat vykonávané svářečské práce. Je vhodné, aby podnik měl minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít základní technické znalosti podle směrnice EWF 1171 nebo jiného rovnocenného vzdělání.</p> <p>Základní požadavky na jakost svařování podle ČSN EN ISO 3834-4.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

Tabulka 2 – Třída B

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : nelegované konstrukční ocele v pásnu pevnosti do S 275 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky ≤ 22 mm, u přivařovaných čelních kotevnic a patních desek ≤ 30 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční a částečně mechanizované, kromě převařování výrobních náterů.</p> <p>Všechny stavební a strojní díly dle třídy A a převážně staticky namáhané :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plnostěnné a příhradové nosníky do rozpětí 20 m - sloupy v kloubové nebo rámové konstrukci jednopodlažních budov - stožáry a opěrné konstrukce do 20 m výšky, ČSN 73 1430, ČSN 34 8340 + Změna a) b) c) d) - ocelové komíny v rozměrovém pásnu II podle DIN 4133, ČSN 73 4201 - plechové nádrže a síla o tloušťce ≤ 8 mm - schody, lávky plošiny s provozním zatížením ≤ 5 kN/m 2 (viz DIN 1055), ČSN 73 2602 - zábradlí s vodorovným zatížením ve výšce madla $> 0,5$ kN/m (viz DIN 1055-3), ČSN 74 3305 - lešení podle DIN 4420 a DIN 4421, ČSN 73 1403 - jiné stavební díly srovnatelného druhu velikosti (dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2, ČSN EN 15 085-1 až 5 	<p>Musí být použiti svářeči s platnou zkouškou podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5.</p> <p>Rozsah platnosti zkoušky musí pokrývat vykonávané svářečské práce.</p> <p>Pro trubkové uzly (trubka a trubkou) je nutná doplňková zkouška svářeče dle DIN 18808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Podnik musí mít minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít základní technické znalosti podle směrnice EWF 1171 nebo jiného rovnocenného vzdělání.</p> <p>Standardní požadavky na jakost svařování podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

Tabulka 3 – Třída C

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Materiály : jako ve třídě B, také ocele nerezavějící (1) a ocele se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi a ocele na odlitky v pásnu pevnosti do S 275, při namáhání jen tlakem až do S 355 (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky v nosném průřezu ≤ 30 mm u přivařovaných čelních, kotevnic a patních desek ≤ 40 mm.</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické, (přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny stavební a strojní díly dle třídy B, s rozšířením o :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rozpětí a výšky na 30 m - záchytné vany - výrobní svařování části z oceli na odlitky a to všech druhů použitelných podle této normy (dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2, ČSN EN 15 085-1 až 5 	<p>Použití mohou být jen svářeči nebo svářečští operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2 . Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svářečské práce svářeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Podnik musí mít minimálně jednoho svého stálého zaměstnance ve funkci svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731. Tento pracovník musí mít speciální technické znalosti podle směrnice EWF, případně jiné rovnocenné vzdělání.</p> <p>Při sériové (2) výrobě a při výrobním svařování ocelových odlitků, může funkci svářečského dozoru vykonávat pracovník, který prokáže, že má zkušenosti jako osoba svářečského dozoru se základními technickými znalostmi podle směrnice EWF 1171 nebo s jiným rovnocenným vzděláním.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – standardní podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>
<p>1) jen ocelové komíny, pro všechny ostatní stavební díly jen ve spojení s obecným povolením stavebního dozoru</p> <p>2) sériová výroba znamená, že výrobce opakovaně vyrábí srovnatelné stavební díly, s jednoznačným stanovením tvaru nosné konstrukce, druhu oceli, metody svařování a typu svarových spojů</p>	

Tabulka 4 – Třída D

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Převážně statické namáhání.</p> <p>Všechny materiály použitelné podle této normy (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky dle směrodatných technických pravidel dané aplikace.</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny převážně staticky namáhané stavební a strojní díly pro konstrukce dimenzované podle základních norem pro ocelové konstrukce a podle právě platných odborných norem pro ocelové konstrukce.</p> <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2, ČSN EN 15 085-1 až 5</p>	<p>Použití mohou být jen svářeči nebo svářečští operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2 . Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svářečské práce svářeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Pro svářečský dozor musí mít podnik minimálně jednoho stálého pracovníka svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731 s obsáhlými technickými znalostmi podle směrnice EWF 1173 nebo s jiným zcela rovnocenným vzděláním.</p> <p>Při sériové (1) výrobě může funkci svářečského dozoru vykonávat pracovník, který prokáže, že má zkušenosti jako osoba svářečského dozoru se speciálními technickými znalostmi podle směrnice EWF 1172 nebo jiné rovnocenné vzdělání.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – standardní podle ČSN EN ISO 3834-3.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobní normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609-1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>
<p>1) sériová výroba znamená, že výrobce opakovaně vyrábí srovnatelné stavební díly, s jednoznačným stanovením tvaru nosné konstrukce, druhu oceli, metody svařování a typu svarových spojů</p>	

Tabulka 5 – Třída E

Rozsah platnosti	Požadavky
<p>Všechny materiály použitelné podle této normy (CR ISO 15 608, ČSN 05 0323).</p> <p>Výrobní tloušťky dle směrodatných technických pravidel dané aplikace.</p> <p>ČSN 73 6205</p> <p>Svařovací metody : ruční, částečně a plně mechanizované a automatické (přivařování svorníků podle ČSN EN ISO 14 555).</p> <p>Všechny stavební a strojní díly podle třídy B a nikoliv převážně staticky namáhané stavební díly pro konstrukce podle následujících technických pravidel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DS 804, ČSN 73 2603 – Ocelové mostní konstrukce - DIN 18 809 - DIN 4131, ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava, nosné konstrukce antén s požadavkem průkazu provozní pevnosti - DIN 4132, ČSN 73 5130, ČSN 27 0140-1 až 6 jeřábové dráhy, nosné ocelové konstrukce - DIN 4133, ČSN 73 4201 ocelové komíny, rozměr. pásmo I - DIN 4112, ČSN 73 1401 + Z 1, 2, pohyblivé stavby s požadavkem průkazu provozní pevnosti - Jiné srovnatelné dynamicky namáhané konstrukce <p>(dle ČSN 73 2601 + Změna a), 2, 3, Oprava ČSN P ENV 1090-1, ČSN P ENV 1993-1-1 + Změna 1, A1, A2), ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2, ČSN EN 15 085-1 až 5</p>	<p>Použití mohou být jen svářeči nebo svářečští operátoři s platnými zkouškami podle ČSN EN 287-1, event. ČSN EN ISO 9606-2,3,4,5 nebo ČSN EN 1418, ČSN EN ISO 17 660 – 1 a 2. Rozsah platnosti zkoušek musí pokrývat vykonávané svářečské práce svářeče nebo operátora. Pro trubkové uzly je nutná doplňková zkouška podle DIN 18 808, ČSN P ENV 1090-1.</p> <p>Pro svářečský dozor musí mít podnik minimálně jednoho stálého pracovníka svářečského dozoru dle ČSN EN ISO 14 731 s obsáhlými technickými znalostmi podle směrnice EWF 1173 nebo s jiným zcela rovnocenným vzděláním.</p> <p>Požadavky na jakost při svařování – vyšší požadavky podle ČSN EN ISO 3834-2.</p> <p>Nedestruktivní zkoušení (NDT) dle výrobové normy v souladu s ČSN EN 12 062 + Změna A1, A2.</p> <p>Svařovací postupy WPS dle ČSN EN ISO 15 607, ČSN EN 15 609 – 1 až 5, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13.</p> <p>Tolerance přesnosti dle ČSN EN ISO 13 920.</p> <p>Doporučení pro svařování dle ČSN EN 1011-část 1 až 8.</p>

PROVÁDĚNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ VÝROBKŮ, DLE ČSN 73 2601

(v souladu s ČSN P ENV 1090-1, ČSN ENV 1991-1-1, ČSN ENV 1993-1-1, DIN 18 800-Teil 7, ČSN EN 15 085-1 až 5)

Tato norma platí pro výrobu, montáž a údržbu svařovaných, šroubovaných a nýtovaných konstrukcí staveb a technologických i technických zařízení vyrobených z oceli (kovů), tj. vyrobených z plechů, trubek, profilů, výkovek, výlisků.

Pro tuto činnost výrobních a montážních organizací vystavuje certifikační orgán dle této normy - Změny 2 „Osvědčení - Průkaz způsobilosti k provádění ocelových (kovových) konstrukcí“. Osvědčení je možno získat po prověření systému řízení jakosti, odborné způsobilosti pracovníků i vyhovujícího výrobního zařízení firmy a po prověření bezpečnosti práce a technických zařízení.

Vyrábět a montovat ocelové (kovové) konstrukce, pro které platí ČSN 73 2601, mohou firmy, které mají tuto činnost výslovně stanovenou v předmětu své živnostenské (podnikatelské) činnosti ve zřizovací listině, ve statutu, ve stanovách nebo v jiném dokladu (např. živnostenském listu, výpisu z obchodního rejstříku a pod.), kterým jim byla tato činnost povolena úřady ČR.

Ocelové (kovové) konstrukce vyráběné podle této normy (ČSN 73 2601) se zařazují podle funkce konstrukce, výrobních, montážních a provozních podmínek, tj. dle požadavků na přesnost a kvalitu technologie výroby a montáže do výrobních skupin A, B, C.

Výrobní skupina A: Nosné ocelové (kovové) konstrukce jejichž výsledný tvar a funkce vyžadují zvýšenou jakost výroby a přesnost ve smontovaném stavu. Jsou to mostní ocelové konstrukce, prostorově složité konstrukce stavební a technologické, velkstroje, zakladače, jeřáby a jeřábové dráhy, anténní a televizní věže a stožáry, nosné konstrukce pro radioteleskopy, radary, vědecké a pod. účely, nosné konstrukce pro technologická zařízení, vodohospodářské stavby, konstrukce pro osobní lanové dráhy, nosné konstrukce kotlů pro bloky 200 MW a výše, ocelové konstrukce pásových a shazovacích vozů, dopravníkových mostů a další nosné konstrukce strojní, stavební, energetické.

Výrobní skupina B: Nosné ocelové (kovové) konstrukce nezařazené do skupiny A. Jsou to : průmyslové, občanské, zemědělské a bytové stavby, technologické nosné konstrukce pro vysoké pece, kotle, těžní, vrtné a chladicí věže, výtlačné stroje koksáren, aglomeráčnické pásy, plynojemy a samostatné konstrukce šachet výtahů, rozvodny a stožáry vedení elektrického napětí, osvětlovací a signální věže nebo stožáry do výšky 25 m, ostatní vodohospodářské stavby, jeřáby a jeřábové dráhy zdvihových tříd „a“ a „b“, ocelové konstrukce transportních zařízení další konstrukce strojní, stavební, energetické.

Výrobní skupina C: Podružné a doplňkové konstrukce pro ocelové (kovové) konstrukce výrobních skupin A a B. Jsou to : obslužné lávky, schodiště, zábradlí, světlíky a další doplňkové konstrukce skupiny A a B.

Podle normy ČSN P ENV 1090-1 se ocelové (kovové) konstrukce zařazují do tříd A, B, C, D, E dle složitosti a náročnosti výrobku, event. předpokládaného zatížení konstrukce. Výrobce musí mít požadovanou kvalifikaci pro provádění, tj. odpovídající průkaz způsobilosti výrobce.

Z důvodů spolehlivosti staveb má každý výrobce ocelových (kovových) konstrukcí prokázat, že je schopen vyrábět výrobky vyhovující platným výrobovým a souvisejícím normám a směrnici pro výrobu ocelových konstrukcí. Pokud firma vyrábí výrobky bez „Osvědčení způsobilosti“, předpokládá se, že její výrobky nemusí být v souladu s technickými normami pro navrhování i výrobu ocelových konstrukcí a tudíž, že neuvádí na trh bezpečné výrobky. Zahraniční dodavatelé ocelových konstrukcí do ČR jsou rovněž povinni prokazovat svoji způsobilost pro výrobu ocelových konstrukcí podle norem ČSN, ČSN EN, ČSN EN ISO.

Stupně způsobilosti k výrobě:

1. Velký průkaz způsobilosti - výrobce má pro výrobu ocelových (kovových) konstrukcí vypracovaný a zavedený systém řízení jakosti dle ČSN EN ISO 9001 včetně ČSN EN ISO 3834-1 až 6. Technické vybavení závodu umožňuje zabezpečení požadované jakosti výrobků, výrobce prokáže, že výrobu zajišťuje a kontroluje personál vyškolený (osvědčený - certifikovaný) v souladu s technickými normami a interními předpisy řízení jakosti. Velký průkaz způsobilosti je udělován firmám, které vyrábí výrobky, které přesahují svými parametry rámec oprávnění - „Malého průkazu způsobilosti“ a nepřesahují rámec „Rozšířeného velkého průkazu způsobilosti“.

2. Malý průkaz způsobilosti - pro výrobu ocelových (kovových) konstrukcí s omezenými technickými parametry. Podmínky pro jeho udělení jsou příslušně redukovány, provozní vybavení může být přiměřeně omezeno. Výpočtová hodnota rovnoměrného statické-

ho zatížení je nejvýše 5,0 kN.m-2, konstrukce přenáší převážně statická zatížení, pevnostní třída oceli pro nosné prvky je max. Re = 360 MPa, tloušťka nosného průřezu materiálu je max. 16 mm, tloušťka patníků a čelních desek max. 30 mm, rozpětí nosníků max. 16 m, výška stožárů a sloupků max. 16 m, délka schodiště max. 5 m.

3. Rozšířený Velký průkaz způsobilosti - pro výrobu ocelových (kovových) konstrukcí, které svými parametry přesahují rozsah platnosti ČSN 73 1401 nebo ČSN 73 2601. Firma potom prokazuje svoji způsobilost na základě kontroly splnění požadavků dalších příslušných technických norem a speciálních předpisů. Tento průkaz způsobilosti se požaduje zejména pro výrobní činnosti a speciální typy nosných ocelových konstrukcí, tj. konstrukce silničních a železničních mostů, jeřábů a jeřábových drah, velkostrojů a rýpadel, konstrukce pro extrémní pracovní prostředí, konstrukce o vysoké pevnosti s mezi kluzu nad Re = 400 MPa, konstrukce z patinujících ocelí, konstrukce z tenkostěnných profilů a prvků tvarovaných za studena, konstrukce z trubek a konstrukce s třecími spoji se šrouby vysoké pevnosti i konstrukce s nýtovými spoji a pod.

Platnost průkazu způsobilosti se vystavuje na 3 roky, u nových organizací se zavádí zkušební doba 1 rok. Na základě ročního opětovného prověření se může doba platnosti prodloužit na průkazu. Pokud se zjistí závažné závady na dodávaných výrobcích, může být firma znovu přezkoušena a platnost průkazu ev. zrušena.

Způsobilost personálu pro svařování :

Výroba musí prokázat odbornou způsobilost personálu pro přípravu, řízení, provádění dozoru a kontrolu svařování. Tj. svařeči a obsluha svařečských zařízení musí mít osvědčení způsobilosti dle ČSN, ČSN EN, ČSN EN ISO, profesně způsobilí pracovníci dozoru - svařečský inženýr, technolog a specialista, ev. svařečský kontrolor s osvědčením způsobilosti i kompetencemi k rozhodování, pracovníci pro NDT kontrolu vyškolení dle ČSN, ČSN EN, ČSN EN ISO norem vlastníci osvědčení odborné způsobilosti aj.

Technické normy:

- 1) ČSN P ENV 1090-1 – Provádění ocelových konstrukcí – Část 1 : Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- 2) ČSN P ENV 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 3) ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí.
- 4) DIN 18 800 – Provádění kovových konstrukcí.
- 5) ČSN EN ISO 3834-1 až 6 – Požadavky na jakost při svařování – Tavné svařování kovových materiálů.
- 6) ČSN EN ISO 14 731 – Svařečský dozor. Úkoly a odpovědnosti.
- 7) ČSN EN 287 – Svařování. Zkoušky svařečů. Tavné svařování. Část 1 : Ocelí.
- 8) ČSN EN ISO 9606-část 2, 3, 4 a 5 – Zkoušky svařečů – Tavné svařování hliníku a jeho slitin (část 2), mědi a slitin mědi (část 3), niklu a slitin niklu (část 4), titanu a slitin titanu, zirkonu a slitin zirkonu (část 5).
- 9) ČSN EN 1418 – Svařečský personál – Zkoušky svařečských operátorů pro tavné svařování a seřizovačů odporového svařování pro plně mechanizované a automatické svařování

kovových materiálů.

- 10) ČSN 05 0323 (CR ISO 15 608) – Svařování – Směrnice pro rozdělení materiálů do skupin pro účely svařování.
- 11) ČSN EN 12 062 – Nedestruktivní zkoušení svarů – Obecná pravidla pro kovové materiály.
- 12) ČSN EN 473 – Nedestruktivní zkoušení – Kvalifikace a certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení – Všeobecné zásady.
- 13) ČSN EN 13 018 – Nedestruktivní zkoušení – Vizuální kontrola – Všeobecné zásady.
- 14) ČSN EN 970 – Nedestruktivní zkoušení svarů – Vizuální kontrola.
- 15) ČSN EN 15 607 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Všeobecná pravidla.
- 16) ČSN EN 15 609-1 až 5 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů. Stanovení postupů svařování.
- 17) ČSN EN ISO 15 614-1 až 13 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů. Zkouška postupů svařování.
- 18) ČSN EN 1011 – část 1 až 8 – Svařování. Doporučení pro svařování kovových materiálů.
- 19) ČSN EN ISO 13 920 – Svařování – Základní tolerance pro svařované konstrukce – Velikost délek a úhlů – Tvar a poloha.
- 20) ČSN EN ISO 5817 – Svařování – Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (mimo elektronového a laserového svařování) – Určování stupňů jakosti.
- 21) ČSN EN ISO 10 042 – Svarové spoje hliníku a jeho svařitelných slitin zhotovené obloukovým svařováním – Směrnice pro určování stupňů jakosti.
- 22) ČSN EN 10 204 – Kovové výrobky – Druhy dokumentů kontroly.
- 23) ČSN ISO 2768-1 a 2 – Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů. Nepředepsané geometrické tolerance.
- 24) ČSN EN ISO 17 660-1 a 2 – Svařování betonářské oceli. Svarové spoje nosné a nenosné.
- 25) ČSN EN 15 085-1 až 5 – Železniční aplikace. Svařování kolejových vozidel a jejich částí. Část 1 až 5.

CELKOVÝ PŘEHLED O POŽADAVCÍCH NA JAKOST PŘI SVAŘOVÁNÍ SE ZŘE-
TELEM NA ČSN EN ISO 3834-1 AŽ 6 (BÝVALÁ EN 729-1 AŽ 4)

Tabulka - Celkový přehled kritérií, která napomáhají výběru odpovídající části EN ISO 3834-2, EN ISO 3834-3, EN ISO 3834-4 pro dokladování systému řízení svařování a souvisejících procesů

Číslo	Kritérium	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-4
1	Přezkoumání požadavků	Vyžaduje se přezkoumání		
		Je vyžadován záznam	Může být vyžadován záznam	Není vyžadován záznam
2	Přezkoumání technických podkladů	Vyžaduje se přezkoumání		
		Je vyžadován záznam	Může být vyžadován záznam	Není vyžadován záznam
3	Smluvní subdodávky	Projednání jako u výrobce pro speciální smluvně dodávané výrobky, služby nebo činnosti. Konečná odpovědnost za jakost zůstává na výrobcích.		
4	Svářeči a operátoři	Je vyžadována kvalifikace		
5	Svářečský dozor	Je vyžadován	Žádné zvláštní požadavky	
6	Personál pro kontrolu a zkoušení	Je vyžadována kvalifikace		
7	Výrobní a zkušební zařízení	Vhodné a k dispozici podle potřeby, pro přípravu, provedení operací, zkoušení, dopravu, manipulaci a zvedání spolu se zařízením pro zajištění bezpečnosti práce a ochrannými oděvy.		
8	Údržba zařízení	Je vyžadováno provádět, udržovat a dosahovat shody výrobků.		Žádné zvláštní požadavky
		Jsou vyžadovány dokumentované postupy a záznamy	Jsou doporučeny záznamy	
9	Popis zařízení	Je vyžadován seznam		Žádné zvláštní požadavky
10	Plánování výroby	Je vyžadováno		Žádné zvláštní záznamy
		Jsou vyžadovány dokumentované postupy a záznamy	Jsou doporučeny dokumentované postupy a záznamy	
11	Specifikace postupu svařování	Je vyžadována		Žádné zvláštní požadavky
12	Kvalifikace postupů svařování	Je vyžadována		Žádné zvláštní požadavky
13	Zkoušení dávek svařovacích materiálů	Pokud je vyžadováno	Žádné zvláštní požadavky	
14	Skladování a manipulace se svařovacími / přídavnými materiály	Je vyžadován postup podle doporučení dodavatele svařovacího / přídavného materiálu		Podle doporučení dodavatele
15	Skladování základních materiálů	Je vyžadována ochrana před vlivem okolního prostředí, během skladování musí být zachována identifikace.		Žádné zvláštní požadavky
16	Tepelné zpracování po svařování	Potvrzení, že byly splněny požadavky výrobní normy nebo specifikací.		Žádné zvláštní požadavky
		Jsou vyžadovány postupy, záznam a sledovanost záznamu k výrobku	Je vyžadován postup a záznam	
17	Kontrola a zkoušení před, během a po svařování	Je vyžadováno		Pokud je vyžadováno
18	Neshody a opatření k nápravě	Musí být zavedeno řízení neshod, jsou vyžadovány postupy pro opravy a / nebo odstranění vad.		Musí být zavedeno řízení neshod.

19	Kalibrace nebo validace měřicích, kontrolních a zkušebních zařízení	Je vyžadována	Pokud je vyžadována	Žádné zvláštní požadavky
20	Identifikace v průběhu procesu	Pokud je požadována		Žádné zvláštní požadavky
21	Sledovatelnost	Pokud je požadována		Žádné zvláštní požadavky
22	Záznamy o jakosti	Pokud jsou vyžadovány		

Související technické normy:

ČSN EN ISO 14 731 – Úkoly a odpovědnosti svářečského dozoru (inspektora).

ČSN EN ISO 3834-1 až 6 – Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů.

ČSN EN ISO 14 554-1 až 2 – Požadavky na jakost při odporovém svařování. Vyšší a základní požadavky.

ČSN EN ISO 13 214 – Žárové střikání. Dozor nad žárovým střikáním. Úkoly a odpovědnosti.

ČSN EN 1011-1 až 8 – Svařování. Doporučení pro svařování kovových materiálů.

ČSN EN ISO 9001 – Systémy managementu kvality. Požadavky.

ČSN P ENV 1090-1 – Provádění ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1993-1-1 – Navrhování ocelových konstrukcí. Obecná pravidla.

ČSN 73 2601 – Provádění ocelových konstrukcí.

ČSN EN 1999-1-1 – Navrhování hliníkových konstrukcí. Obecná pravidla.

ČSN EN 473 – Nedestruktivní zkoušení. Kvalifikace a certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení. Všeobecné zásady.

ČSN EN 970 – Nedestruktivní zkoušení svarů. Vizualní kontrola.

ČSN EN ISO 14 922-1 až 4 – Žárové střikání. Požadavky na jakost. Směrnice – komplexní, standardní a základní požadavky.

ČSN EN 13 100-1 – Nedestruktivní zkoušení svarových spojů polotovarů z termoplastů – Část 1: Vizualní kontrola.

ČSN EN 13 480 – 1 až 6 – Kovová průmyslová potrubí. Požadavky.

ČSN EN 13 445- 1 až 8 – Netopené tlakové nádoby. Požadavky.

ČSN EN 12 952-1 až 16 – Vodotrubné kotle a pomocná zařízení. Požadavky.

ČSN EN 12 953-1 až 12 – Válcové kotle a pomocná zařízení. Požadavky.

ČSN EN 14 025 – Nádrže na přepravu nebezpečného zboží. Kovové tlakové nádrže. Konstrukce a výroba.

ČSN EN 12 542 – Stabilní svařované ocelové sériově vyráběné nadzemní válcové zásobníky pro skladování LPG o objemu do 13 m³ včetně. Návrh a výroba.

ČSN EN 12 732 – Zásobování plynem. Svařované ocelové potrubí. Funkční požadavky.

ČSN EN 286 – 1 až 4 – Jednoduché netopené tlakové nádoby pro vzduch a dusík pro všeobecné účely. Požadavky.

ČSN EN 1775 – Zásobování plynem. Plynovody v budovách. Požadavky.

ČSN EN 13 094 – Nádrže pro přepravu nebezpečného zboží. Kovové nádrže s pracovním tlakem nepřesahujícím 0,5 bar. Konstrukce a provedení.

ČSN EN 13 458-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Stabilní vakuově izolované nádoby. Požadavky – konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.

ČSN EN 13 530-1 až 3 – kryogenní nádoby. Velké přepravní vakuově izolované nádoby. Požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.

ČSN EN 14 075 – Stabilní ocelové svařované sériově vyráběné válcové zásobníky pro podzemní skladování zkapalněných uhlovodíkových plynů (LPG) o objemu do 13 m³ včetně. Návrh a výroba.

ČSN EN 14 197-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Stabilní nevakuově izolované nádoby. Základní požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení.

ČSN EN 14 222 – Válcové kotle z korozivzdorné oceli.

ČSN EN 14 276-1 – Tlaková zařízení chladících zařízení a tepelných čerpadel. Nádoby. Všeobecné požadavky.

ČSN EN 14 398-1 až 3 – Kryogenní nádoby. Velké přepravní nevakuově izolované nádoby. Základní požadavky, konstrukce, výroba, kontrola a zkoušení, provozní požadavky.

ČSN EN ISO 17 660-1 a 2 – Svařování betonářské oceli. Nosné a nenosné svarové spoje.

ČSN EN ISO 17 020 – Činnost inspekčních orgánů. Zásady.

ČSN EN 10 204 – Dokumenty kontroly.

ČSN EN ISO 15 607 – Stanovení a schvalování i kvalifikace postupů svařování kovových materiálů. Všeobecná pravidla.

ČSN EN ISO 15 609-1 až 5 – Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů.

ČSN EN ISO 15 610, ČSN EN ISO 15 611, ČSN EN ISO 15 612, ČSN EN ISO 15 613, ČSN EN ISO 15 614-1 až 13, ČSN EN 288-9 – stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů. Zkouška postupů svařování.

ČSN EN 13 134 – Tvrdé pájení. Zkouška postupu pájení.

HODNOCENÍ ZKOUŠEK MATERIÁLOVÝCH VLASTNOSTÍ S VYUŽITÍM BAYESOVSKÝCH POSTUPŮ

Prof. Ing. Milan Holický, PhD., DrSc., 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: sykora@klok.cvut.cz

Web: www.cvut.cz

Anotace

Hodnocení zkoušek je důležitou součástí ověřování spolehlivosti existujících železobetonových a zděných konstrukcí, u kterých jsou často velmi významné nejistoty o vlastnostech materiálů. Pokud se provádí velmi málo zkoušek, není obvykle možné klasické statistické hodnocení. V souladu s evropskými i mezinárodními předpisy lze však použít Bayesovské postupy a uvážit apriorní informace. V příspěvku je ukázána aplikace Bayesovských postupů na stanovení charakteristické hodnoty pevnosti betonu ze souborů měření o různých velikostech. Výsledky jsou porovnány s odhady charakteristické hodnoty podle vztahu uvedeném v EN 1990. Ukazuje se, že odhady podle EN 1990 mohou být konzervativní v porovnání s odhady stanovenými prostřednictvím Bayesovských postupů, a to především pro velmi malé rozsahy souborů.

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 [2], ISO 12491 [3] i ISO 2394 [4].

Pokud se provádí velmi málo zkoušek, není obvykle možné klasické statistické hodnocení. V souladu s evropskými i mezinárodními předpisy [1,3] lze však použít Bayesovské postupy a uvážit apriorní informace. V příspěvku je ukázána aplikace Bayesovských postupů na stanovení charakteristické hodnoty pevnosti betonu ze souborů měření o různých velikostech. Výsledky jsou porovnány s odhady charakteristické hodnoty podle vztahu uvedeném v EN 1990 [1].

2. Obecné zásady statistického hodnocení

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 informace spojené s hypotézou o relativních stupních důležitosti těchto informací a výsledků zkoušek, lze hodnocení pojmout jako statistické (hodnocení s využitím tzv. Bayesovských postupů),
- pokud se pro odhad vlastnosti provádí řada zkoušek, je možné klasické statistické hodnocení. 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.

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 [5] nebo ve skriptech [6].

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 [5] nebo skripta [6], 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:

$$m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

kde m je výběrový průměr odhadnutý z výsledků zkoušek x_i a sumace se provádí přes výsledky všech n zkoušek.

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:

$$V = s / m \quad (2)$$

kde s je výběrová směrodatná odchylka stanovená z výsledků zkoušek:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m)^2} \quad (3)$$

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 [7] nebo dokumenty ISO 12491 [3] a ISO 2394 [4]) může být charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku f_{ck} stanovená z výsledků n zkoušek předpovědní metodou:

$$f_{ck} = m (1 - kn \times V) \quad (4)$$

kde kn 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 kn 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 [3] označuje postup podle vztahu (4) s uvážením součinitelů kn v Tab. 1 jako předpovědní metodu, ČSN EN 1990 [1] používá termín „Bayesovský postup s vágním apriorním rozdělením“. Charakteristická hodnota f_{ck} 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 kn uvedený v Tab. 1 pro známý variační koeficient V se určí ze vztahu:

$$kn = -u_{0,05} (1 + 1/n) \quad (5)$$

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 kn se stanoví v souladu s ISO 12491 [3] jako:

$$kn = -t_{0,05} (1 + 1/n) \quad (6)$$

kde $t_{0,05}$ je kvantil Studentova t-rozdělení odpovídající pravděpodobnosti 0,05. Studentovo t-rozdělení je popsáno např. ve skriptech [8].

V příručce [7] se ukazuje, že předpovědní metoda v ČSN EN 1990 [1] odpovídá přibližně pokryvné metodě s konfidencí 0,75 popsané v ISO 12491 [3]. 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.

4. Hodnocení s využitím Bayesovských postupů

V případě, že je k dispozici velmi malý počet zkoušek, EN 1990 [1] naznačuje, že při hodnocení mohou být použity Bayesovské postupy s využitím apriorních informací. Podrobný popis Bayesovských postupů je uveden v ISO 12491 [3].

Předpokládá se, že jsou známy následující parametry:

- počet zkoušek (n), výběrový průměr (m) a výběrová směrodatná odchylka (s),
- apriorní výběrový průměr (m'), apriorní směrodatná odchylka (s'), hypotetický rozsah souboru pro určení apriorního průměru (n') a hypotetický počet stupňů volnosti apriorní směrodatné odchylky (v').

Sdružená hustota pravděpodobnosti apriorního průměru a apriorní směrodatné odchylky je popsána výrazem:

$$\Pi(\mu, \sigma) = C \sigma^{-(n'+s'(v'))} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma^2} [v'(s')^2 + n'(\mu - m')^2]\right\} \quad (7)$$

kde C = normalizační konstanta; $\delta(n' = 0) = 0$ a $\delta(n' > 0) = 1$. Aktualizovaná funkce $\Pi''(\cdot)$ má stejný tvar jako funkce $\Pi(\cdot)$, avšak s aktualizovanými parametry m'' , s'' , n'' a v'' získanými ze vztahů:

$$\begin{aligned} n'' &= n' + n; & v'' &= v' + v + \delta(n'); \\ m''n'' &= n'm' + n'm; & & \\ v''s''^2 + n''m''^2 &= v's'^2 + n'm'^2 + v s^2 + n m^2 \end{aligned} \quad (8)$$

Charakteristická pevnost se následně stanoví s využitím aktualizovaných parametrů: Využití Bayesovských postupů ve stavebnictví je podrobněji popsáno ve skriptech [6] a v publikaci [9].

Je patrné, že předpovědní metoda a Bayesovské postupy se liší množstvím vstupních fck = $m'' + t_{0,05}(v'') \times (1 + 1/n'')0.5 \times s''$ (9)

informací. Následující rozbor je zaměřen na porovnání obou postupů a naznačení možných rozdílů, které se mohou vyskytnout při praktických aplikacích.

5. Numerické porovnání

Uvažuje se, že základní soubor pevnosti betonu má normální rozdělení s průměrem 30 MPa a směrodatnou odchylkou 5 MPa. Očekávaný rozdíl charakteristických hodnot pevností stanovených předpovědní metodou a Bayesovskými postupy naznačuje studie provedená následujícím postupem:

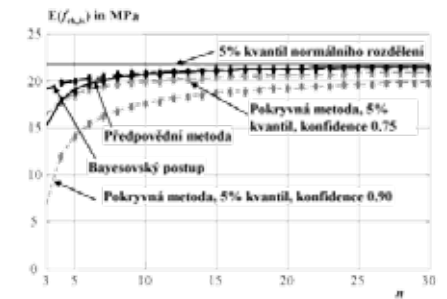
1. Z předpokládaného rozdělení se vygeneruje počet zkoušek n .
2. Určí se charakteristická hodnota předpovědní metodou a Bayesovskými postupy.
3. Kroky 1 a 2 se zopakují 10000-krát.
4. Stanoví se průměrné charakteristické hodnoty určené předpovědní metodou a Bayesovskými postupy.

Při aplikaci Bayesovských postupů se uvažují následující apriorní informace:

- v souladu s publikací JCSS [10] je apriorní průměr $m' = 30$ MPa,
- hypotetický počet pozorování pro stanovení apriorního průměru se uvažuje konzervativně $n' = 0$ (poznamenejme, že JCSS [10] uvádí $n' = 3$),
- apriorní směrodatná odchylka je $s' = 5$ MPa (opět konzervativní předpoklad v porovnání s údaji JCSS [10]),
- hypotetický počet stupňů volnosti apriorní směrodatné odchylky je podle ISO 2394 [4] $s' = 5$ (JCSS [10] uvádí 10).

Průměrné charakteristické pevnosti betonu v MPa v závislosti na počtu zkoušek n jsou uvedeny na Obr. 1.

Obr. 1 naznačuje, že využití apriorních informací může významně zlepšit odhad charakterické hodnoty při malém počtu zkoušek. Pro $n = 3$ je odhad Bayesovským postupem větší o 25 % v porovnání s odhadem založeným na předpovědní metodě. Pro $n > 10$ jsou rozdíly mezi oběma postupy nepatrné. Je ovšem potřebné zdůraznit, že v případě využití nesprávných apriorních informací (vztahujících se k jinému základnímu souboru) mohou být získány špatné odhady charakteristické hodnoty.



Obr. 1. Charakteristické pevnosti betonu v MPa v závislosti na počtu zkoušek n .

Obr. 1 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 [3] a ISO 3207 [11]). 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 [12].

6. Závěrečné poznámky

Při ověřování spolehlivosti existujících železobetonových konstrukcí se při odhadu charakteristické hodnoty pevnosti betonu obvykle uplatňují statistické metody. Numerická studie pro základní soubor s normálním rozdělením o průměru 30 MPa a směrodatné odchylce 5 MPa naznačuje, že využití apriorních informací prostřednictvím Bayesovských postupů může významně vylepšit odhad charakterické hodnoty především při malém počtu zkoušek. Pro vyšší počty zkoušek jsou rozdíly mezi Bayesovskými postupy a předpovědní metodou zavedenou v EN 1990 [1] nepatrné. Je ovšem potřebné zdůraznit, že v případě využití nesprávných apriorních informací mohou být získány špatné odhady charakteristické hodnoty.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu GAČR 103/06/1562 Tvorba zásad pro ověřování trvanlivosti konstrukcí a materiálů podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, 2004.
- [2] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. ČNI, 2005.
- [3] ISO 12491 Statistical methods for durability control of building materials a components. ISO, 1997.
- [4] ISO 2394 General principles on reliability for structures. ISO, 1998. Zavedená v ČR jako ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí, ČNI, 2003
- [5] HOLICKÝ, M. et al. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. Nakladatelství ČVUT v Praze, listopad 2007. <<http://www.konstrukce.cvut.cz>>.
- [6] HOLICKÝ, M. – MARKOVÁ, J. Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. ČVUT v Praze, 2005.
- [7] HOLICKÝ, M. – MARKOVÁ, J. Zásady navrhování stavebních konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1990. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2007. 150 s.
- [8] VORLÍČEK, M. – HOLICKÝ, M. – ŠPAČKOVÁ, M. Pravděpodobnost a matematická statistika pro inženýry. ČVUT v Praze, 1984.
- [9] HOLICKÝ, M. – SÝKORA, M. Praktické aplikace Bayesovských metod ve stavebnictví. Využití Bayesovských metod k řešení praktických problémů zpracování dat pro ocenění spolehlivosti, materiály z 29. setkání odborné skupiny pro spolehlivost České společnosti pro jakost, Praha, 26. listopadu 2007. Praha: ČSJ, 2007, s. 87.
- [10] Probabilistic Model Code. JCSS, 2001. <<http://www.jcss.ethz.ch/>>.
- [11] ISO 3207 Statistical interpretation of data – Determination of a statistical tolerance interval. ISO, 1975.
- [12] HOLICKÝ, M. – VORLÍČEK, M. Distribution Asymmetry in Structural Reliability. Acta Polytechnica, 1995, roč. 35, čís. 3, s. 75 - 85.

MEDZILABORATÓRNE POROVNÁVANIA V PONÍMANÍ BENCHMARKINGU RIADENÉHO ZÁKAZNÍKOM

Katarína Zgútová, Dr. Ing.

Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra technológie a manažmentu stavieb Komenského 52, 010 26 Žilina, katarina.zgutova@fstav.uniza.sk , +421 905 270 524

Úvod

Jedným z nástrojov spoločnosti na reguláciu trhovej rôznorodosti stavebného skúšobníctva a zjednotenie profesionálnej úrovne v oblasti stavebného skúšobníctva je proces akreditácie skúšobných laboratórií, ktoré musia plniť systémové a technické požiadavky normy STN EN ISO/IEC 17025, čo vytvára platformu pre porovnanie ich spôsobilosti a podmienky pre zabezpečenie kvality merania.

Jeden z hlavných cieľov medzilaboratórnych porovnaní (MP) je posúdenie, či je laboratórium kompetentné vykonávať príslušné skúšky. Dôvera, že skúšobné laboratórium trvale dosahuje spoľahlivé výsledky je pre používateľov služieb zo strany laboratória jeden z hlavných efektov medzilaboratórnych porovnaní. Medzilaboratórnymi skúškami sa sleduje predovšetkým:

- zistenie výkonnosti jednotlivých skúšobných laboratórií a monitorovanie experimentálnej práce najmä akreditovaných subjektov vzhľadom na ich trvalé plnenie akreditačných kritérií,
- zistenie prípadných nedostatkov v akreditovanom výkone skúšobných laboratórií a iniciovanie nápravných opatrení,
- upevnenie dôvery domácich a zahraničných zákazníkov najmä k akreditovaným činnostiam a
- zistenie medzilaboratórnych rozdielov.

V systéme výkonu zabezpečenia kvality [4] vzniká podnikateľský priestor, ktorý musí preberať manažérsky prístup – vedenie. Toto je nevyhnutné na kvalitné a efektívne riadenie stavebníctva. Jedným z nástrojov moderného manažérstva je benchmarking. Základom benchmarkingu sú merania. Výsledky meraní poskytujú objektívne rozpoznanie výkonnosti a presnosti akreditovaného laboratória so zreteľom na spätnú väzbu.

1. Benchmarking

Benchmarking je koncept, ktorý je starý ako olympijské hry v starovekom Grécku. Starovekí atléti rozpoznali, že bolo možné učiť sa a neustále zdokonaľovať pomocou porovnávaní sa s ostatnými: najprv identifikovať „najlepšiu“ výkonnosť pri športovej udalosti, potom zhodnotiť rozdiel medzi vlastnou výkonnosťou a tou „najlepšou“, pozorne si všímať ako „najlepšia“ výkonnosť bola dosiahnutá a nakoniec kalibrovať výkonnosť ostatných, dosiahnuť ju a prevýšiť. Základným koreňom benchmarkingu sú merania. Keď atléti v starovekom Grécku kalibrovali výkonnosť ostatných, používali merania kombinácie ich mysle a merania pomocou rozhodcov [5].

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu GAČR 103/06/1562 Tvorba zásad pro ověřování trvanlivosti konstrukcí a materiálů podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, 2004.
- [2] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí. ČNI, 2005.
- [3] ISO 12491 Statistical methods for durability control of building materials a components. ISO, 1997.
- [4] ISO 2394 General principles on reliability for structures. ISO, 1998. Zavedená v ČR jako ČSN ISO 2394 Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí, ČNI, 2003
- [5] HOLICKÝ, M. et al. Příručka pro hodnocení existujících konstrukcí. Nakladatelství ČVUT v Praze, listopad 2007. <<http://www.konstrukce.cvut.cz>>.
- [6] HOLICKÝ, M. – MARKOVÁ, J. Základy teorie spolehlivosti a hodnocení rizik. ČVUT v Praze, 2005.
- [7] HOLICKÝ, M. – MARKOVÁ, J. Zásady navrhování stavebních konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1990. 1. vyd. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2007. 150 s.
- [8] VORLÍČEK, M. – HOLICKÝ, M. – ŠPAČKOVÁ, M. Pravděpodobnost a matematická statistika pro inženýry. ČVUT v Praze, 1984.
- [9] HOLICKÝ, M. – SÝKORA, M. Praktické aplikace Bayesovských metod ve stavebnictví. Využití Bayesovských metod k řešení praktických problémů zpracování dat pro ocenění spolehlivosti, materiály z 29. setkání odborné skupiny pro spolehlivost České společnosti pro jakost, Praha, 26. listopadu 2007. Praha: ČSJ, 2007, s. 87.
- [10] Probabilistic Model Code. JCSS, 2001. <<http://www.jcss.ethz.ch/>>.
- [11] ISO 3207 Statistical interpretation of data – Determination of a statistical tolerance interval. ISO, 1975.
- [12] HOLICKÝ, M. – VORLÍČEK, M. Distribution Asymmetry in Structural Reliability. Acta Polytechnica, 1995, roč. 35, čís. 3, s. 75 - 85.

MEDZILABORATÓRNE POROVNÁVANIA V PONÍMANÍ BENCHMARKINGU RIADENÉHO ZÁKAZNÍKOM

Katarína Zgútová, Dr. Ing.

Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra technológie a manažmentu stavieb Komenského 52, 010 26 Žilina, katarina.zgutova@fstav.uniza.sk , +421 905 270 524

Úvod

Jedným z nástrojov spoločnosti na reguláciu trhovej rôznorodosti stavebného skúšobníctva a zjednotenie profesionálnej úrovne v oblasti stavebného skúšobníctva je proces akreditácie skúšobných laboratórií, ktoré musia plniť systémové a technické požiadavky normy STN EN ISO/IEC 17025, čo vytvára platformu pre porovnanie ich spôsobilosti a podmienky pre zabezpečenie kvality merania.

Jeden z hlavných cieľov medzilaboratórnych porovnaní (MP) je posúdenie, či je laboratórium kompetentné vykonávať príslušné skúšky. Dôvera, že skúšobné laboratórium trvale dosahuje spoľahlivé výsledky je pre používateľov služieb zo strany laboratória jeden z hlavných efektov medzilaboratórnych porovnaní. Medzilaboratórnymi skúškami sa sleduje predovšetkým:

- zistenie výkonnosti jednotlivých skúšobných laboratórií a monitorovanie experimentálnej práce najmä akreditovaných subjektov vzhľadom na ich trvalé plnenie akreditačných kritérií,
- zistenie prípadných nedostatkov v akreditovanom výkone skúšobných laboratórií a iniciovanie nápravných opatrení,
- upevnenie dôvery domácich a zahraničných zákazníkov najmä k akreditovaným činnostiam a
- zistenie medzilaboratórnych rozdielov.

V systéme výkonu zabezpečenia kvality [4] vzniká podnikateľský priestor, ktorý musí preberať manažérsky prístup – vedenie. Toto je nevyhnutné na kvalitné a efektívne riadenie stavebníctva. Jedným z nástrojov moderného manažérstva je benchmarking. Základom benchmarkingu sú merania. Výsledky meraní poskytujú objektívne rozpoznanie výkonnosti a presnosti akreditovaného laboratória so zreteľom na spätnú väzbu.

1. Benchmarking

Benchmarking je koncept, ktorý je starý ako olympijské hry v starovekom Grécku. Starovekí atléti rozpoznali, že bolo možné učiť sa a neustále zdokonaľovať pomocou porovnávaní sa s ostatnými: najprv identifikovať „najlepšiu“ výkonnosť pri športovej udalosti, potom zhodnotiť rozdiel medzi vlastnou výkonnosťou a tou „najlepšou“, pozorne si všímať ako „najlepšia“ výkonnosť bola dosiahnutá a nakoniec kalibrovať výkonnosť ostatných, dosiahnuť ju a prevýšiť. Základným koreňom benchmarkingu sú merania. Keď atléti v starovekom Grécku kalibrovali výkonnosť ostatných, používali merania kombinácie ich mysle a merania pomocou rozhodcov [5].

Benchmarking nie je prísne uzatvoreným procesom, metodikou, ktorá má jednoznačne definované pravidlá a postupy. Počet etáp, resp. krokov je veľmi rozdielny a kolíše u jednotlivých firiem a organizácií a to medzi 4 (predstavujúco PDCA cyklus) až 20 krokmi. Východiskovým cyklom aplikácie benchmarkingu na akreditované laboratória je štvorkrovový cyklus benchmarkingu, so zainteresovanosťou zákazníka obrázok č. 1.



Obr.1 Zainteresovanosť zákazníka do benchmarkingového procesu

2. Nástroj pre benchmarking

Webový portál pre benchmarking vznikol ako výsledok požiadaviek praxe na zefektívnenie výkonu medzilaboratórných meraní. Systém pre benchmarking akreditovaných laboratórií je vytvorený a má slúžiť pre porovnanie. Podstata jeho využiteľnosti je ďaleko širšia. Možno ho využiť aj pre porovnanie ďalších odvetví stavebníctva a správcov stavebných diel.

Základným východiskom pre navrhnutie systému bolo, aby systém bol flexibilný a použiteľný pre porovnanie všetkých typov laboratórií na všetkých úrovniach, s perspektívou využívania nielen v slovenskom priestore, ale aj európskom. Prípadne bude slúžiť iba jednej organizácii napr. národnej diaľničnej spoločnosti – pri výstavbe diaľnic ako nástroj pre výber akreditovaného laboratória. Z tohto je možné predpokladať veľký záber rôznych typov ukazovateľov, parametrov a rozdelených do rôznych formulárov. Preto východiskom na tvorbu systému bolo vytváranie formulárov administrátorom, podľa potrieb v rôznom počte stĺpcov a riadkov, kde im môže určiť príslušnú jednotku. Základný systém je navrhnutý tak, že počas registrácie musia zástupcovia laboratórií vyplniť základné údaje o laboratóriu a následne parametre, ktoré namerajú a základné charakteristiky prostredia výkonu skúšky. Tieto charakteristiky je možné editovať administrátorom.

Účastníci medzilaboratórných porovnaní po povolení registrácie musia vyplniť jednotlivé formuláre, ktoré sú vytvárané administrátorom.

Účasť laboratórií v medzilaboratórných porovnaní poskytuje objektívny dôkaz o spoľahlivosti výsledkov [6], ktoré produkujú, dovoľuje zistiť zdroje prípadných chýb a následne zlepšiť kvality práce skúšobného laboratória. Motivácia jednotlivých subjektov je potreba porovnať výsledky vlastnej práce z inými laboratóriami (partnermi ale aj konkurenciou).

Účasť laboratórií na skúškach spôsobilosti a porovnávacích meraniach je dôležitou súčasťou preukazovania plnenia akreditačných požiadaviek už v etape posudzovania laboratórií. Je jedným zo základných kritérií plnenia akreditačných požiadaviek akreditovaných laboratórií [3]. Preto je veľmi dôležité, aby sa laboratória aj vo vlastnom záujme zúčastňovali týchto skúšok spôsobilosti a porovnávacích meraní. Firma Calibrium, s.r.o. v súčinnosti so stavebnou fakultou ŽU zabezpečuje organizáciu národných skúšok spôsobilosti a porovnávacích meraní v oblasti stavebníctva, v zmysle platných MSA a SNAS koordinuje národný systém skúšok spôsobilosti a porovnávacích meraní s cieľom:

- umožniť podľa možnosti jednotlivým laboratóriám preukazovanie plnenia nadväznosti a meradiel formou účasti na skúškach spôsobilosti a porovnávacích meraniach,
- plniť funkciu účinného nástroja SNAS na zabezpečenie porovnateľnosti výsledkov skúšobných a kalibračných činností laboratórií.

Súčasnú prostredie pozemného staviteľstva je charakterizované [1]:

- vysokými požiadavkami verejnosti na kvalitu diela,
- vysokým tempom výstavby, príchodom nových subjektov v oblasti výstavby
- rozpočtovými napätiami,
- poklesom kvalifikovaných zamestnancov vo vzťahu k požiadavkám,
- zavádzaním nových technológií a moderných metód skúšania stavebných materiálov a konštrukčných prvkov, preto v rámci celkového zavádzania aktívneho benchmarkingu - prenos a implementácia dobrej praxe v uzavretom kruhu v stavebníctve sú medzilaboratórne porovnávaní jednou z jeho súčastí. Pre zabezpečenie [4] tohto posolania bol vytvorený model stavebného skúšobníctva obr. 2.

Základom systému je vytváranie formulárov, potrebných pre porovnanie.



Obr.3 Schéma logistiky on-line formulárov



Obr. 2 schematické znázornenie stavebného skúšobníctva v SR

Administrátor [7] má právo vytvoriť kedykoľvek nový formulár o potrebnom množstve stĺpcov a riadkov. Pri vytváraní administrátor určuje, či daný formulár a jeho výsledky majú byť verejne prístupné každému návštevníkovi portálu, alebo len pre registrovaných užívateľov. Zároveň určuje akému stupňu užívateľovi je určený daný formulár.

Logika vytvárania formulárov je postavená na prvotnom vytvorení počtu stĺpcov, kde určuje, či danému stĺpcu bude prináležať text alebo vstupná hodnota (input) obrázok č. 4. Po vytvorení potrebného počtu stĺpcov administrátor stlačí tlačidlo pridať, čím sa v databáze vytvorí priestor pre daný formulár.

Po pridaní stĺpcov, administrátorovi sa ponúka možnosť pridávania riadkov. Kde určuje špecifikáciu pre každý riadok samostatne. V stĺpcoch určuje o akú mernú jednotku pôjde, zároveň môže určiť váhový koeficient v percentách k danej hodnote a určiť, či vyššia hodnota alebo nižšia je lepšia. Formuláre obsahujú svoje ID z databázy, pre prípadne identifikovanie budúceho riešenia a histórie.

Riadky sa pridávajú samostatne jeden za druhým a administrátor určuje aj ich poradové číslo.

3. Vyhodnocovanie

Administrátor pri vytváraní formulárov zároveň vytvára každému riadku grafy, kde si vyberá položky zo všetkých formulárov. Administrátor môže z každého formulára vygenerovať PDF formát a zároveň PDF formát jedného parametru, kde sú spracovatelia zoradení podľa poradia. Užívateľ môže po zadaní danej hodnoty si prezrieť svoju pozíciu v danom grafe, vzhľadom k ostatným a zároveň si ju môže vygenerovať.

Záver

Nedostatok vhodných programov v oblasti stavebného skúšobníctva na Slovensku podporila naša aktivita, pričom je zachovaná aj legitimita a uznateľnosť [2]: „Výsledky MP, ktoré vykonali zahraniční alebo domáci organizátori, sú pre SNAS akceptovateľné vtedy, keď boli vykonané v súlade s MSA 0113-98“ (a/alebo medzinárodnými normami, napr. STN ISO 5725-1). Pre účely histórie má aj potrebnú databázu výsledkov už vykonaných programov:

- rok 2004 - betón – pevnosť v tlaku, betón – pevnosť v tlaku odrazovým tvrdomerom (Schmidt), kamenivo – zrnitosť, zemná konštrukcia – statická zaťažovacia skúška, zemná konštrukcia – dynamická zaťažovacia skúška, zemná konštrukcia – objemová hmotnosť a vlhkosť – radiačný hutnomer, asfaltová zmes – extrakcia, Marshall,
- rok 2005 - zemná konštrukcia – statická zaťažovacia skúška, zemná konštrukcia – dynamická zaťažovacia skúška, zemná konštrukcia – objemová hmotnosť a vlhkosť – radiačný hutnomer,
- rok 2006 a 2007 - Betón – pevnosť v tlaku a asfaltová zmes.

Laboratória sa môžu zúčastňovať skúšok spôsobilosti organizovaných aj inými organizátormi, ktorí spĺňajú požiadavky ILAC na organizátorov. SNAS podporuje aktívnu účasť laboratórií SR na medzinárodne organizovaných skúškach spôsobilosti a porovnávacích meraniach, ktoré organizuje EA, BIPM, ILAC, APLAC, prípadne akreditačné orgány iných krajín v súlade s predpismi EA. Systém ktorý je prezentovaný v predošlých častiach je stále vo vývoji, avšak popísaná časť je plne funkčná. Jeho hlavnou úlohou je zníženie nákladov na stretnutia, na manuálne vyhodnocovanie a najväčšou výhodou je porovnávanie v reálnom čase, pre akýkoľvek potrebný ukazovateľ.

Literatúra

[1] MIKOLAJ J., SCHLOSSER F., VALUCH M., ZGÚTOVÁ K.: Zavedenie systému kvality v oblasti výstavby, údržby a opráv ciest. Správa č.6-3/83/SvF/03, ŽU

[2] Smernica MSA 0113-98, str.9/34 www.snas.sk

[3] STN EN ISO 17025: 2005

[4] Starší, B.: Význam medzilaboratórných porovnávajúcich skúšok pri posudzovaní spôsobilosti skúšobných laboratórií. Zborník z 9. medzinárodnej konferencie: Cestná konferencia Q-2007, ISBN 978-80-969681-0-7, Žilina 3.5.–4. 5. 2007, s. 177-182

[5] PITOŇÁK, M.: Využitie vybraných metód systémov manažérstva kvality pri údržbe a opravách cestných komunikácií, Dizertačná práca, KTMS, Stavebná fakulta, Žilinská univerzita 2008

[6] Valuch, M. – Trojanová, M – Čuraj, M: Application of Process Approach in Public Procurement of Highway Projects. In: Civil and Environmental Engineering, 1/2008, ISSN 0336-5835, s. 2-4.

[7] Pitoňák M. , Zgútová K. NÁSTROJ PRE BENCHMARKING SPRÁVCOV CESTNÝCH KOMUNIKÁCIÍ, Zborník zo 17. medzinárodnej konferencie: Kvalita-2008, ISBN 978-80-02-02032-5, Ostrava 20.-21. 5. 2008, s. C28-C33

Príspevok bol spracovaný s podporou grantovej agentúry APVV No.LPP-0279-06

OVĚŘENÍ POUŽITÍ TVRDOMĚRU PROCEQ PRO ZJIŠŤOVÁNÍ PEVNOSTI BETONÁŘSKÉ VÝZTUŽE

Ing. Jaroslav Čambula (1)

Doc. Ing. Vladislav Hrdoušek, CSc. (2)

(1) České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel. 224 354 624, e-mail: jaroslav.cambula@fsv.cvut.cz

Web: www.cvut.cz

(2) České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Tel. 224 354 623, e-mail: vladislav.hrdousek@fsv.cvut.cz

Web: www.cvut.cz

Anotace

Pro odbornou diagnostiku stavebních konstrukcí je důležité znát materiálové charakteristiky, především pevnosti, použitých materiálů. V případě, že při odkrytí betonářské výztuže při diagnostice konstrukce, nejsme schopni podle tvaru určit druh betonářské výztuže a provedením destruktivní zkoušky bychom výrazně oslabili nebo narušili zkoumanou konstrukci, je třeba použít zkoušky nedestruktivní.

1. Motivace a oblast využití

Mechanické vlastnosti betonářských výztuží zásadně ovlivňují odolnost (únosnost) konstrukce nebo její části. Pro zjištění pevnosti výztuže, aniž by bylo nutné vyjmát pruty z konstrukce a provádět trhací zkoušky ve zkušebnách, byla rozpracována metodika využití tvrdoměru PROCEQ, typ EQUOTIP 2. Ze zjištěné tvrdosti je pak odvozena pevnost oceli. Při posouzení konstrukce je pak možné do výpočtu únosnosti (odolnosti) zahrnout správné charakteristiky zabudované výztuže. Zkoušky byly provedeny ve spolupráci s TZÚS Praha a.s., Experimentálním centrem Stavební fakulty ČVUT v Praze a s KÚ ČVUT v Praze.

Konstrukce stavěné před rokem 1950 byly převážně vyztužovány hladkou ocelí kruhového průřezu. K vyztužování betonových konstrukcí bylo v minulosti používáno různých druhů kruhové výztuže s různými mechanickými vlastnostmi, které nebyly vzájemně nijak rozlišeny. Oblastí použití jsou tedy konstrukce ze železobetonu postavené a projektované podle dříve platných předpisů, protože v současné době se kruhová výztuž používá jen jako výztuž pomocná.

Metodu lze použít také pro jiné druhy výztuže (čtvercového nebo obdélníkového průřezu), které byly v minulosti používány, pokud nejsou jednoznačně identifikovatelné podle úpravy povrchu, např. žebírkováním.

Obr. 1 Přehled betonářských výztuží podle [2]

Ocel pro výztuž betonových konstrukcí.

Druh oceli	Požadované min.			Dovolená namáhání při zatížení		Podle předpisu
	průtažnosti kg/cm ²	pevnosti kg/cm ²	taž- nosti ¹⁾ %	hlavním kg/cm ²	celko- vým kg/cm ²	
Cc ²⁾	—	< 5000	—	1200	1400	ČSN 1096-1931
Cc	—	3000–4800	min 20	1200	1400	ČSN 1091-1935
C 34 ³⁾	—	3400–4900	min 25	1200	1400	ČSN 1016-1926
C 37	min 3300	3700–4500	min 22	1200	1400	ČSN 1230-1937
C 38	—	3800–4500	min 22	1200	1400	ČSN 1096-1931
C 52	min 3600	5200–6100	min 20	(1500) ⁴⁾	(1700) ⁴⁾	ČSN 1230-1937
Jakostní ČSN 1096	min 3400	—	—	1500	1700	ČSN 1096-1931
Bežan- special	3700–4300 ⁵⁾	5200–5600 ⁵⁾	—	(1500) ⁴⁾	(1700) ⁴⁾	—
Roxor	min 4000 ⁶⁾	min 5000	min 20	1900 ⁷⁾	2300	ST.VII-1946
Itag	min 3900 ⁶⁾	min 4000	min 10	1700 ⁷⁾	1900	
Torus	min 4000 ⁶⁾	min 4400	min 10	1900	2200	
Ocelové pletivo	min 5000	min 6000	min 3	2200 ⁸⁾	2400 ⁸⁾	ST. VI. 1935 ⁸⁾

¹⁾ Tažnost stanovená na dlouhé tyči. ($l = 11,3 \sqrt{f}$)
²⁾ Místo oceli Cc a C 34 se podle ČSN 1091-1935 zavádí ocel Cc, která kromě vlastností, udaných v tabulce, má ještě tyto, rovněž sਾਰածոն vlastnosti: nejmenší tažnost, stanovená na krátké tyči 24 %, a při skloněném ohybu s úhlem ohybu $\alpha = 180^\circ$ kol trnu poloměru $r = l$, kde l je tloušťka tyče; při skloněném ohybu na staveništi tyči tloušťky 30 mm a tloušťka je $r = 1 \frac{1}{2} l$.
³⁾ Dovolená namáhání v sávkách nejsou přímo přečerpána; jsou zde udána podle čl. 31 ČSN 1096, který zní: Užívá se do betonu druhů a, b, c oceli; její max. průtažnost je nejméně 3400 kg/cm², lze však i dovozená namáhání v tahu f tláku o 200 kg/cm² proti dovoleným namáháním oceli Cc a C 38.

Obr. 1 Přehled betonářských výztuží podle [2]

demolici konstrukce a také bylo provedeno měření na mostní konstrukci, na které běžně probíhá provoz. Dále byly provedeny trhací zkoušky v laboratořích, které měly kalibrovat výsledky získané tvrdoměrem, na základě kterých by byl stanoven převodní součinitel pro stanovení pevnosti betonářské výztuže odvozené ze změřené tvrdosti. Cílem bylo definovat z tvrdoměrých zkoušek pevnost betonářských ocelí především kruhového průřezu, u kterých je nejistota mechanických vlastností. Tvrdoměrná metoda byla použita také na betonářské oceli Roxor, pro níž byl použit tvrdoměr KÚ ČVUT v Praze, typ WPM HPO 250.

3. Zkoušky tvrdosti

3.1 Popis tvrdoměru EQUOTIP 2 s rázovou jednotkou „D“

EQUOTIP 2 je velmi lehký, přenosný přístroj pro měření tvrdosti kovových materiálů. Je založen na dynamické metodě měření. Velký rozsah měření a vysoká přesnost i spolehlivost při velice jednoduché manipulaci a malých nákladech na zkoušení.



Obr. 2 Equotip 2 s rázovou jednotkou „D“

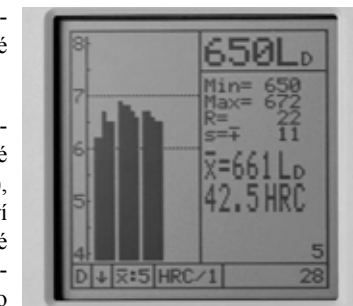
2. Metodický a koncepční přístup

Pro stanovení tvrdosti oceli (pro strojní oceli se běžně užívá) je k dispozici několik tvrdoměrů, z kterých byl pro stanovení tvrdosti betonářské výztuže vybrán jako vhodný tvrdoměr EQUOTIP 2 firmy PROCEQ, který je přenosný, velice mobilní a který umožňuje použít sondu pod různými úhly vzhledem ke zkoumané výztuži. Protože nejsou s uvedeným zařízením při použití v oblasti betonových konstrukcí zkušebními a není známé, že by bylo toto zařízení v minulosti pro tento účel použito, bylo prováděno měření tvrdosti několika způsoby a to na vzorcích výztuže, které byly získány při

Přístroj vyrábí švýcarská firma PROCEQ, v České republice je zastoupena Technickým a zkušebním ústavem Praha, a.s.

Přístroj EQUOTIP 2 je vybaven LCD displejem (viz Obr.3), který podává okamžitý přehled o naměřené hodnotě tvrdosti „L“, minimální a maximální hodnotě, rozpětí, standard-

ní odchylce, střední hodnotě, převedené střední hodnotě, směru měření a opticky znázorňuje jednotlivé řady měření.



Obr. 3 Displej přístroje Equotip 2

Na přístroji lze nastavit potřebné údaje pro měření, tj. počet měření v jednom cyklu, polohu rázové měřicí jednotky (svisle, vodorovně, pod úhlem 45°), převod do jiné stupnice tvrdosti. Přístroj přímo měří hodnotu tvrdosti „L“ (1000 násobek podílu odrazové a nárazové rychlosti), ze které se dá pro běžné materiály pomocí porovnávacích křivek odečíst přímo hodnoty pro tvrdosti podle Brinella, popř. Vickerse, Rockwella a Shoreho. Přístroj ukládá data do vnitřní datové paměti, jejíž kapacita je 5000 naměřených hodnot. Data mohou být převedena do vnější tiskárny nebo do počítače.

U měřicích jednotek je možnost pro tvarově složitě povrchy nasadit tzv. nárazové hlavičky, které umožňují lepší umístění jednotky na zkoušeném vzorku a dodržení směru rázu.

Přístroj lze použít při pracovní teplotě 0° - 50°C. Zkoušený povrch by měl být čistý a jemně zbrúšený, pro jedno měření plně postačí plocha 10 x 10 mm.

3.2 Požadavky na přípravu vzorku

U měření betonářské výztuže se požaduje jemně zbrúšená a čistá ploška, dostatečné velikosti pro požadovaný počet měření v jednom cyklu (10x10 mm pro jedno měření – jeden úder). Protože výztuž není možné na skutečných konstrukcích v terénu vždy dokonale opracovat, byly sledovány i vlivy různého opracování povrchu na výsledky měření tvrdosti a tedy pevnosti výztuže.

Měřená výztuž by měla být pevně uchycena. Toto je v hotové konstrukci téměř vždy dodrženo. V případě, že okolí výztuže je již natolik porušeno, že nelze předpokládat dokonalé ukotvení prutu, je třeba jeho ukotvení zajistit jiným způsobem.

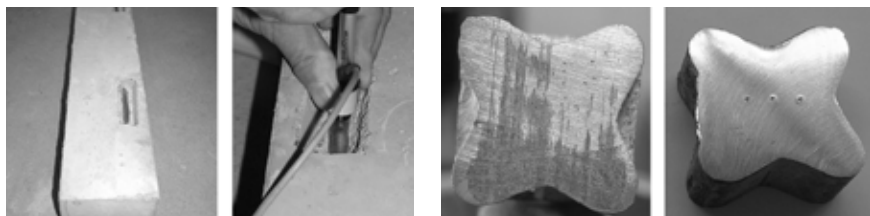
3.3 Zkoušky na vzorcích výztuže v laboratoři

3.3.1 Zkoušky na kruhové výztuži

- zkoušky na trácích v laboratoři Experimentálního centra Stavební fakulty ČVUT v Praze
- zkoušky na trácích Ø10mm vyjmutých z nosné konstrukce mostu (trhací a tvrdoměrné)
- zkoušky nosné výztuže kruhového průřezu Ø30mm

3.3.2 Zkoušky na výztuži Roxor Ø 50mm

- zkoušky tvrdosti na vzorcích při různém způsobu upnutí vzorku
- trhací zkoušky

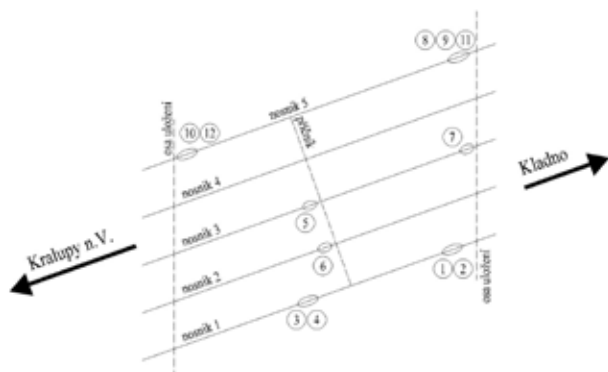


Obr. 4 Zkušební trámek s okénky a měření tvrdosti výztuže

Obr. 5 Výztuž Roxor po zkoušce tvrdoměrem. Povrch hrubě opracovaný a leštěný

3.4 Zkoušky na výztuži zabudované ve skutečné konstrukci

Zkoušky byly provedeny na mostě ev. č. 101-051 v Kralupech nad Vltavou, který byl postaven v roce 1937. Most je železobetonový, s pěti trámy v příčném řezu. V každém trámu byla odhalena podélná výztuž v místech u opěr a uprostřed rozpětí trámu (Obr.6). V trámech se nachází při dolním povrchu čtyři profily podélné výztuže kruhového průřezu Ø 30 mm.



Obr. 6 Rozmístění zkušebních míst na trámech mostu

4. Vyhodnocení měření

Výpis naměřených hodnot na mostě a v laboratoři přístrojem EQUOTIP 2 na jednotlivých vzorcích jsou uvedeny v následujícím výpisu (Obr.8).



Obr. 7 Měření tvrdosti výztuže rázovou jednotkou „D“

Tato data byla převedena do tabulkového procesoru, kde byly vypočteny průměry a vzájemné odchylky měřených hodnot. Tyto hodnoty jsou uvedeny v posledních sloupcích tabulek 1 a 2.

Měření tvrdosti ocelové výztuže - most 12. listopadu 2007 Měřeno tvrdoměrem EQUOTIP 2, rázový přístroj D /HB/1 - Brinell/												Měření ocelových prutů - laboratoř 20. listopadu 2007 Měřeno tvrdoměrem EQUOTIP 2, rázový přístroj D /HB/1 - Brinell/															
#2007	11	12	10	6	120001	D	3	HB/1	351	373	364	325	367	#2007	11	20	10	8	200013	D	1	HB/1	356	443	422	416	402
#2007	11	12	10	7	120002	D	3	HB/1	368	348	362	385	376	#2007	11	20	10	9	200014	D	1	HB/1	409	409	401	385	410
#2007	11	12	10	9	120003	D	3	HB/1	426	329	348	427	429	#2007	11	20	10	13	200015	D	1	HB/1	288	436	467	441	463
#2007	11	12	10	11	120004	D	3	HB/1	320	347	396	376	394	#2007	11	20	10	15	200016	D	1	HB/1	418	459	489	471	469
#2007	11	12	10	13	120005	D	3	HB/1	384	379	399	391	381	#2007	11	20	10	17	200017	D	1	HB/1	468	468	459	457	472
#2007	11	12	10	14	120006	D	3	HB/1	247	383	361	396	315	#2007	11	20	10	18	200018	D	3	HB/1	427	421	476	414	459
#2007	11	12	10	16	120007	D	3	HB/1	595	381	459	376	379	#2007	11	20	10	19	200019	D	3	HB/1	411	472	423	424	409
#2007	11	12	10	17	120008	D	3	HB/1	374	394	370	414	394	#2007	11	20	10	21	200020	D	3	HB/1	428	413	420	424	419
#2007	11	12	10	20	120009	D	3	HB/1	393	384	394	357	371	#2007	11	20	10	23	200021	D	1	HB/1	424	448	433	430	438
#2007	11	12	10	22	120010	D	3	HB/1	361	376	365	366	352	#2007	11	20	10	36	200022	D	1	HB/1	456	465	436	447	476
#2007	11	12	10	23	120011	D	3	HB/1	371	433	413	351	354	#2007	11	20	10	37	200023	D	1	HB/1	368	421	449	471	472
#2007	11	12	10	24	120012	D	3	HB/1	477	407	466	394	446	#2007	11	20	10	38	200024	D	1	HB/1	455	466	445	425	469
														#2007	11	20	10	39	200025	D	1	HB/1	464	461	456	465	477
														#2007	11	20	10	40	200026	D	1	HB/1	477	464	464	473	467
														#2007	11	20	10	43	200027	D	1	HB/1	367	376	425	453	445
														#2007	11	20	10	44	200028	D	1	HB/1	434	257	424	260	298
														#2007	11	20	10	45	200029	D	1	HB/1	428	388	299	271	319
														#2007	11	20	10	47	200030	D	1	HB/1	412	410	408	412	415
														#2007	11	20	10	48	200031	D	1	HB/1	408	404	389	404	418
														#2007	11	20	10	50	200032	D	5	HB/1	406	375	398	413	406

Obr. 8 Výpis hodnot z přístroje EQUOTIP a) měřeno na mostě b) měřeno v laboratoři

Tab. 1 Výpis hodnot naměřených na mostě

Číslo	profil	opracování plochy	změřené hodnoty tvrdosti					průměr měření	průměr pro profil	průměr pro profil
			1	2	3	4	5			

1		pilník	351	373	364	325	367	356	375	14.4	4.0%
2		nebroušený	368	348	362	385	376	368		10.2	2.8%
3		skelný papír	426	329	348	427	429	392*		*	*
4		skelný papír	320	347	396	376	394	367*		*	*
5		bruska	384	379	399	391	381	387		6.6	1.7%
6		bruska	247*	383	361	396	315*	380		12.7	3.3%
7		pilník	295*	381	459*	376	379	379		1.8	0.5%
8		pilník	374	394	370	414	394	389		13.8	3.5%
9		pilník	393	384	394	357	371	380		12.6	3.3%
10		pilník	361	376	365	366	352	364		6.0	1.6%
11	10	skelný papír	371	433	415	351	354	385*	*	*	
12		skelný papír	477	407	466	394	446	438*	*	*	

Tab. 2 Výpis hodnot naměřených v laboratoři

Číslo	profil	opracování plochy	změněné hodnoty tvrdosti					průměr měření	průměr pro profil	průměrná odchylka			
			1	2	3	4	5						
13	10		396	443	422	416	402	416	409	13.4	3.2%		
14			409	409	401	385	410	403		7.8	1.9%		
15	50 - ROXOR		288*	436	467	441	463	452	442	13.3	2.9%		
16			418*	459	489	471	469	472		8.5	1.8%		
17			468	468	459	457	472	465		5.4	1.2%		
18			427	422	476*	414	459	431		14.3	3.3%		
19			411	472*	423	424	409	417		6.8	1.6%		
20			428	413	420	424	419	421		4.2	1.0%		
21			424	448	433	430	438	435		6.7	1.5%		
22		20 - strojní hlazenka		456	465	436	447	476		456	459	11.6	2.5%
23				368*	421	449	471	472		453		18.3	4.0%
24				455	466	445	425	469		452		13.6	3.0%
25			464	461	456	465	477	465	5.1	1.1%			
26			477	464	464	473	467	469	4.8	1.0%			
27	20 - betonářská výztuž		367	376	425	453	445	413*	405	*	*		
28			434	257	424	260	298	335*		*	*		
29			428	388	299	271	319	341*		*	*		
30			412	410	408	412	415	411		1.9	0.5%		
31			408	404	389	404	418	405		6.7	1.7%		
32			406	375	398	413	406	400		10.5	2.6%		

Z uvedených výsledků vyplývá, že výsledky jsou proměnné. Průměrná odchylka jednotlivých měření od celkového průměru pěti zkoušek na daném vzorku se u různých vzorků a různých povrchových úprav liší. Vliv se projevil rozptylem hodnot od 0,5% až po necelých 25%.

Hodnoty, které výrazně vybočují zřejmě vyplývají ze špatně provedených měření, a proto byly z dalšího vyhodnocování vyřazeny. V případě vyřazení výsledku je v tabulce u dané hodnoty uveden symbol „*“. U zkoušek 27-29, které byly provedeny v laboratoři na trácích, byla zkouška ovlivněna špatným přístupem k výztuži, a tedy nevhodným umístěním sondy. Výsledky byly též vyřazeny.

Provedeme-li vyhodnocení procentuální úspěšnosti na jednotlivých zkouškách, dojde-me k výsledku 91%, což je hodnota přijatelná.

Při srovnání výsledků měření tvrdosti výztuže v laboratoři a in-situ došlo k vynikající shodě u třmínkové výztuže Ø10 mm s trhací zkouškou provedenou v Experimentálním centru FSv ČVUT v Praze.

5. Závěr

Z provedené zkoušky tvrdosti betonářské výztuže prokázaly možnost použití tvrdoměru EQUOTIP 2. Rozptyl výsledků je třeba hledat především v nestejném opracování povrchu zkoušené výztuže, kterému je třeba věnovat náležitou pozornost. Úprava povrchu a přístupnost výztuže zásadně ovlivnily výsledky měření na zabudované výztuži, zatímco zkoušky na třmíncích (trhací, tvrdoměrné na vyňaté výztuži a in-situ) jsou v dobré shodě.

Ukázalo se, že tato metoda je použitelná pro odvození pevnosti zabudované betonářské výztuže. Je třeba dalšími zkouškami upřesnit a definovat podmínky pro použití tvrdoměru (především úpravy povrchu).

Pro přepočet tvrdostí na pevnost bylo použito pomůcky „Kapesní strojnická příručka“ [5].

Správné stanovení mechanických vlastností výztuže má zásadní význam pro stanovení zatížitelnosti (odolnosti) konstrukce a má vliv na rozhodnutí o potřebě jejího zesílení.

Tento příspěvek vznikl za podpory CIDEAS 1M0579

Literatura

- [1] ČERVENÝ-ŘEHOŘOVSKÝ. Statika stavebních konstrukcí, 4 opravené vydání. Praha, Vydavatelství ČMT, 1931.
- [2] TP 24 Železový beton. Praha, Vydavatelství ČMT, 1947.
- [3] KLOKNER F., HRUBAN K. Železový beton I, II TP 24. Praha, Vydavatelství SNTL, 1959.
- [4] BAŽANT B. a kol. Železobetonové konstrukce a nové výztužné materiály. Praha, Vydavatelství SNTL, 1979.
- [5] DOBROVOLNÝ B., Kapesní strojnická příručka, Praha, Vydavatelství SNTL, 1956.
- [6] Portable Metal Hardness Testing for Industrial and Laboratory Applications. Firemní literatura PROCEQ. Zastoupení v ČR – TZÚS Praha

PERSPEKTIVY ROZVOJE RADIOGRAFIE VE STAVEBNICTVÍ

Doc. Ing. Leonard Hobst, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví
Veveří 95, 602 00 Brno

Tel. 541147836, e-mail: hobst.l@fce.vutbr.cz

Anotace

Radiografie patří k významným metodám nedestruktivního zkoušení materiálu. I když radiografie má za sebou více než 100 let úspěšného vývoje, její možnosti nejsou stále vyčerpány. Jsou vyvíjeny zdroje záření o stále vyšších energiích, které zejména ve stavebnictví umožňují prozařovat stále větší tloušťky betonu. Jsou zdokonalovány i záznamové prostředky, které umožňují zjišťovat stále větší detaily v makrostruktuře materiálu. O předpokládaném dalším vývoji radiografie pojednává předkládaný příspěvek.

1. Úvod

Devatenácté století, označované jako „století páry“, bylo stoletím zásadních objevů a vynálezů v oblasti techniky, které byly dále rozvíjeny ve století dvacátém. V poslední dekádě 19. století objevil C.W. Roentgen neznámé „paprsky X“ a to byl velký impuls pro tehdejší vědu a techniku. Význam tohoto objevu oceňoval vědecký svět již za jeho života tím, že v roce 1901 mu byla udělena Nobelova cena za fyziku. O století později bylo navrženo, aby jeho jménem byl označen nově objevený chemický prvek s protonovým číslem 111 – roentgenium (Rg 272).

Fyzici a technici se snažili objasnit podstatu tohoto objevu, což se jim podařilo a během několika málo let se využívání ionizujícího záření dostalo prakticky do všech oblastí lidské činnosti. Využití rentgenového záření se uplatnilo nejdříve v lékařství a to v diagnostice a později i terapii nemocí. Postupně jak se při zdokonalování rentgenových přístrojů zvyšovala energie rentgenového záření a rozšiřovaly se i oblasti jeho využití. Byla to především oblast defektoskopie ve strojírenství, kde se záření využívá pro rentgenografickou kontrolu svarů a odlitků, později pak do stavebnictví, kde se používá pro zjišťování vnitřní struktury a nehomogenit betonu (rozložení výztuže).

Rozvoj jaderného výzkumu a průmyslu v období po 2. sv. válce umožnil kromě výroby jaderných zbraní také vývoj a výstavbu jaderných reaktorů, které našly velké uplatnění především v energetice. V jaderných reaktorech však vznikají i umělé radioizotopy, které se v mnohých případech dají použít jako alternativní zdroje záření místo rentgenů. Využívá se jejich snadná manipulovatelnost a nezávislost na zdrojích energie. Jejich využití je však podmíněno vývojem nových stínících krytů, které by byly bezpečné z hlediska stínění, snadno manipulovatelné a funkčně spolehlivé.

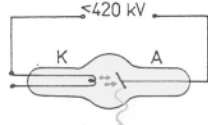
2. Zhodnocení zdrojů záření v radiografii a radioskopii

Zásadní význam v radiografii má energie zdrojů ionizujícího záření. Čím vyšší energii ionizujícího záření použijeme, tím větší tloušťku materiálu můžeme prozářit. Podle zvyšující se energie zdrojů ionizujícího záření můžeme členit radiografii na rentgenografii, gamagrafii a betatronografii, která se právě koncem 20. století stala nejvýkonnějším mobilním zdrojem ionizujícího záření. Nejrozšířenější záznamový prostředek při prozařování

konstrukcí je stále radiografický film. Při jeho použití mluvíme o radiografii. Řadu let jsou však vyvíjeny prostředky pro okamžité zobrazení vnitřní struktury materiálu (on line). Tyto zobrazovací prostředky jsou založeny na různých fyzikálních základech a při jejich použití mluvíme o radioskopii.

Rentgenografie

Rentgeny jsou nejstarší zdroje ionizujícího záření (C. W. Roentgen – 1895). Záření vzniká v rentgence, což je vakuová trubice obsahující dvě elektrody – katodu a anodu. Žhavená katoda emituje do svého okolí elektrony, které jsou vysokým elektrickým potenciálem mezi katodou a anodou urychlovány směrem k anodě. Anoda rentgenky je nejčastěji



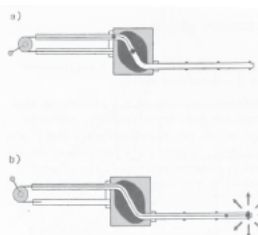
Obr. 1 Schéma rentgenky

Obr. 1 Schéma rentgenky

tvořena wolframovou destičkou. Na ní dopadají elektrony a předávají jí svoji kinetickou energii. (obr. 1). Ta se mění na teplo (99 %) a rentgenové záření (1 %). Většina dodané elektrické energie se tedy mění na neúčinné teplo, které způsobuje řadu konstrukčních problémů v souvislosti s nutností jeho odvodu z rentgenky. K velkým přednostem rentgenografie patří možnost plynulého nastavení vysokého napětí na rentgence a tím i energie vznikajícího rentgenového záření (v anglofonních zemích označováno „záření X“). Významná jsou i bezpečnostní hlediska, neboť po odpojení rentgeny od sítě, ihned je přerušena emise rentgenového záření. K nevýhodám lze počítat problémy s odvodem tepla během činnosti rentgeny a dále relativně nízkou energii rentgenového záření, danou max. napětím mezi katodou a anodou, kterou nad 420 kV již nelze zvyšovat. Ta umožňuje při kontrole stavebních konstrukcí prozařovat max. 150 mm betonu.

2.2 Gamagrafie

Objev radioaktivity je jen nepatrně mladší nežli objev rentgenového záření (H. Becquerel -1896). Radioaktivní záření je výsledkem specifických přeměn hmoty a jeho zdrojem je jádro prvku. Charakter tohoto záření je zcela určen prvkem, který je vysílá a není funkcí vnějších podmínek – teploty, tlaku aj. I když z radioaktivního zářiče vychází obecně



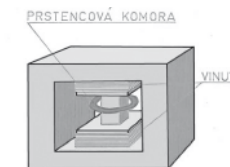
Obr. 2 Schéma umístění zářiče v uranovém krytu a jeho vysunutí do pracovní polohy

i záření α a β , jsou tato záření vzhledem ke svým vlastnostem (látkové záření o malé pronikavosti) odstíněna a v gamagrafii se využívá pouze záření γ . Dříve používaný přírodní gamazářič radium Ra 226, součást uranoradiové rozpadové řady, se v současné době již nepoužívá (při jeho rozpadu vzniká radioaktivní plyn radon Rn 222). V současné době se používají převážně umělé radioizotopy, vyráběné v jaderných reaktorech. Pro diagnostiku stavebních konstrukcí je vhodné používat radioaktivní kobalt Co 60, který má vysokou energii záření ($E = 1,25 \text{ MeV}$) a relativně velký poločas rozpadu $T_{1/2} = 5,3$ roku, který umožňuje využívat zářič po řadu let bez jeho výměny (u Co 60 je to až 10 let). Tím, že radioaktivní zářiče neustále vyzařují ionizující záření, je nutno je přechovávat a transportovat ve stínících krytech, které jsou zhotovovány z materiálu o velké měrné hmotnosti. Dříve se jako stínícího materiálu používalo olovo ($\rho = 11\,360 \text{ kg/m}^3$), v současné době se používají materiály s větší měrnou hmotností jako je wolfram ($\rho = 19$

300 kg/m^3), nebo ochuzený uran ($\rho = 19\,050 \text{ kg/m}^3$). Tloušťka stínění krytu závisí, kromě energie zářiče E, též na jeho aktivitě A. Vysoká aktivita zářiče A sice zkracuje dobu expozice (nepřímo úměrně), ale současně roste i jeho fyzická velikost a tím i velikost ohniska, což se nepříznivě projevuje na jakosti vzniklého radiogramu a dále na tloušťce stínění krytu a tím i jeho celkové hmotnosti. Pokud bereme v úvahu mobilnost krytu, neměla by jeho hmotnost přesahovat 100 až 150 kg. Pro uranový kryt těchto parametrů dostáváme maximální aktivitu Co 60 v hodnotě $A = 1 \text{ TBq}$. Tato aktivita umožňuje prozařovat betonové konstrukce běžně do tloušťky 400 mm. Vysouvání zářiče z krytu do „pracovní polohy“ se uskutečňuje dálkovým ovládním (obr. 2). Obvykle se jedná o bowden, připojený k nosiči zářiče, kterým se zářič vysouvá do výsuvné hadice. Obsluha „dálkového ovládní zářiče“ je obvykle ruční, nevyžaduje zdroje elektrické energie a je proto výhodná při práci v terénu.

2.3 Betatronografie

Betatron je kruhový indukční urychlovač elektronů, ve kterém elektrony dosahují podstatně vyšších rychlostí a tím i kinetické energie nežli v rentgence. Po dopadu elektronů na terčik vzniká brzdné záření (které se i v anglofonní literatuře nazývá „bremsstrahlung“). Elektrony jsou urychlovány točivým elektrickým polem, vytvářeným střídavým magnetickým polem. Části tohoto magnetického pole se využívá k řízení pohybu elektronů po uzavřené kruhové dráze. Střídavé magnetické pole vzniká v elektromagnetu betatronu pomocí magnetických cívek a profilovaných pólových nástavců, kolem kterých je umístěna prstencová vakuová urychlovací komora. Je to analogická činnost jako činnost transformátoru. (obr. 3). Betatrony jsou obdobně jako rentgeny zdroje s dočasnou emisí záření. Energie brzdného záření betatronů je o několik řádů vyšší, nežli energie záření rentgenů. Princip betatronů je sice znám již od 40. let 20. století, ale v té době to byly zdroje poměrně složité a hmotné, nehodily se pro práci v terénu.



Obr. 3 Schéma elektromagnetu betatronu s urychlovací komorou

První mobilní betatrony moderní konstrukce vyvinuli vědci Výzkumného ústavu introskopie, který je součástí Tomské polytechnické university, v 70. letech 20. století. Jeden z prvních sériových výrobků s označením PMB-6 (max. energie $E = 6 \text{ MeV}$) byl získán pro Ústřední středisko radiační defektoskopie VUT v Brně v roce 1973, kde byl podroben zkouškám, které měly prokázat možnost jeho použití ve stavebnictví. Cílem práce bylo vyvinout novou účinnější metodu radiografie - betatronografie, vymezit podmínky její aplikace, vypracovat zásady pro její použití a tím přispět k její uplatnění ve stavebnictví pro snímkování konstrukcí ze železového a zejména předpjatého betonu. Výsledky výzkumných prací byly shrnuty ve výzkumné zprávě státního úkolu s názvem „Betatronografie konstrukcí z předpjatého betonu“. Ve zprávě bylo prokázáno, že betatrony jsou vhodným zdrojem záření pro prozařování železobetonových konstrukcí do tloušťky 500 mm, popř. i více. Kromě příznivých vlastností byly však zjištěny i nepříznivé skutečnosti, jako malá homogenita svazku brzdného záření a změna nastavených parametrů betatronu po zahřání elektroniky, která byla součástí monobloku s elektromagnety.

Zvýšených výkonů a lepších parametrů bylo dosaženo u novější verze betatronu, u betatronu MIB-4, který byl zkoušen na ústavu v 80. letech. Betatron měl sice nižší maximální energii (max. $E = 4 \text{ MeV}$), avšak měl vyšší dávkový příkon záření, takže při menších roz-

měrech a hmotnosti monobloku měl srovnatelné parametry při prozařování železobetonových konstrukcí.

Zavedení nových stínících materiálů (U 238) do konstrukcí defektoskopických krytů umožnilo koncem 80. let používat radionuklidy o velkých aktivitách. Jednalo se především o kobalt $Co60$, jehož energie ($E = 1,25 \text{ MeV}$) a dosažená aktivita (až $A = 1 \text{ TBq}$) umožňovaly prozařovat tloušťky betonu srovnatelné s tloušťkami betonu prozařovanými betatrony. Přitom manipulace s defektoskopickými kryty na staveništích byla jednodušší nežli manipulace s betatrony. Tím význam betatronů v tomto období poklesl.



Obr. 4 Snímkování vrstvy betonu o tloušťce 1 m ve Výzkumném ústavu introskopie betatronem MIB-7,5

Výzkumnému ústavu introskopie v Tomsu se však za posledních 15 let podařilo zvýšit dávkové příkony betatronů 15 až 20 krát v porovnání s betatrony ze 70. let, při zachování stejných rozměrů a hmotnosti monobloku zářiče. To umožňuje prozařovat betonové konstrukce až do tloušťky 1,0 m. Tato tloušťka byla ověřena na konkrétní betonové vrstvě s vloženou železobetonovou výztuží, která se uskutečnila přímo na Výzkumném ústavu introskopie v Tomsu dle podkladů Ústavu stavebního zkušebnictví FAST VUT v Brně v rámci projektu GAČR (obr. 4).

Pozn.: V 80. letech 20. stol. došlo ve světě k rychlému rozvoji lineárních urychlovačů, které v mnoha případech nahradily betatrony, neboť hustota toku energie užitečného svazku, vycházejícího z lineárních urychlovačů, je o jeden až dva řády vyšší nežli u betatronu. Současné lineární urychlovače jsou však hmotná stacionární zařízení a doposud se nepodařilo je konstruovat jako mobilní zařízení, vhodná pro defektoskopii v terénu.

3. Možnosti záznamu obrazu v radiografii

Ionizující záření, které prošlo zkoušeným materiálem je modulováno nehomogenitami, které se v materiálu nachází a tyto změny pole ionizujícího záření je nutno zachytit a vyhodnotit. V podstatě od objevu rentgenového záření se tento záznam ionizujícího záření dělí na radiografii, ve které byl pro záznam využit radiografický film, který však je nutno před vyhodnocováním vyvolat a radioskopii, která umožňuje okamžité zobrazení vnitřních struktur materiálu přímo na fluorescenčním štítu nebo obrazovce monitoru.

Radiografický film

K registraci obrazu zkoušeného materiálu se v radiografii nejčastěji používají speciální radiografické filmy umístěné ve světlotěsné kazetě. Filmy musí vynikat ostrou kresbou obrazu, vysokou citlivostí, širokým rozmezím použití a možností dokumentace.

Citlivá vrstva radiografického filmu je připojena vrstvou pojidla na podložku z polyesteru (dříve z triacetátové celulózy). Na citlivou vrstvu (emulzi halogenidu stříbra, např. $AgBr$ v želatině) je ještě nanášena ochranná želatinová vrstva. Pouze 1% záření procházejícího filmem reaguje s citlivou vrstvou a podílí se na vytváření latentního obrazu. Proto se pro radiografii s výhodou používají oboustranně polévané filmy, neboť se dosáhne dvakrát

vyššího zčernání. Požadované vlastnosti obecně kladené na citlivé vrstvy jsou: jemnozrnnost, vysoká citlivost, strmá gradace, nezávadnost materiálu, trvanlivost.



Obr. 5 Schéma radiografické kontroly vad v materiálu

Zrnitost radiografických filmů lze vyjádřit numerickým číslem zrnitosti.

Údaj zrnitosti je důležitý pro vyhodnocení vnitřní neostrosti rentgenového obrazu. Citlivost se udává pouze relativně a označuje se slovně. Nezávadnost materiálu předpokládá, že filmy neobsahují vady dané technologií výroby a trvanlivost závisí na kvalitě materiálu a způsobu uložení

Formáty filmů pro radiografii jsou normalizovány - nejběžnější formát filmu při radiografické kontrole stavebních konstrukcí je však 300 mm x 400 mm. Velkou nevýhodou radiografických filmů je nutnost je před vlastním vyhodnocováním vyvolat „mokrým procesem“ (ve vývojce, přerušovací lázni a ustalovači) a to buď ručně, nebo ve vyvolávacích automatech (obr. 5).

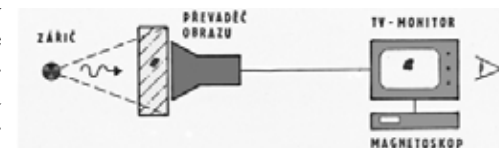
Zesilovací folie

Zesilovací folie svými vlastnostmi vhodně doplňují radiografické filmy. Jejich primárním úkolem je zvýšit účinky záření na zčernání filmu a tím i zkrátit dobu expozice. U kovových zesilovacích folií se to děje na základě fotoefektu, kdy vyražené elektrony z folie mají vyšší fotochemický účinek na film nežli vlastní ionizující záření. U fluorescenčních zesilovacích folií je neviditelné ionizující záření převedeno ve vrstvě luminoforu folie na viditelné světlo, které má opět vyšší fotochemické účinky na film nežli neviditelné ionizující záření. Sekundárně pak kovové folie působí jako filtry rozptýleného záření, takže zvyšují jakost vzniklých radiogramů. Ani vývoj zesilovacích folií se nezastavil a jsou vyvíjeny stále nové typy, které spojují výhody kovových a fluorescenčních folií – folie fluorometalické.

3.2 Radioskopie

Radioskopie je stejně stará jako radiografie, neboť jsou již od dob C.W. Roentgena známy pokusy zobrazit předměty na fluorescenčním štítu. Vývojem se došlo k velmi citlivým fluorescenčním štítům, které jsou snímány televizní kamerou, (obr.6).

V současné době jsou vyvíjeny polovodičové detektory, které se jeví jako nejpřesnější 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).



Obr. 6 Schéma rentgen – televizního řetězce na zjišťování vad v materiálu (radioskopie)

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).

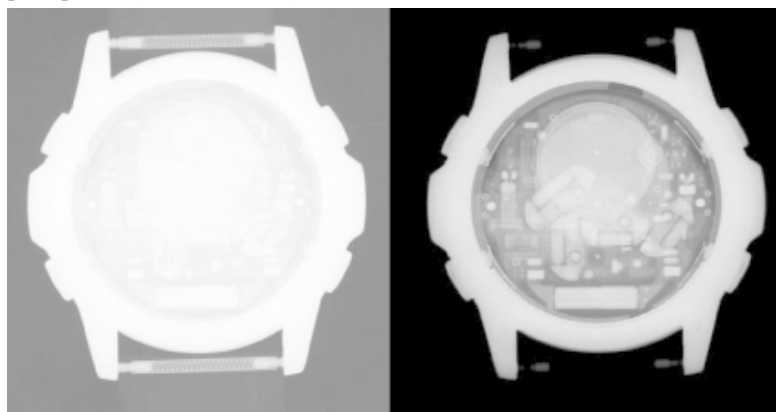
Paměťové folie

K nejnovějším prostředkům záznamu rentgenového obrazu patří paměťové folie. Jsou to folie na bázi fosforu, které 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 (obr. 7), do kterého se exponovaná folie vkládá, se tyto elektrony působením laserového paprsku 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.



Obr. 7 Scanner od firmy Dürr pro vyhodnocování paměťových folií

Tyto paměťové folie jsou dosud používány především ve strojírenství při použití rentgenů nebo gamazáříčů s nízkou energií záření (Ir 192). Proto navázal Ústav stavebního zkušebnictví kontakt s firmou Dürr, která tyto folie a příslušné scannery vyvíjí a vyrábí, aby paměťové folie byly odzkoušeny s vysokoenergetickým zářičem Co 60, používaným ve stavebnictví. Firma Dürr dopravila na FAST paměťové folie a vyvinutý scanner a v laboratořích ústavu byly odzkoušeny vrstvy betonu s vloženou výztuží do tloušťky 0,5 m, při použití gamazáříče Co 60. Experimenty v laboratoři prokázaly, že čas expozice poklesl, ale projevil se velký vliv rozptýleného záření, které je nutno odstínit kovovými filtry. Velkou výhodou těchto folií je, že se dají přemazávat, takže se předpokládá, že mohou být použity až 2000 x a dále to, že obraz je digitalizován a dá se speciálním softwarem dále zpracovávat. Na rozdíl od radiogramů mohou být paměťové folie počítačově vyhodnoceny i v případě jejich podexpozice nebo přexpozice (obr. 8a a obr. 8b).

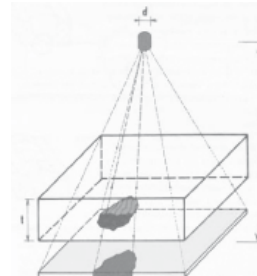


Obr. 8a Podexponovaný snímek náramkových hodinek na paměťové folii
Obr. 8b Počítačově upravený snímek náramkových hodinek na paměťové folii

Paměťové folie se proto v nejbližším období jeví jako velmi perspektivní nástupce rentgenových filmů. Pro jejich optimální využití ve stavebnictví však bude zapotřebí vyřešit ještě řadu problémů, které se mohou stát náplní dalšího výzkumu.

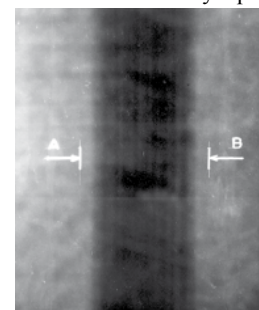
4. Způsoby vyhodnocování radiografického obrazu

Konečnou fází radiografické kontroly a výchozím podkladem pro určení stavu kontrolovaných staveb je vyhodnocení záznamu obrazu (např. radiogramu). Je nutno si přitom uvědomit, že zobrazovací technika v radiografii a radioskopii je založena na principu centrální projekce (známé z deskriptivní geometrie), při níž zdroj záření je totožný se středem prozařování (obr. 9). Je zřejmé, že zobrazovaná nehomogenita, která je obvykle trojrozměrná, se zobrazuje na záznamový prostředek dvojrozměrně. Přitom i tento dvojrozměrný záznam není autentický s rozměry nehomogenity, ale je velikostně zkrácen vlivem zmiňované centrální projekce. Při volbě geometrie prozařování je proto snahou volit co největší vzdálenost zářiče od záznamového prostředku (ohniskovou vzdálenost f) a co nejmenší vzdálenost kontrolovaného objektu od záznamového prostředku. Volba geometrických podmínek snímkování velmi závisí na zkušenosti zkušebních pracovníků, neboť např. při prodlužování ohniskové vzdálenosti, klesá hustota toku energie se čtvercem vzdálenosti a tím se významně prodlužuje doba expozice.

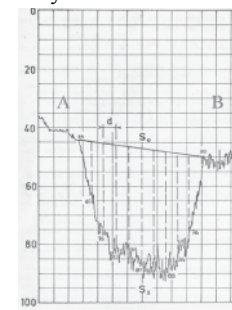


Obr. 9 Centrální průmět nehomogenity na záznamový prostředek

Při dosud nejrozšířenějším způsobu záznamu obrazu na radiografický film, je vzniklý radiogram po svém vyvolání a usušení vyhodnocován na negatoskopu – zdroji světla s regulovaným jasem. Rozeznatelnost zachycených nehomogenit je při tomto způsobu vyhodnocování ovlivněna nejen jakostí radiogramu, ale také podmínkami vyhodnocování, zejména osvětlením snímku, absolutní velikostí pozorovaného pole a adaptací oka. V neposlední řadě však i zkušenostmi pracovníka. Je proto snahou i tento způsob vyhodnocování zobjektivnit. U radiogramů se toho dosahuje tím, že se jednotlivé snímky skenují speciálními scannery a výsledný digitální obraz je ukládán do paměti počítače a následně se může dále zpracovávat. Rozeznatelnost nehomogenit se může uměle zvýšit, pokud se jednotlivým stupňům šedi přiřadí barevná škála. Počítačově lze zvýraznit i kontury nehomogenity. Obdobně jako oskenované radiogramy lze přímo zpracovávat a vyhodnocovat záznamy z polovodičových detektorů a záznamy z paměťových folií.



Obr. 10 Betatronogram předpínací výztuže



Obr. 11 Denzitogram předpínací výztuže

Kromě počítačového zdůraznění kontur nehomogenity, lze z radiografického obrazu za jistých podmínek odečíst i onen „třetí“ rozměr nehomogenity, který se „ztrácí“ při dvojrozměrném zobrazení. Dá se k tomu využít velikost změny zčernání na záznamu obrazu. Pokud známe průběh (funkci) charakteristiky záznamového prostředku (závislost zčernání na obdržené dávce záření), dá se tento „třetí rozměr“ vypočítat.

K ověření tohoto předpokladu byly vybrány a odzkoušeny radiogramy předpínací výztuže, na kterých byly na zvoleném úseku nehomogenity (výztuže) vytvořeny denzitogramy. K

tomu byl využit registrační fotometr, jehož údaje tzv. denzitogramy (obr. 11), jsou v podstatě grafickým znázorněním změn zčernání filmové emulze na radiogramu (obr. 10). Základní podmínkou pro uplatnění zvoleného principu vyhodnocování bylo odvození vztahu mezi plochou skutečné výztuže (pokud se zjišťovalo rozložení výztuže v železobetonové konstrukci nebo konstrukci z předpjatého betonu) a plochou zmenšeného zčernání (resp. zvětšeného zčernání při negativním „překlopení“ radiogramu), zjištěnou z denzitogramu. Vyvinutý přesný postup odvození plochy výztuže z údajů denzitogramu, zhotoveného na zvoleném místě radiogramu je patrný z obr. 11.

Dosažené výsledky byly i po odvození zmíněných vztahů zkracovány účinkem rozptýleného záření, a proto musel být ještě stanoven součinitel pro zohlednění tohoto účinku β . Součinitel závisící na tloušťce prozařovaného materiálu d , ohnis-kové vzdálenosti f , a vzdálenosti výztuže od filmu c , byl odvozen experimentálně a z výsledků byl sestaven matematický vztah pro jeho vyjádření.

Ze zjištěných závislostí byl formulován matematický vztah pro odvození plochy výztuže:

$$F = \beta \times K \times \frac{s}{n} \times \cos \omega \times \sum_0^{n-1} \left(\ln \frac{S_x}{S_0} \right)_n \quad (1)$$

F - odvozená plocha výztuže [cm²]

β - součinitel zahrnující vliv rozptýleného záření [1]

K - vyhodnocovací konstanta [cm]

s - šířka stopy výztuže, odměřená na radiogramu [cm]

n - počet intervalů na denzitogramu [1]

ω - odchylka kazety od roviny kolmé na osu svazku

S_x, S_0 - údaje registračního fotometru G II [1]

S použitím vztahu (1) lze pro různé podmínky snímkování určovat plochu výztuže z přesností závislou na počtu vyhodnocení výztuže z denzitogramu.

Správnost metody byla ověřena statistickým vyhodnocením více než sta snímků. Přitom bylo zjištěno, že chyba měření dosahuje při třech měřeních výztuže 14 %. Její vhodnost byla prokázána také praktickým stanovením množství a rozmístění předpínací výztuže na stavbách.

I když se prokázala správnost postupu této metody, velké množství ovlivňujících činitelů (např. i charakteristika filmu, která se mění podle podmínek jeho zpracování), způsobuje poměrně velký rozptyl ve výsledcích této metody. Lze však předpokládat, že při použití jiných záznamových prostředků nežli radiografického filmu (např. paměťových folií) jako záznamového prostředku, bude možno vycházet z pevně stanovené charakteristické křivky těchto záznamových prostředků a digitalizované výstupy přímo zpracovávat a získávat z nich s velkou pravděpodobností onen „třetí“ rozměr nehomogenity.

5. Závěr

Radiografie má za sebou více než 100 let úspěšného vývoje. Pronikla a proniká do všech oblastí lidské činnosti. Stěžejní oblast jejího využití je však diagnostika v lékařství a defektoskopie ve strojírenství a ostatních technických oborech.

Využívání radiografie ve stavebnictví má svoji nezastupitelnou úlohu. Radiograficky se zjišťují nehomogenity v železobetonových konstrukcích, jedná se především o profil a uložení prutů železové výztuže a rozmístění kabelů a kvalita jejich zainjektování v předpjatých konstrukcích. Radiograficky se dají sledovat procesy vnitřních deformací vybraných stavebních prvků při zatěžovacích zkouškách.

Důležitý je vývoj zdrojů záření. Je snahou docílit co nejvyšší energie, která by umožňovala prozařovat stále větší tloušťky zkoušeného materiálu. V současné době jsou nejvýkonnější mobilní zdroje záření – betatrony - vyráběny na jediném místě na světě na Výzkumném ústavu introskopie Tomské polytechnické university, se kterým má Ústav stavebního zkušebnictví uzavřenou smlouvu o spolupráci v rámci které je sledována prozářitelnost železobetonových konstrukcí.

Vývoj prodělaly i záznamové prostředky. Po dlouhou dobu byl nejrozšířenější záznamový prostředek radiografický film a tato dominance mu ještě po nějakou dobu vydrží. Nově vyvíjené prostředky by měly být úspornější a měly by urychlit proces vyhodnocování. Patří k nim především paměťové folie a polovodičové detektory. U obou těchto prostředků má docházet k přímé digitalizaci obrazu, která umožňuje další zpracování na počítači. Oba tyto systémy mají dosud nedostatky, na jejichž odstranění zainteresované firmy intenzivně pracují. Jejich největší rozšíření je dosud ve zdravotnictví, kde se pro diagnostiku používá nižší energie záření a kde o finanční prostředky není nouze. Vysokoenergetické záření, používané v defektoskopii, nepřináší podle posledních zjištění výrazné snížení dob expozice, jak se dříve předpokládalo. Tyto zobrazovací prostředky se však mohou stát námětem pro výzkum v této oblasti v dalším období.

Ve vyhodnocování výsledků radiografické kontroly má velký význam digitalizace obrazu a následné počítačové zpracování, které dokáže ze stávajících výsledků záznamu vyčíst daleko více informací a údajů. I zde se otvírá široké pole pro výzkum, který by mohl být zaměřen na počítačové vyhodnocení polohy a stavu zainjektování přepínací výztuže v konstrukcích a počítačové vyhodnocení polohy výztuže v konstrukcích ze železobetonu.

Kromě zmíněných výhod má radiografie i nevýhody. Jsou to především požadavky na bezpečnostní opatření, které je nutno při radiografické kontrole dodržovat. Týká se to především radiografické kontroly v terénu, kdy je nutno vždy vytyčovat kontrolované pásmo a je třeba bezpodmínečně zabezpečovat, aby se v době prozařování do ohroženého prostoru nedostala žádná nepovolaná osoba. Např. v obytných budovách, u kterých nelze zajistit jejich vyklizení, je radiografická kontrola zcela vyloučena.

I přes uvedené nedostatky lze konstatovat, že vývoj a možnosti radiografie nebyly dosud ukončeny. Oblast jejího využití se v posledním období rozšiřuje i do dalších odvětví lidské činnosti – např. i do státní správy. Zejména v celnictví (při hledání drog) a v oblasti bezpečnostních složek (při hledání výbušnin) dosahuje radiografie velkého uplatnění.

6. Úvaha nad dalším vývojem NDT metod ve stavebnictví

Radiografie, jejímiž perspektivami jsem se zabýval, tvoří sice významnou, ale jen malou část nedestruktivních metod využívaných ve stavebnictví. Nedestruktivní metody kontroly jsou obecně metody, které využívají různých fyzikálních principů na zjišťování požadovaných parametrů, které z různých důvodů (především z důvodu neporušení celistvosti zkoušeného předmětu), nelze určit přímým měřením (např. pevnost, vlhkost, přítomnost výztuže). Každá defektoskopická metoda má své hranice použitelnosti a neexistuje jediná metoda, která by umožnila stanovit všechny požadované parametry a druhy vad na stavební konstrukci. Mnohé zjišťované parametry (vady) stavebních konstrukcí lze zjišťovat různými metodami, založenými na zcela rozdílných fyzikálních základech (např. vlhkost lze zjišťovat gravimetricky, pomocí mikrovln, radiometricky, vodivostní metodou aj.) Na odbornících pak leží tíha volby a interpretace výsledků, protože jednotlivé výsledky se nemusí shodovat. Je proto snahou jednotlivé zkušební metody vhodně kombinovat, aby byly minimalizovány nepřesnosti, které mohou vzniknout při chybné interpretaci výsledků pouze jedné nedestruktivní metody. Tento vývoj má v naší zemi dlouholetou tradici, neboť již dříve v naší normě ČSN 73 1374 Dvojparametrová nedeštruktivna metóda skúšania betónu byla kombinována metoda Schmidtova tvrdoměru s ultrazvukovou průchodovou metodou na zjišťování pevnosti betonu. Tato norma však byla zrušena. Dalším příkladem může být kontrola rozložení výztuže v železobetonové konstrukci, kdy se běžně radiografická metoda kontroly kombinuje s kontrolou magnetickým indikátorem výztuže. Obě metody mají své výhody a nedostatky. V zahraniční literatuře se často uvádí kombinace georadaru a ultrazvukové odrazové metody na kontrolu přepínací výztuže v konstrukcích z předpjatého betonu a kvalitu zainjektování kanálků. Těchto kombinací se vyskytuje celá řada a závisí na zkušenostech a odborných znalostech pracovníka defektoskopie, jak získané výsledky bude interpretovat.

V současné době jsme svědky rychlé digitalizace výsledků měření, ze kterých, po počítačovém zpracování, se dá získat daleko více údajů, nežli to umožňovalo analogové vyhodnocování. Nové přístroje pro NDT již nelze zhotovovat „na koleně“ (až na výjimky) a malosériová výroba přístrojů a zkušebních zařízení u renomovaných firem je velmi drahá. Je proto nutno vědět kdo jednotlivé přístroje NDT vlastní (např. georadar), jaké jsou jejich parametry a v případě potřeby si tyto přístroje vypůjčit (i s obsluhou). A dále usilovat o opatření si pouze těch zařízení a přístrojů, o kterých víme, že budou využívány a budeme mít pro ně kvalifikovanou obsluhu.

Logická je proto úzká spolupráce mezi jednotlivými ústavy fakulty a to jak teoretickými (pro ověření funkčnosti nových zkušebních metod) tak praktickými, aby bylo zřejmé kam metody nedestruktivního zkušebnictví zaměřit a jaké parametry na konstrukci ověřovat. Nezbytná je i spolupráce s praxí, která též dává podněty jaké nedestruktivní metody kontroly vyvíjet. Právě pracovníci v nedestruktivním zkušebnictví mohou být oním spojovacím článkem při zavádění teoretických poznatků do praxe (např. využití metod akustické emise) a zpětně problémy praxe pomáhají přenášet a řešit teoreticky (zavedení metodiky kontroly délky zabudovaných kotevnic šroubů ultrazvukem aj.). Velmi důležitá je však i spolupráce v úrovni mezinárodní, aby získané poznatky z rychle se rozvíjející techniky ve světě byly co nejdříve zaváděny do stavební praxe.

Tyto všechny problémy by měly být vzaty v úvahu při koncipování výuky studentů a při dalším vzdělávání pracovníků v NDT. Tito pracovníci by měli být totiž špičkovými odborníky ve svém oboru, ale současně by měli mít široký encyklopedický přehled o ostatních metodách kontroly a to nejen ve stavebnictví. Cílem přípravy a vzdělávání je tedy vytvořit v pravém slova smyslu „renesanční“ odborníky, kteří by měli být schopni posoudit v každém konkrétním případě, která zkušební metoda je optimální a aby vhodně interpretovali výsledky měření jednou nebo několika metodami.

Příspěvek vznikl za podpory projektu GAČR 103/06/0891 a Výzkumného záměru MSM 0021630519

VLIV ZOKUJENÍ NA KOROZNÍ ODOLNOST KOROZIVZDORNÝCH OCELÍ VE ZKARBONATOVANÉM A CHLORIDY KONTAMINOVANÉM BETONU

Milan Kouřil, Pavel Novák, Martin Bojko

VŠCHT Praha, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství, Technická 5, Praha 6.
kourilm@vscht.cz, tel. 220443750, fax. +220444400

Abstrakt

Aplikace alternativních kovových materiálů pro výztuže betonu má snížit náklady na odstraňování škod způsobených korozí ve zkarbonatovaném betonu. Alternativní kovo-ové materiály by měly být dostatečně odolné i za podmínek, při nichž je korozní rychlost uhlíkové oceli nepřijatelná. Je proto nutné specifikovat kritické podmínky pro aktivaci p59slu3n7ch typ; korozivzdorných ocelí. Byly zvoleny různé materiály v širokém spektru složení a exponovány v betonu. Byly hodnoceny dva různé stavy povrchu – čistý a zokuzený. Betonové bloky byly nasyceny 3% roztokem Cl-/cem a uměle zkarbonatovány. Byla sledována změna korozního chování během poklesu pH pórového roztoku a byl hodnocen vliv stavu povrchu. Výsledky byly srovnávány s pokusy v modelových pórových roztocích. Hraniční hodnota polarizačního odporu mezi aktivitou a pasivitou je $30 \Omega \cdot m^2$. Ve vysoce komatninovaném betonu zůstává v pasivitě pouze austenitická a dvoufázová ocel s čistým povrchem. Martenzitické a feritické oceli korodují v aktivním stavu. Přítomnost okují výrazně snižuje korozní odolnost ocelí. Nizkolegované oceli jsou v aktivitě dokonce i v nezkarbonatovaném betonu s chloridy. Ve zkarbonatovaném betonu s chloridy byla koroze v aktivním stavu zjištěna i pro austenitickou ocel legovanou molybdenem.

Klíčová slova

Korozivzdorná ocel, karbonatace, chloridy, okuje, stav povrchu

Úvod

Korozivzdorné oceli jsou ekonomickou volbou materiálu pro výztuže betonu v podmínkách, v nichž je očekávána kontaminace betonu chloridy a karbonatace krycí vrstvy betonu během plánované životnosti betonové konstrukce. Volba typu korozivzdorné oceli se řídí podle požadované korozní odolnosti, ceny, zpracovatelnosti a aplikovatelnosti z hlediska mechanických vlastností a svařitelnosti [1]. Požadované vlastnosti specifikuje norma ASTM A955M – 96. S tepelným zpracováním, konečnou povrchovou úpravou a svařováním tyčí souvisí výskyt okují na povrchu oceli. Pod těmito okujemi se vytváří vrstva materiálu, která je ochuzena o chrom. V tenké povrchové vrstvě může koncentrace chromu klesnout i u vysoce legovaných ocelí pod 12 % [2].

Korozivzdorné oceli mají obecně vyšší odolnost ke korozi vyvolané chloridy – mají vyšší průrazový potenciál než uhlíková ocel, tudíž kritický obsah chloridů pro aktivaci oceli je mnohem vyšší [3,4,5]. Je zřejmé, že jejich chování závisí na složení, zejména na obsahu chromu a molybdenu. Odolnosti jednotlivých typů ocelí byla studována v roztocích modelujících prostředí v pórech betonu. Ve zkarbonatovaném betonu s obsahem chloridů pod 0,5% v pórovém roztoku lze použít martenzitickou korozivzdornou ocel AISI 410 (X10Cr13). V alkalickém prostředí nesmí obsah chloridů překročit hodnotu 2 %. Pro koncentrace nad 5% je pro čerstvý i zkarbonatovaný beton vhodná austenitická ocel AISI 304 i AISI 316 i dvoufázová ocel X2CrNiMo23-4. Všechny tyto oceli mají podobnou odolnost k bodové korozi

[1]. Podle očekávané agresivity prostředí by tedy měl být pro výztuž zvolen odpovídající typ oceli. Vzhledem k mechanickým vlastnostem, ceně a koroznímu chování je zajímavou alternativou dvoufázová ocel, např. 1.4462 [1]. Ojedinelý dlouhodobý výzkum odolnosti korozivzdorných ocelí typu AISI 302, 315 a 316 (18-9, 17-10-1,4, 18-12-2) v betonu kontaminovaném chloridy publikuje Cox a kol. Použitý beton byl vysoce permeabilní (w/c 0,6, resp. 0,75). Po 22 letech omývání mořskou vodou byla koncentrace chloridů v hloubce 30 mm (úroveň výztuže) 0,5 až 0,75 % Cl-/cement, přičemž ocel nevykazovala žádné známky napadení. Do jiných vzorků byly chloridy přímo vmíchány až na obsah 3,2 % Cl-/cement, ani v tomto případě nedošlo k aktivaci oceli [1].

Byla publikována také řada výsledků studia korozní odolnosti korozivzdorných ocelí se zoxidovaným povrchem jak v modelových prostředích, tak v reálném betonu [6,7,8,2]. Výsledkem je vždy významný pokles korozní odolnosti zokoušeného materiálu.

Cílem této práce bylo porovnat korozní odolnost různých typů korozivzdorných ocelí za stejných experimentálních podmínek v závislosti na koncentraci chloridů a stavu povrchu (čistý nebo zokoušený) a zhodnotit, do jaké míry je možné se spolehnout na krátkodobé korozní zkoušky v modelovém pórovém roztoku při zjišťování kritické koncentrace chloridů pro aktivaci materiálu. Vzhledem k tomu, že ekonomická výhodnost korozivzdorných ocelí se maximalizuje požadavkem velmi dlouhé životnosti konstrukce, byly pro tuto práci uvažovány podmínky ve zkarbonatovaném betonu.

Experimentální část

Použitá korozivzdorná oceli jsou uvedeny v Tab. 1. Pro expozice v modelovém pórovém roztoku byly oceli broušeny za mokra (P280), odmaštěny ethanolem a usušeny – čistý stav povrchu. Pro zokoušení byly vzorky tepelně zpracovány pro vytvoření souvislých a přílnavých okují. Tepelné zpracování se skládalo z žihání při 1080 °C po dobu 15 min. Za tuto dobu došlo k úplnému prohrátí všech vzorků. V případě austenitických ocelí a dvoufázové oceli byly vzorky ochlazené ve vodě. Martenzitická a feritická ocel volně chladla na vzduchu.

Tab. 1 Chemické složení vzorků korozivzdorných ocelí

materiál (označení)	složení [hm. %]								
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
FeCr12 (M)	0.15	0.48	0.37	0.028	0.017	12.17	0.13	0.08	0.068
FeCr16 (F)	0.07	0.30	0.38	0.026	0.009	16.2	0.17	0.10	0.10
FeCr18Ni10 (A)	0.08	1.40	0.64	0.023	0.020	18.06	10.20	0.16	0.12
FeCr18Ni10Mo2 (AM)	0.07	0.98	0.25	0.025	0.014	17.84	9.86	2.06	0.12
FeCr22Ni6Mo3 (D)	0.016	1.59	0.29	0.022	0.006	21.80	5.92	3.09	0.05

Vliv okují na korozní odolnost korozivzdorných ocelí byl studován v modelových pórových roztocích. Kritická koncentrace chloridů pro aktivaci těch ocelí, které byly samovolně v pasivním stavu, byly určovány v roztocích s přídavkem NaCl až do obsahu chloridů 150 g/l. V tomto případě trvaly expozice většinou 6 dní. Použit byl vodný roztok, který simuluje z hlediska alkality pórový roztok zkarbonatovaného betonu (roztok v rovnováze s CaCO₃ ... pH 8,1). Vzhledem k velmi nízké rozpustnosti CaCO₃ (K_s = 8,7.10⁻⁹ při 25 °C [9]) lze

očekávat velmi nízkou vodivost tohoto roztoku. Hlavní odlišností modelových roztoků od reálné situace v pórovém roztoku v betonu je možnost konvekce a snadné difúze složek elektrolytu. V betonu je konvekce i difúze omezena, což vede k lokální změně koncentrace Cl⁻, rozpustných korozních produktů a pH, zatímco v modelových roztocích jsou gradienty koncentrací snadněji vyrovnávány. V betonu jsou přítomny inertní částice, které prodlužují difúzi dráhu jak pro ionty, tak pro rozpuštěný kyslík. Pro omezení konvekce, migrace i difúze bylo použito modelové prostředí ve formě gelu [10,11], který byl připraven rozpuštěním želatiny v roztoku s různými koncentracemi chloridových iontů. Obsah chloridů se pohyboval v širokém intervalu 0,1 až 150 g/l. Horní mez tohoto intervalu se blíží rozpustnosti NaCl. Modelový pórový roztok ve formě gelu byl připravován tak, že roztok CaCO₃ o příslušné koncentraci chloridových iontů byl ohříván na 60 °C a za intenzivního míchání byla přidána želatina v množství 21 g/l. Po rozpuštění veškerého podílu želatiny byl roztok odpipetován do korozní cely. Do jedné hodiny volného chlazení přechází roztok do formy gelu.

Nejprve byla měřena změna korozního potenciálu a polarizačního odporu, poté následovalo snímání anodických a katodických částí polarizačních křivek a hodnocení vzhledu povrchu po expozici. Lineární polarizace probíhala v intervalu -10 až +10 mV vs. samovolný korozní potenciál rychlostí 0,5 mV/s, zatímco potentiodynamické křivky byly snímány rychlostí 1 mV/s. Korozní cely byla tvořena polypropylenovou trubicí s integrovanou grafitovou protielektrodou a referenční elektrodou z aktivovaného titanu. Vzorek plnil funkci dna cely [12]. Elektrolyt tvořil 30 mm vrstvu nad zkoušeným materiálem. Pro přípravu betonových bloků byly použity vzorky různých materiálů ve formě hladkých tyčí o délce 100 mm. Čisté vzorky byly kovově lesklé ve stavu dodaném od výrobce. Okuje byly připraveny opět žiháním na 1080 °C po dobu 15 minut. Oceli s austenitickou strukturou byly následně zakalené ve vodě. Vzorky martenzitické a feritické oceli chladly na vzduchu. Vnější rozměry betonových bloků byly 230 x 120 x 50 mm (Tab. 2). V každém zkušební tělese byly umístěny čtyři ocelové vzorky. Pokud jednotlivé výztuže byly umístěny ve středu bloku a průměr výztuže se pohyboval od 8 do 12 mm byla krycí vrstva betonu nad výztuží přibližně 20 mm. Jednotlivé vzorky byly fixované do středu forem prostřednictvím šroubu o průměru 5 mm. Po 28 dnech vykazovali zkušební vzorky průměrnou hodnotu pevnosti v tlaku 28,86 MPa. Aby byl zabezpečený rovnoměrný transport stimulatorů koroze k povrchu výztuže, byl u všech betonových bloků po obvodě aplikovaný hydroizolační asfaltový nátěr. Ten zaručoval, že průnik kyslíku a chloridů k povrchu výztuže probíhal jen stranou s největším povrchem.

Tab. 2 Složení betonové směsi

Složky	hmotnost
cement CEM I, 42,5 R	325 kg
Písek frakce 0/4 mm	1180 kg
Drť frakce 4/8 mm	400 kg
Jemně mletý vápenc	60 kg
Záměsová voda	260 l
Celkem	2225 kg.m ³

S cílem stanovit nasákavost betonu byly všechny bloky následně sušené v sušičce při teplotě 105 °C sušené po dobu, než neklesl úbytek hmotnosti na hodnotu menší jak 0,25 % z hmotnosti bloku. Následně byly umístěny do skleněných akvárií a byly zalité vodou do výšky 30 mm od dna. Postupně byla každou hodinu dolévána voda tak, aby po 6 cyklech přesahovala vodní hladina vrchol bloku o 10 mm. Celková doba zalévání teda činila 6 hodin. Bloky byly ponechané v akváriích po dobu, než byly hmotnostní přírůstky menší jak 0,25 % z hmotnosti bloku. Po nasáknutí bloků na konstantní hmotnost následovalo vážení a opětovné sušení v sušičce při teplotě 105 °C. Sušení bylo realizované až do konstantní změny hmotnosti.

Nasycení betonových bloků na danou koncentraci chloridů bylo realizované prostřednictvím nasákávání betonových bloků v roztoku NaCl v plastových boxech. Koncentrace roztoků chloridů byla vypočtena na základě znalosti obsahu cementu v bloku a nasákavosti bloku. Bloky byly namočené v roztoku NaCl do doby, než hmotnostní přírůstek nebyl konstantní.

Poté byly bloky přenesené do plastových boxů nad nasycený roztok síranu zinečnatého, který zajišťoval 90 % relativní vlhkost uvnitř boxu. Za těchto podmínek bylo sledováno korozní chování oceli v betonu před karbonatací.

Betonové bloky s obsahem chloridů 3% Cl-/cem byly podrobeny urychlené karbonataci. Karbonatace probíhá nejrychleji v betonu, jehož vlhkost je v rovnováze s RH 60 %. Z tohoto důvodu byly betonové bloky volně sušeny na vzduchu, až než relativní vlhkost nad bloky neklesla na 60 %. Urychlená karbonatace pak probíhala v ocelové tlakové nádobě. Na karbonataci byly použité betonové bloky s obsahem 3 % Cl-/cement a bloky bez chloridů. Betonové bloky byly umístěny do tlakové nádoby. Evakuovaná tlaková nádoba byla natlakovaná CO₂ na tlak 0,4 MPa. Samotná expozice betonových bloků v tlakové nádobě trvala 115 dní. Po dobu experimentu byl kontrolovaný průběh karbonatace a probíhala elektrochemická měření.

Výsledky a diskuze

Koroze korozivzdorných ocelí s čistým povrchem ve zkarbonatovaném betonu

V modelovém pórovém roztoku zkarbonatovaného betonu se potenciál martenzitické korozivzdorné oceli pohybuje při koncentraci chloridů v pórovém roztoku do 15 g/l v okolí -300 mV/ACLE (Obr. 1). Tato hodnota je pro korozivzdornou ocel FeCr12 hraniční ve smyslu výrazného poklesu samovolného korozního potenciálu. Při vyšších koncentracích (30, 80 a 150 g/l) je jeho hodnota blízká -500 mV/ACLE. V případě feritické korozivzdorné oceli se v modelovém pórovém roztoku samovolný korozní potenciál výrazně snížil pouze u jednoho ze tří paralelních vzorků a to až při koncentraci chloridů 150 g/l. Potenciál poklesl z hodnoty ne nižší než -300 mV na -500 mV/ACLE. Samovolné korozní potenciály ostatních výše legovaných ocelí je při všech koncentracích chloridů vyšší než -300 mV/ACLE a v některých případech převyšuje -100 mV/ACLE. V modelových pórových roztocích je tedy hranice mezi korozí v aktivním a pasivním stavu v okolí -400 mV/ACLE. V případě polarizačního odporu byla v modelovém pórovém roztoku koroze v pasivitě pozorována u vzorků, jejichž polarizační odpor byl vyšší než 30 Ω.m². Stejná hranice byla identifikována i pro uhlíkovou ocel v čerstvém betonu [13]. Nízkolegované korozivzdorné oceli FeCr12

a FeCr17 sice mají polarizační odpory při nízkých koncentracích chloridů nižší než 30 Ω.m² (10 – 20 Ω.m²), ovšem důkladným rozborem závislosti potenciál-proudová hustota, z nichž byl polarizační odpor vyhodnocován, bylo zjištěno, že je to způsobeno nesymetrií křivek, které je z části dána velký rozdílem směrnic dílčí anodické a katodické reakce a jednak kapacitním chováním vzorků v pasivitě během potenciodynamické polarizace [14]. Pokles Rp vlivem aktivace byl u FeCr12 pozorován opět až při koncentraci chloridů v modelovém pórovém roztoku 30 g/l a u FeCr17 při 150 g/l (Obr. 2).

Betonové bloky byly napuštěny roztokem chloridů sodného tak, aby obsah chloridů v bloku byl 3 % z obsahu cementu. Ze znalosti obsahu vody, který byl stanoven z rozdílu hmotnosti bloku s obsahem vody odpovídajícímu rovnováze s 90 % relativní vlhkostí okolní atmosféry a bloku vysušeného do konstantní hmotnosti při 105 °C, byla určena koncentrace chloridů v pórovém roztoku betonu na 70 g Cl-/l. Nejbližší srovnatelnou koncentrací chloridů v modelovém roztoku je tedy 80 g/l.

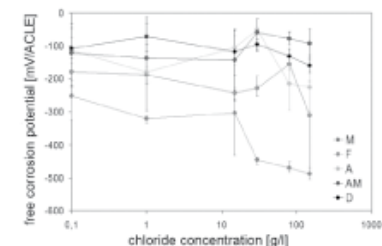
Elektrochemické měření byly realizované vždy na jednom vzorku z daného typu korozivzdorných ocelí. Průběh karbonatace je popsán pomocí druhé časové osy. Samovolný korozní potenciál korozivzdorných ocelí s čistým povrchem ve zkarbonatovaném betonu s obsahem 3 % Cl-/cement je zobrazený na Obr. 5. Jak je z potenciálové závislosti patrné, došlo k rozdělení potenciálu do dvou oblastí. U martenzitické a feritické oceli došlo k prudkému poklesu potenciálu z hodnot v okolí -100 mV až na hodnoty okolo -400 mV/ACLE. Jedná se tedy o podobný pokles potenciálu, jaký byl pozorován u modelových roztoků při překročení kritické koncentrace chloridů pro aktivaci. Přičemž je zřejmé, že pokles potenciálu u chromových korozivzdorných ocelí po zkarbonatování betonu souvisí s dosažením karbonatační fronty k povrchu oceli a tedy s aktivací oceli. Pokud předpokládáme, že koncentrace chloridů v pórovém roztoku betonu je 80 g/l, pak je korozní chování feritické oceli v betonu rozdílné od chování v modelovém pórovém roztoku. Je však také možné, že rozložení chloridů v betonovém bloku není rovnoměrné, což ostatně dokazuje Obr. 7 and Obr. 8. Zdánlivě tak může dojít k aktivaci oceli FeCr17 s čistým povrchem již při koncentraci 70 g chloridů na litr, přitom aktivace může být vyvolána lokálně, v místech, kde je koncentrace chloridů v pórovém roztoku betonu mnohem vyšší.

Polarizační odpor se změnil podobně jako samovolný korozní potenciál po dospění karbonatační fronty k povrchu vzorků oceli FeCr12 a FeCr16 (Obr. 9). Karbonatací tedy došlo k aktivaci obou těchto typů ocelí. Ostatní oceli s čistým povrchem zůstávají i po karbonataci v pasivním stavu. Poměrně nízké hodnoty polarizačního odporu byly stanoveny u dvofázové oceli FeCr22Ni6Mo3. Z analýzy tvaru potenciodynamických křivek, z nichž byl polarizační odpor stanoven, bylo potvrzeno, že polarizační odpor je podhodnocen kvůli výrazné nelinearitě křivky. Podobně jako v modelovém pórovém roztoku se i ve zkarbonatovaném betonu ukazuje, že je-li ocel v pasivním stavu, je její polarizační odpor vyšší než 30 Ω.m². Polarizační odpory oceli FeCr12 a FeCr17 po aktivaci se pohybují od jednotek do 30 Ω.m². Polarizační odpory vzorků, které zůstaly v pasivním stavu jsou výrazně vyšší než v modelovém pórovém roztoku, což lze vysvětlit zdokonalením pasivní vrstvy během daleko delší doby expozice i předchozí expozici v čerstvém betonu.

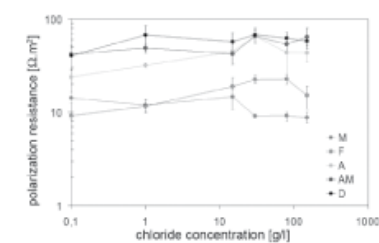
KoroCorrosion of stainless steels with scaled surface in carbonated concrete

Feritická ocel FeCr16 je samovolně lokálně aktivována i při nejnižším obsahu chloridů, stejně jako ocel FeCr12 s martenzitickou strukturou. Potenciálovou hranici -400 mV/ACLE nepřekračuje při žádné koncentraci martenzitická ocel (Obr. 3). Také její polarizační odpor se pohybuje v jednotkách $\Omega \cdot \text{m}^2$ (Obr. 4). Feritická ocel se pohybuje v okolí hodnot -400 mV/ACLE a $20 \Omega \cdot \text{m}^2$. Nízké hodnoty polarizačního odporu byly zjištěny také u oceli FeCr18Ni10, ačkoliv její samovolný korozní potenciál je vyšší než -400 mV/ACLE (tuto hodnotu atakuje až při 150 g Cl- na liter). Ani tuto ocel tedy nelze hodnotit jako dostatečně odolnou ve zkarbonatovaném betonu, pokud jsou na jejím povrchu okuje. Vyšší odolnost má až ocel legovaná molybdenem, která má polarizační odpor téměř $100 \Omega \cdot \text{m}^2$ až do koncentrace chloridů 15 g/l. Pak začíná její polarizační odpor klesat a pod $30 \Omega \cdot \text{m}^2$ se dostává při 80 g/l. Dvoufázová ocel drží svůj samovolný korozní potenciál při všech koncentracích chloridů nad -300 mV/ACLE a polarizační odpor ve vysokých desítkách $\Omega \cdot \text{m}^2$ (Obr. 3 a Obr. 4). Zokoujením vzorků tedy došlo k výraznému poklesu korozní odolnosti korozivzdorných ocelí. Ani austenitická korozivzdorná ocel legovaná molybdenem není zcela odolná při zkarbonatování a zasolení betonu, pokud jsou na jejím povrchu okuje.

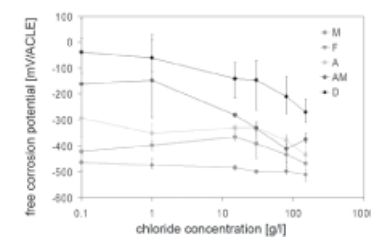
Ze zkoušek v modelovém pórovém roztoku plyne, že ve zkarbonatovaném betonu můžeme očekávat u zokoujených vzorků korozi v aktivním stavu u ocelí FeCr12 a FeCr17 za předpokladu, že koncentrace chloridů v pórovém roztoku je přibližně 80 g/l, jak bylo stanoveno z obsahu vody a chloridů v betonových blocích. Dále lze očekávat přechod do aktivity také u oceli FeCr18Ni10 a pravděpodobně též i FeCr18Ni10Mo2. Hodnoty samovolného korozního potenciálu potvrzují v betonu korozi v aktivitě u chromových ocelí (Obr. 6). U oceli FeCr18Ni10 byl zaznamenán přechod mezi hodnotami kolem -250 mV/ACLE a -70 mV/ACLE před karbonatací. Pak potenciál klesl na -350 mV, ke konci expozice však opět stoupl na -50 mV/ACLE, indicating opakovaný přechod mezi aktivitou a pasivitou. Jak austenitická ocel legovaná molybdenem, tak dvoufázová ocel se zdají být v pasivitě podle hodnot samovolného korozního potenciálu. Polarizační odpor u oceli FeCr18Ni10Mo2 je však po karbonataci velmi nízký (Obr. 10). Také vzhled vzorku po rozbití betonového bloku ukazuje na korozi v aktivitě. Ocelová tyč je napadena poměrně rovnoměrně a korozní produkty jsou nasáknuty do okolního betonu (Obr. 11 a Obr. 12). Kromě toho, Obr. 12 také ukazuje, že téměř celý blok betonu byl zkarbonatován. Austenitická ocel bez molybdenu byla také napadena, ačkoliv její polarizační odpory jsou vyšší (Obr. 13 a Obr. 14). K této korozní aktivitě pravděpodobně došlo v periodě, kdy polarizační odpor oceli FeCr18Ni10 nepřevyšoval $30 \Omega \cdot \text{m}^2$. Je však zřejmé, že kritérium hraniční hodnoty samovolného potenciálu je u zokoujených ocelí ještě méně spolehlivé.



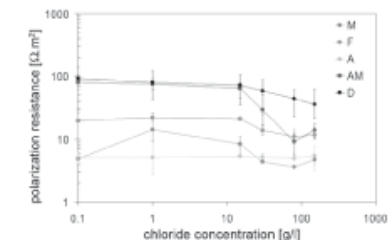
Obr. 1 Samovolný korozní potenciál korozivzdorných ocelí s čistým povrchem v modelovém roztoku zkarbonatovaného betonu s různou koncentrací chloridů



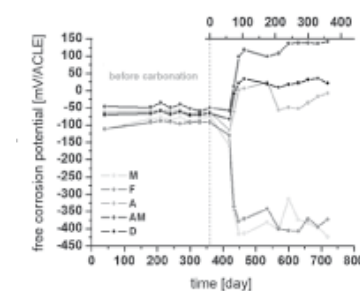
Obr. 2 Polarizační odpor korozivzdorných ocelí s čistým povrchem v modelovém roztoku zkarbonatovaného betonu s různou koncentrací chloridů



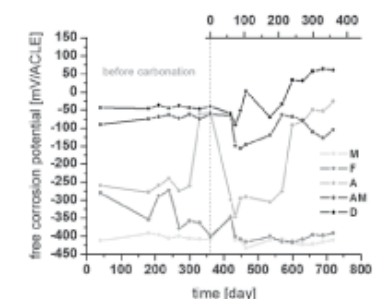
Obr. 3 Samovolný korozní potenciál korozivzdorných ocelí se zokoujeným povrchem v modelovém roztoku zkarbonatovaného betonu s různou koncentrací chloridů



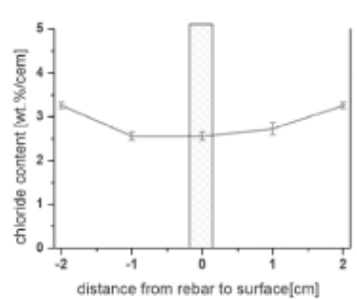
Obr. 4 Polarizační odpor korozivzdorných ocelí se zokoujeným povrchem v modelovém roztoku zkarbonatovaného betonu s různou koncentrací chloridů



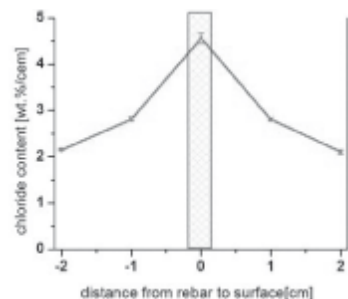
Obr. 5 Samovolný korozní potenciál korozivzdorných ocelí s čistým povrchem ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



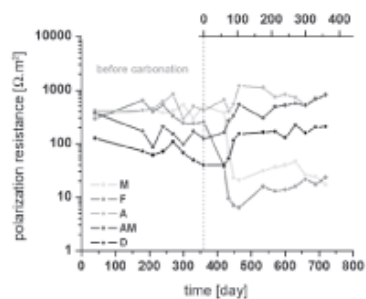
Obr. 6 Samovolný korozní potenciál korozivzdorných ocelí se zokoujeným povrchem ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



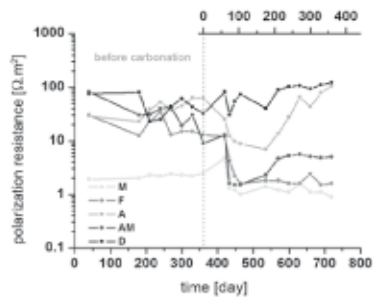
Obr. 7 Koncentrace chloridů napříč betonovým blokem po sušení na 60 % RH



Obr. 8 Koncentrace chloridů napříč betonovým blokem po sušení na 90 % RH



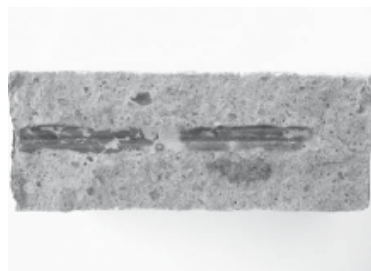
Obr. 9 Polarizační odpor korozivzdorných ocelí s čistým povrchem ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



Obr. 10 Polarizační odpor korozivzdorných ocelí se zokoušeným povrchem ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



Obr. 11 Zokoušená austenitická korozivzdorná ocel legovaná molybdenem po 360 dnech ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



Obr. 12 Nezkarbonatovaný beton (růžový) a korozní produkty zokoušení austenitické korozivzdorné oceli legované molybdenem v betonu se 3 hm.% Cl-/cem



Obr. 13 Austenitická korozivzdorná ocel po 360 dnech ve zkarbonatovaném betonu se 3 hm.% Cl-/cem



Obr. 14 Nezkarbonatovaný beton (růžový) a korozní produkty zokoušení austenitické korozivzdorné oceli v betonu se 3 hm.% Cl-/cem

Závěr

Hlavním zjištěním z těchto výsledků je, že zanechání okují na povrchu korozivzdorných ocelí určených pro vyztužování betonu vede k dramatickému poklesu korozní odolnosti. Chromové korozivzdorné oceli jsou ve zkarbonatovaném betonu použitelné, pouze pokud máme jistotu, že beton nebude kontaminován chloridy. Podobně nízkou odolnost však mají i austenitické korozivzdorné oceli, pokud na jejich povrchu zůstanou okuje po tepelném zpracování nebo svařování. Důležitým poznatkem je, že podobných výsledků, které byly získány dvouletou expozicí ocelových vzorků v betonových blocích, lze dosáhnout během několika dní v modelovém pórovém roztoku, který navíc poskytuje vysokou variabilitu podmínek.

Autoři děkují Grantové agentuře ČR za podporu v rámci projektu 103/02/0282. Výzkum byl také součástí projektu MSM 6046137302.

Literatura

- Nürnberg U.: Stainless steel in concrete, European federation of corrosion publications 18, 1-29, 412, 413 (1996)
- Sedriks A.J.: Corrosion of stainless steels. John Wiley & Sons Inc., New York (1996), p. 163.
- Schütze M. (ed.): Corrosion and environmental degradation, vol. 2, Wiley-VCH, Weinheim 2000, p. 409-413.
- Bertolini L. et al.: Stainless steel behaviour in simulated concrete pore solution. British Corrosion Journal 31, 3, (1996)
- Callaghan B.G.: The use of 3CR12 as reinforcing in concrete, Special report: Corrosion in concrete, Industrial corrosion 11,2, 1-15 (1993)
- Bertolini L. et al: Factors influencing the corrosion resistance of austenitic and duplex stainless steel bars in chloride bearing concrete, Proceedings of ICC 2002, Granada (2002)
- Rosso M. et al: Corrosion behaviour of duplex stainless steels for concrete reinforcement application, Proceedings 5th world conference „Duplex stainless steel 97“, 619-625 (1997)

8. Sørensen B., Jensen P. B., Maahn E.: The corrosion properties of stainless steel reinforcement, *Corrosion of Reinforcement in Concrete* (ed. Page C. L.) SCI Elsevier, London, 601-611 (1990)
9. Küster F.W., Thiel A., Rechentafeln für die Chemische Analytik, Academia, Prag (1988), p. 208
10. Vanbrabant J., Van der Velde N.: An electrochemical corrosion test using a gel matrix as simulation for atmospheric and solid media, Ed. Proc.-Int. Galvanizing Conference 19, 29, 1-13 (2000)
11. Mochizuki N et al.: Electrochemical characteristic of a steel surface in simulated concrete environments, *Corrosion Engineering* 46, 10, 739-750 (1997)
12. Kouřil M. et al.: Threshold chloride content for stainless steel activation in artificial environment simulating concrete pore solution in: Proc. of Eurocorr 2003. Budapest (2003)
13. Novák P., Malá R., Joska L.: Influence of pre-resting on steel corrosion in concrete, *Cement and concrete research* 31, 589-593 (2001)
14. Kouril M., Novak P., Bojko M.: Limitations of the linear polarization method to determine stainless steel corrosion rate in concrete environment, *Cement & Concrete Composites* 28 (3) 220-225 (2006)

KOROZE A PROTIKOROZNÍ OCHRANA VE STAVEBNICTVÍ

Ing. Kateřina Kreislová, Ing. Hana Geiplová
SVÚOM s.r.o., U Měšťanského pivovaru 934, 170 00 Praha 7
Tel. 220 809 996, e-mail: kreislova@svuom.cz
Web: www.svuom.cz

Anotace

Problematika koroze a protikorozní ochrany je ve stavebnictví jednou ze zásadních otázek. Ke korozi materiálů nebo k selhání protikorozních povrchových úprav dochází velmi často z důvodů nedodržení základních principů ochrany proti korozi. Protikorozní ochranu je nutné řešit již ve fázi projektové přípravy a výběru vhodných materiálů resp. jejich povrchových úprav. Konstruktivní řešení může významně ovlivnit volbu protikorozní ochrany a i korozi namáhání stavebního objektu.

1. Úvod

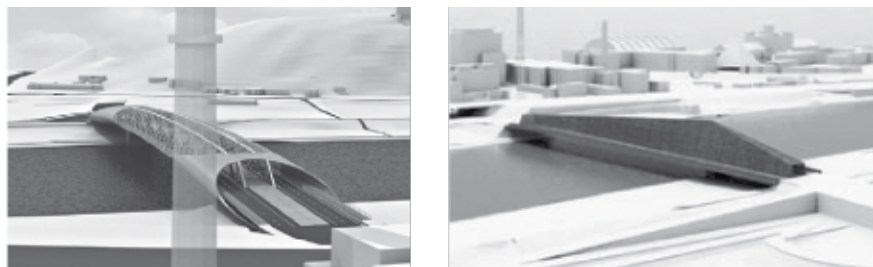
Ve stavebnictví se používá celá řada kovů jak ve formě základních konstrukčních materiálů, tak ve formě povlaků povrchových úprav (např. konstrukční ocel, patinující ocel, zinkový žárový povlak, metalizované povlaky, hliník, měď, slitiny kovů, apod.). Také rozsah kovových stavebních dílů a prvků je velmi široký od nosných konstrukcí a kotvicích prvků, přes střešní a obkladové materiály až po drobný spojovací materiál. Problematika koroze a protikorozní ochrany je tedy ve stavebnictví jednou ze zásadních otázek.

Mimo technická hlediska ochrany proti korozi je nutné při návrhu protikorozních opatření brát ohled i na další činitele. Z nich nejdůležitější je ekonomická efektivnost navrhované ochrany, která nesmí zahrnovat pouze investiční náklady na konstrukční materiál a jeho protikorozní ochranu včetně nákladů na její přípravu, ale i náklady na údržbu a případnou obnovu protikorozní ochrany po dobu předpokládané životnosti objektu [1]. V mnoha případech se volí nejméně nákladné řešení, které vychází pouze z investičních nákladů. Také proveditelnost údržby/obnovy protikorozní ochrany není v projektové fázi dostatečně vyhodnocena. Jako příklady lze uvést specifikace architektonických návrhů na řešení Trojského mostu, kde jsou uvedena řešení včetně detailně technického provedení, ale protikorozní ochrana je definována pouze okrajově a v některých případech zcela nedostatečně – citace z Přílohy časopisu *Konstrukce* [2]:

a) Nosnou konstrukci mostu tvoří kombinace tří prvků: dvě ocelové (žárově zinkované) příhradové konstrukce, železobetonové skořepinové konstrukce na začátku a na konci mostu, systém šroubovic z ocelových (žárově zinkovaných) trubek o průměru 0,5 m, vytvářejících válcovou plochu s eliptickým příčným řezem. Ocelová konstrukce je chráněna kvalitním nátěrovým systémem s minimálně třicetiletou trvanlivostí.

b) Hlavní nosný prvek konstrukce mostu je dutý prostorově tvarovaný nosník. Konstrukce mostu je navržena z ocelového plechu bez dalších konstrukčních prvků. Náběhový nosník je tvořen dvojicí trapézových plechů spřažených k sobě přírubami vylehčovacích otvorů. Povrchová úprava ocelových prvků – vzhledem k bezúdržbovosti z patinované oceli atomfix! (správně Atmofix).

c) Lávky – ocel třídy S355. Nátěr světle šedá RAL 9006.



Obrázek 1 – Příklady vizualizace architektonických návrhů

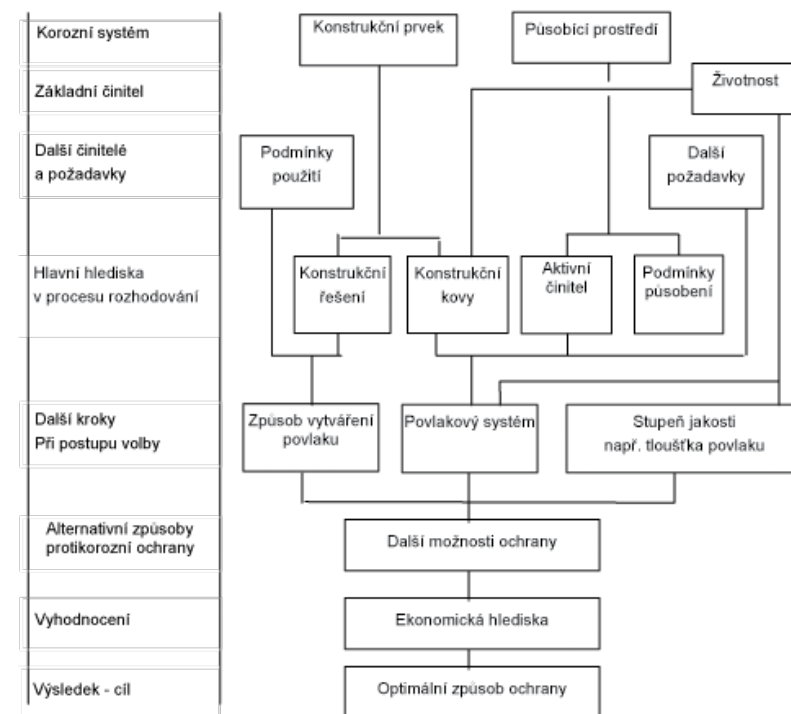
Pro optimální volbu protikorozní ochrany je důležité správné zadání projektu se všemi požadavky, které na dílo budou kladeny. Výše uvedené příklady jsou z hlediska návrhu protikorozní ochrany zcela nedostatečné.

2. Volba konstrukčního materiálu a povrchové úpravy

Zásadně je nutné řešit problematiku koroze a protikorozní ochrany již ve fázi projektové přípravy a výběru vhodných materiálů resp. jejich povrchových úprav. Pro tuto volbu je potřebné kromě řady dalších hledisek zvážit i korozní agresivitu lokality a předpokládanou životnost stavebního objektu. Jedním z podkladů pro toto rozhodování může být norma ČSN ISO 11303 Směrnice pro volbu způsobů ochrany proti atmosférické korozi. Volba vhodného způsobu protikorozní ochrany se skládá z více kroků, respektujících charakteristiky stavebního díla, jeho požadovanou provozní životnost a další požadavky spojené s jeho využitím - korozní prostředí a další činitele mimo vlastní korozní systém, např. mechanické namáhání, cenu (náklady). Návaznosti při postupu volby jsou znázorněny na Obrázku 2.

Ve spolupráci řady odborníků TNK 32 byl k této normě vydán komentář Základní pravidla pro návrh protikorozní ochrany stavebních konstrukcí, který má poskytnout odborným uživatelům, tj. projektantům, investorům, výrobcům a poskytovatelům služeb v oblasti povrchových úprav vodítko a základní informace o technických normách a jejich vzájemné provázanosti při navrhování protikorozní ochrany ocelových konstrukcí.

Pro jednotlivé konstrukční materiály a stavební objekty je řada doporučení o vhodnosti materiálu nebo jeho povrchových úprav uvedena v normách ČSN P ENV 1993 Navrhování ocelových konstrukcí, ČSN EN 1090-6 Provádění ocelových konstrukcí nebo ČSN EN 1999 Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí, atd. Účinky zhoršení vlastností materiálu, koroze nebo únavy se musí uvážit při výběru vhodného materiálu (ČSN EN 1993-1-4, ČSN EN 1993-1-10) a konstrukčního řešení (ČSN EN 1993-1-9) nebo řešit konstrukční rezervou a volbou vhodného systému protikorozní ochrany. Základní požadavky na protikorozní ochranu jsou uvedeny v ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Části konstrukcí, které jsou vystaveny koroznímu namáhání a které nejsou po montáži přístupné, musí být opatřeny takovou protikorozní ochranou, která bude účinná po celkovou dobu životnosti konstrukce. Pokud tohoto požadavku nelze dosáhnout volbou protikorozní ochrany, musí být volena jiná řešení a opatření, např. tyto části musí být konstrukčně řešeny tak, aby byly vyměnitelné nebo z korozně odolných materiálů, specifikací korozních předávků.



Obrázek 2 - Postup při volbě protikorozní ochrany

V praxi se lze stále setkat s nevhodnou volbou materiálu, resp. povrchové úpravy. Jako příklad lze uvést konstrukci a obložení schodiště v plaveckém bazénu, které bylo provedeno z korozivzdorné oceli 316 a po 14 měsících provozu v prostředí s vysokou relativní vlhkostí, vyšší teplotu, postřikem vody s obsahem chlorovaných sloučenin byla zjištěna intenzivní důlková koroze tohoto materiálu. Kromě konstrukcí z korozivzdorné oceli byly v tomto prostředí umístěny i díly s povlakem žárového zinku, které také vykazovaly intenzivní korozi zinkového povlaku.

Dalším častým případem je, že není dostatečně posouzen vliv provozu průmyslových závodů na bezprostřední okolí stavebního objektu, tzv. mikroklima [3]:

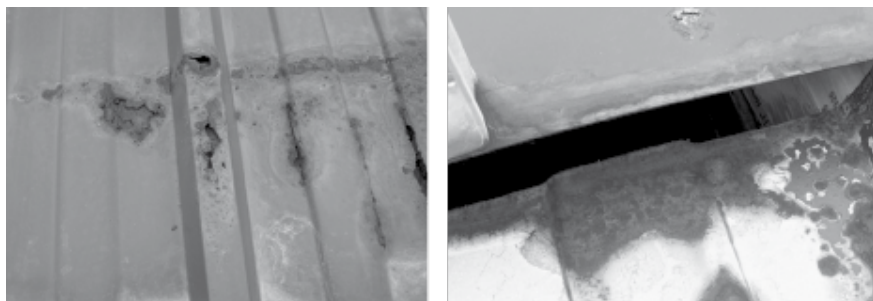
Na objektu čistírny odpadních vod (ČOV) byly provedeny klempířské prvky (střešní žlaby, dešťové svody, oplechování parapetů oken) z měděného plechu o tloušťce 0,6 mm. Po 6 letech bylo korozní napadení těchto prvků v takovém rozsahu, že materiál již nebyl soudržný. Intenzita a rozsah korozního napadení (Obrázek 3) ukazuje, že korozní rychlost v daném mikroklimatu je extrémně vysoká. Provoz čistírny odpadních vod je prostředí s vysokou vlhkostí a je zdrojem řady znečištění jak ze zpracovávaných odpadních vod (např. H₂S, NH₃), tak ze zásobních nádrží chemikálií pro úpravu odpadních vod. Korozní agresivita mikroklimatu ČOV může být i na stupni C5, přestože lokalita je hodnocena stupněm C3.



Obrázek 3 – Korozní napadení měděných parapetů na objektu ČOV

Po cca 2 letech došlo k prokorodování střešních panelů z předlakovaných plechů – ocelové jádro + 25 µm zinkového povlaku + 25 µm polyesterového povlaku (Obrázek 4). Korozní agresivita v regionu je na stupni C3. Korozní agresivita mikroklimatu v okolí střechy cihelny je ovlivněna znečištěním z vypalování cihlářských střepeň, kdy se uvolňují sloučeniny fluoru (HF, SiF₄, F⁻) i sloučeniny síry (SO₂, výjimečně H₂S). Vliv sloučenin fluoru na degradaci povrchové úpravy předlakovaných plechů byl prokázán analýzou korozních produktů i úsad na povrchu inertních materiálů. HF je velmi silnou kyselinou s malou velikostí molekuly, která snadno proniká přes póry a trhlinky v nátěrovém filmu a přes tenkou vrstvu nátěrového filmu 25 µm k zinkovému povlaku a způsobuje jeho rychlou korozi. Po odkorodování zinkového povlaku následovalo rychlé korozní napadení podkladové oceli.

Poměrně podrobný návod, které údaje a informace jsou nutné pro navržení správné protikorozní ochrany ocelových konstrukcí především nátěrovými povlaky, je uveden v normě ČSN EN ISO 12944-8 Nátěrové hmoty - Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy - Část 8: Zpracování specifikací pro nové a údržbové nátěry. Doporučení se vztahují k novým a údržbovým nátěrům prováděným dílensky nebo přímo v terénu a jsou také využitelná pro protikorozní ochranu jednotlivých dílů.



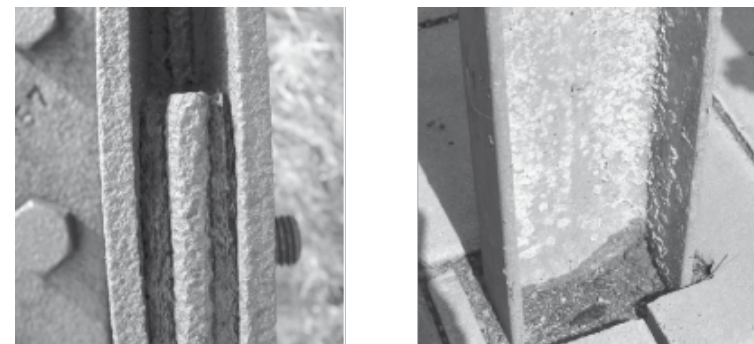
Obrázek 4 – Degradace střešního panelu

3. Konstrukční řešení stavebních objektů

3.1 Vliv konstrukčního řešení na korozi

Výše uvedené příklady zvýšení korozního namáhání ve specifických mikroklimatech zahrnovaly celé objekty, ale u rozměrných objektů nebo konstrukcí může nastat situace, že pouze část objektu/konstrukce bude vystavena vyššímu koroznímu namáhání. Příčiny

mohou být různé – od konstrukčního řešení, styk s jinými stavebními materiály až po orientaci ke světovým stranám a umístění stavby v terénu. Přesto se tato i relativně malá část konstrukce může stát kritickým místem pro provozuschopnost a životnost objektu. Často se jedná o spoje nebo kotvení konstrukcí (Obrázek 5).



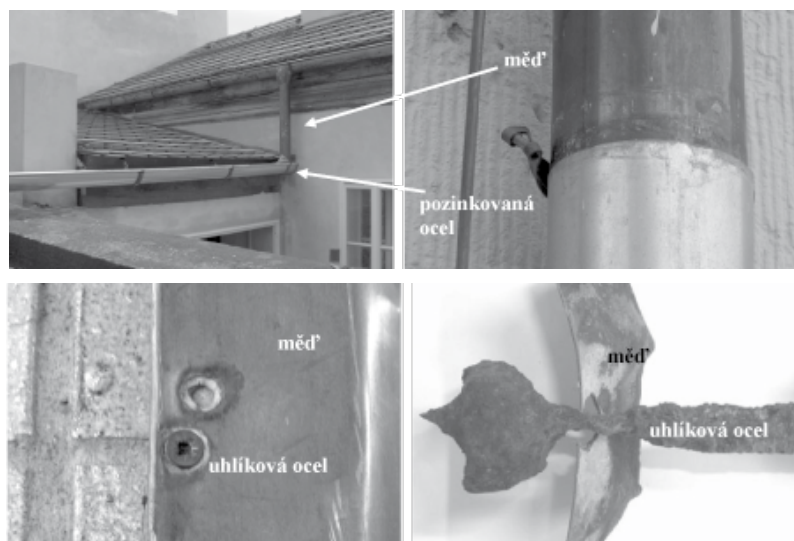
Obrázek 5 – Příklady spárové koroze a koroze v místě kotvení

Tvar konstrukčního řešení může ovlivňovat vznik korozního napadení. Konstrukce, tvary konstrukčních prvků, způsob jejich spojování, způsob výroby, montáže a všechny následné operace musí být navržena tak, aby byla vyloučena místa, kde by mohlo dojít k nežádoucímu intenzivnímu vzniku korozního napadení. Musí být vyloučeno uspořádání konstrukce, na kterém může docházet k zadržování vody a spojení s cizími materiály, které mohou vyvolat zvýšení korozního namáhání. Při návrhu konstrukce musí být také zvažováno působení odváděné vody. Několik příkladů nevhodného konstrukčního řešení, které vede ke zvýšení korozního namáhání určitých ploch konstrukcí je uvedeno na Obrázku 6.



Obrázek 6 – Nevhodné řešení konstrukce – odvod srážek, zádrž vody, zatékání

K důležitým otázkám volby kovových konstrukčních materiálů patří volba spojení různých kovů. Spojení dvou rozdílných kovů může vyvolat bimetalickou (kontaktní, galvanickou) korozi. Nebezpečí vzniku kontaktní koroze se zvyšuje se znečištěním atmosféry a s dobou ovlhčení povrchu. Kombinace různých kovů se může uplatnit i v případě stékání povrchového elektrolytu z povrchu barevných kovů na méně ušlechtilé kovy, kde vyloučená stopová množství kovu vyvolají kontaktní korozní napadení. Na řadě objektů lze nalézt nevhodné spojení měď - pozinkovaná ocel, především u klempířských konstrukcí nebo spojovacích prvků (Obrázek 7). Norma ČSN 73 3610 Navrhování klempířských konstrukcí stanovuje zásady pro volbu, navrhování a použití klempířských prvků a konstrukcí z plechů hliníkových, zinkem legovaných titanem, mědi, oceli s různými povlaky včetně nákresů všech detailů. Normou uvažovaná přechodová páska není dostačujícím opatřením. Nevhodná aplikace tmelů, spojování plechů tmelem nebo nedostatečná aplikace lepidel mohou způsobit zatékání srážkové nebo zkondenzované vody pod parapety, olemování, opláštění, apod.. V tomto prostoru dochází k intenzivní korozi, která se obvykle projeví až při perforaci materiálu.



Obrázek 7 – Příklady nevhodného spojení kovů

Velmi často dochází ke vzniku korozního poškození vnitřních vodovodních rozvodů provedených z pozinkovaných trubek. Při místním šetřením pak vyjde najevo, že výměník je konstruován z měděných teplosměnných trubek. V žádném technickém materiálu výrobce/dodavatele výměníku se neuvádí informace o nevhodnosti spojení těchto materiálů.

Místní povrchová kontaminace může výrazně místně zvýšit rychlost koroze kovů. U řady staveb přichází materiály a/nebo povrchové úpravy ocelových konstrukcí do styku s dalšími materiály: stavební hmoty, dřevo, izolace, lepenky, apod.. Stavební hmoty v tuhé fázi nezpůsobují korozi kovů, ale v případě, že jsou jednotlivé složky stavebních hmot rozpuštěné, působí řada z nich agresivně na kovy. Při hydrataci stavebních hmot se uvolňuje různé množství hydroxidu vápenatého, který reaguje silně alkalicky a vyvolává intenzivní

korozí zinku a hliníku. Rychlosti koroze zinku a hliníku jsou významně závislé na pH prostředí, které je u betonů a omítek silně alkalické.

3.2 Vliv konstrukčního řešení na volbu povrchové úpravy

U stavebních objektů s dlouhodobou plánovanou životností (50 až 100 let) žádná povrchová úprava nedosahuje této životnosti a je nutné provádět její údržbu nebo obnovu. Proto musí být díly konstrukce objektu navrženy tak, aby byly dostupné a bezpečně dosažitelné pro aplikaci protikorozní ochrany, inspekci a údržbu. Již ve stádiu projektování je nutné uvažovat o pomocných konstrukcích pro zabezpečení provádění údržbových prací. Zvláštní pozornost je nutné věnovat zajištění přístupových otvorů. Otvory musí být dostatečně velké a bezpečně přístupné pro pracovníky a pro nutné technické vybavení pro provádění všech prací spojených s protikorozní ochranou. Při provádění prací v uzavřených prostorech je nutné zajistit dostatečné otvory pro ventilaci a větrání.

Konstrukční řešení může významně ovlivnit volbu protikorozní ochrany:

- Žárové stříkané povlaky lze nanášet pouze na povrchy s tloušťkou stěny min. 3 mm (s výjimkou některých tvarově zpevněných profilů). Na povrchu nesmí být ostré hrany, přelátované spoje s jednostrannými svary a nýtované spoje s neutěsněnými obvody hlavy nýtů. Svary musí být průběžné nebo celoobvodové, provedené na tupo a zabroušené; svařování nametalizovaných dílů je prakticky nemožné (pouze díly s hliníkovými povlaky 60 – 80 μm v ochranné atmosféře). Pro dosažení přilnavosti stříkaných povlaků je nutný kotvicí profil cca 75 – 100 μm, tzn. povrch musí být otryskán na požadovanou drsnost.

- Nanášení žárových povlaků ponorem je omezeno na méně rozměrné konstrukce nebo konstrukční díly. V mnoha případech jsou zinkovány velmi rozměrné a hmotné díly, což se výrazně projevuje na snížení kvality pozinkování (Obrázek 8) [4, 5]. Doporučuje se projednat předem se zinkovnou zejména složení oceli, tvar výrobků a rozměry, provádění eventuálních dalších povrchových úprav, kontrolní operace a možnosti oprav. Složení oceli (obsah křemíku a fosforu) ovlivňuje reakci oceli se zinkem a vzhled (souvislý šedý povlak bez zinkového květu) a tloušťku povlaku (silnější povlaky). Doporučená konstrukční řešení s ohledem na žárové pokovení ponorem jsou uvedena v ČSN EN ISO 14713 Ochrana železných a ocelových konstrukcí proti korozi - Povlaky zinku a hliníku - Směrnice. Zinkování zcela uzavřených dutých těles je nepřijatelné.

Již při konstrukčním řešení musí být vyloučen vliv ostrých hran na protikorozní ochranu. Důvodem je získání rovnoměrného povlaku o dostatečné tloušťce. Hrany musí být zaoblené a již z výroby musí být odstraněny všechny otřepty po vrtání děr a podél řezných hran.

Důležitá je také kvalita provedených svarových spojů [6]. Ty musí být prosté všech nerovností, pórů, kráterů, rozstříku a pod., které mohou být příčinou nedokonalého provedení následných protikorozních kroků. Velké množství svarů v kombinaci s velkými rozměry mnoha příhradových konstrukcí může omezit volbu povrchové úpravy. Vyjma žárového zinkování ponorem musí být všechny duté průřezy utěsněny, pokud není v projektové specifikaci stanoveno jinak. Norma ČSN P ENV 1090-4 Provedení ocelových konstrukcí - Část 4: Doplnující pravidla pro konstrukce z dutých průřezů uvádí specifikaci svarů a svarových ploch, které jsou u těchto typů konstrukcí četnější. Norma ČSN EN ISO 8501-3 Přípra-

va ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu – Část 3: Stupně přípravy svarů, hran a dalších ploch s povrchovými nedokonalostmi se zabývá nedokonalostmi povrchu na svarech, hranách a ocelovém povrchu obecně při povrchových úpravách nátěrovými systémy. Norma specifikuje tři stupně přípravy ocelových povrchů s viditelnými nedokonalostmi vhodné pro nanesení nátěru a dalších produktů s ohledem na korozní agresivitu prostředí.



Obrázek 8 – Rozměrné a složité konstrukce nevhodné pro žárové zinkování ponorem

Závěr

Protikorozní ochranu tvoří celý soubor technologických opatření od výběru a volby základních konstrukčních materiálů až po povrchové úpravy odolné klimatickým a korozním vlivům. Při navrhování i provádění staveb je nutná spolupráce stavebních odborníků s odborníky na protikorozní ochranu. K selhání protikorozní ochrany a tím ke snížení spolehlivosti a životnosti stavebních objektů dochází v první řadě z důvodů nerespektování obecně platných zákonitostí o korozním chování materiálů, nedodržením technologických postupů a kontroly kvality práce při provádění protikorozní ochrany. Technické normy jsou dobrým nástrojem pro zajištění kvality povrchových úprav a při dodržení jejich doporučení lze dosáhnout plánované životnosti při provádění protikorozní ochrany.

V příspěvku jsou shrnuty příklady nejčastěji se vyskytujících porušení zásad protikorozní ochrany ocelových konstrukcí a dalších stavebních objektů, které lze ovlivnit v pro-

jektové fázi (návrh materiálu, konstrukční řešení). Další významnou oblastí je pak kontrola kvality provedených konstrukcí nebo povrchových úprav jak z hlediska použitých materiálů tak technologických postupů. Těmto otázkám je věnován další příspěvek SVÚOM s.r.o.

Příspěvek byl zpracován v rámci VZ MŠMT 2579478701.

Literatura

1. Kalousková H., Kreislová K., Ekonomická a ekologická hlediska volby protikorozní ochrany, sborník XI. konference žárového zinkování, 10.-12.10.2005, Nové Město na Moravě
2. Architektonické návrhy nového Trojského mostu, speciální příloha časopisu Silnice Železnice 1/2007
3. D. Knotková, K. Kreislová, I. Skořepová, Korozní agresivita atmosféry jako podklad pro odvození životnosti konstrukčních materiálů a povrchových úprav, X. konference OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ 2008, 29. – 30. 4. 2008 Státní léčebné lázně Karlova Studánka
4. Kreislová K., Kalousková H., Hodnocení žárových zinkových povlaků na různých stavebních objektech, sborník IX. Konference žárového zinkování, 6.-7.10. 2003, Rožnov pod Radhoštěm
5. Kreislova K., Kalouskova H., Benesova J., Service life of hot dip galvanized steel construction, CORROSION 2005, International Conference: Science & Economy – New Challenges, the 8th Polish Conference, Warsaw, 8-10 June 2005
6. Geiplová H., Kreislová K., Benešová J., Svařované konstrukce, vady povrchových úprav; Technický magazín svařování, dělení spojování materiálu, 2/2007, str.35-37

POROVNÁNÍ STATICKÝCH A DYNAMICKÝCH MODULŮ PRUŽNOSTI BETONU

Ing. Petr Cikrle, Ph.D.

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

Anotace

Pro stanovení modulu pružnosti betonu existuje celá řada metod, z nichž čtyři jsou podrobně popsány ve stávajících českých normách. Jedná se o dvě metody dynamické (ultrazvukovou a rezonanční) a dvě metody statické – ze zatěžování tlakem a ohybem. V příspěvku jsou kromě stručné charakteristiky jednotlivých metod shrnuty rovněž zkušenosti s uvedenými metodami, rozebrány jejich úskalí a možné zdroje nepřesností. Dále je zde uveden příklad vzájemných vztahů mezi výsledky těchto rozdílných zkoušek, zejména součinitele přepočtu dynamických modulů na statické.

1. Úvod

Modul pružnosti je významná charakteristika vyjadřující deformační vlastnosti betonu. V poslední době se dostává do popředí zájmu, neboť jeho hodnoty často neodpovídají teoretickým předpokladům, např. průměrným hodnotám uvedeným v normách. Důvody tohoto nesouladu můžeme hledat v souvislosti s novými druhy betonu a technologií výroby (samozhutnitelné, vysokopevnostní apod.) a rovněž v masivní aplikaci stavební chemie. U současných betonů je modul pružnosti často nižší, než by měl pro danou třídu betonu být, a proto je návrhu betonu z hlediska modulu pružnosti a zkoušení modulu pružnosti věnována stále větší pozornost. Metod pro stanovení modulu je řada, v příspěvku jsou rozebrány čtyři normalizované metody – dvě dynamické a dvě statické.

2. Metody stanovení modulu pružnosti betonu

2.1 Dynamický modul pružnosti z ultrazvukového měření

Pro zjištění dynamického modulu pružnosti se používá ultrazvuková impulsová průchodová metoda. Metoda popsaná v ČSN 73 1371 [1] je založena na opakovaném vysílání UZ impulsů do zkoušeného materiálu a zjištění doby průchodu UZ impulsu. Z naměřeného času a délky základny pak vypočteme impulsovou rychlost. Hodnotu dynamického modulu pružnosti v tlaku a tahu E_{bu} v Pa určíme ze vzorce

$$E_{bu} = \rho v_L^2 \frac{1}{k^2} \quad (1)$$

ρ je objemová hmotnost materiálu, v kg.m⁻³;
 v_L je rychlost šíření ultrazvukového impulsu, v m.s⁻¹;
 k je koeficient rozměrnosti prostředí, bez rozměru.

Z uvedeného vztahu vyplývá, že stanovení dynamického modulu pružnosti z ultrazvukového měření je poměrně snadné, neboť stačí zjistit objemovou hmotnost betonu a změřit dobu průchodu ultrazvuku po známé dráze. Metoda je použitelná na libovolném betonovém zkušebním tělese s délkou od 100 mm, pouze je zapotřebí zvolit takovou frekvenci budiče,

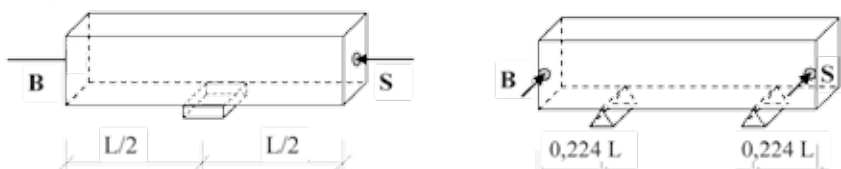
abychom se pohybovali ve známém, většinou trojrozměrném prostředí. Např. při rychlosti šíření ultrazvuku 4000 m/s a příčných rozměrech tělesa 100 mm musí být frekvence sond alespoň 80 kHz. Pokud se měření odehrává v jednoznačně trojrozměrném prostředí, lze do výpočtu dosadit koeficient k_3 , který však závisí na dynamickém Poissonově poměru ν_{bu} . Ten lze stanovit buď z poměru rychlosti příčné a podélné vlny, což však většina přístrojů neumožňuje, anebo lze podle [1] uvažovat pro běžný beton $\nu_{bu} = 0,24$, čímž se však dopouštíme nepřesnosti ve výpočtu dynamického modulu pružnosti v rozmezí až $\pm 10\%$.

Poznámka: Pro ultrazvuková měření na betonu vyšla v roce 2005 nová norma ČSN EN 12504-4 [2], avšak zde není stanovení modulu pružnosti vůbec uvedeno.

2.2 Dynamický modul pružnosti z rezonančního měření

Každý předmět z tuhého materiálu se po mechanickém impulsu rozkmitá. Jako rezonanci (vlastní kmitočet) označujeme jev vzrůstu amplitudy vynucených kmitů zkoušeného tělesa na maximum, ke kterému dochází v případě, kdy kmitočet vnější budící síly je shodný s vlastním (rezonančním) kmitočtem tělesa.

Hodnotu dynamického modulu pružnosti v tahu a tlaku E_{br} v MPa lze podle ČSN 73 1372 [3] stanovit dvěma způsoby: z rezonančních frekvencí kmitání podélného (E_{brL}) a příčného (E_{brf}) – viz obr. 1.



Obr. 1 Způsob podepření hranolů, umístění budiče „B“ a snímače „S“ při měření prvního vlastního kmitočtu f_L podélného a prvního vlastního kmitočtu f_f příčného kmitání

Z podélného kmitání

$$E_{brL} = 4 \cdot L^2 \cdot f_L^2 \cdot \rho \quad (2)$$

Z příčného kmitání

$$E_{brf} = 0,0789 \cdot c_1 \cdot L^4 \cdot f_f^2 \cdot \rho \cdot \frac{1}{i} \quad (3)$$

- f_L, f_f jsou naměřené vlastní frekvence podélného (příčného) kmitání v kHz;
 L je délka vzorku v m;
 ρ je objemová hmotnost betonu, v $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
 c_1 je korekční součinitel;
 i je poloměr setrvačnosti průřezu.

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.

Rezonanční metoda má proti ultrazvukové jednu velkou výhodu – zkušební těleso totiž nutíme aktivně kmitat, takže o sobě prozradí více, než při pasivním průchodu ultrazvukové vlnění. Mezi nevýhody patří:

- Metoda je využitelná pouze v laboratoři (ultrazvuk lze úspěšně použít přímo in situ);
- Ne všechna tělesa jsou vhodná – pro úspěšné měření potřebujeme dlouhé hranoly a dlouhé válce (délka alespoň 2 krát větší než příčný rozměr);
- U nehomogenních těles bývá často rezonanční frekvence zdvojená (dva vrcholy blízko sebe);
- Určité rezonanční frekvence či jejich násobky se mohou překrývat;
- Složitější měření a vyhodnocování, které klade vysoké nároky na kvalifikaci obsluhy.

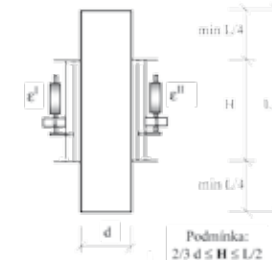
2.3 Statický modul pružnosti v tlaku

Statický modul pružnosti v tlaku se podle ČSN ISO 6784 [4] zjišťuje z deformací, které nastávají při známém zatížení.

Statický modul pružnosti v tlaku E_c v MPa se vypočte ze vzorce:

$$E_c = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{c_a - c_b}{\Delta \epsilon} \quad (4)$$

- σ_a je horní zatěžovací napětí v MPa;
 σ_b je základní zatěžovací napětí v MPa;
 $\Delta \epsilon$ je průměrná změna poměrného přetvoření mezi horním a základním napětím.



Obr. 2 Uspořádání zkoušky statického modulu pružnosti v tlaku na hranolu

Zkouška má několik sporných bodů, které by se daly rozdělit do čtyř oblastí: Vliv rozměrů těles, vliv snímání deformací, proces centrování a způsob stanovení horního napětí.

Zkušebními tělesy mohou být hranoly nebo válce se štíhlostí L/d v rozmezí 2 až 4. Tato podmínka zohledňuje rozměry základních hranolů a válců. Je zřejmé, že při různém štíhlostním poměru se bude hodnota modulu pružnosti lišit, což však norma neřeší.

Snímače deformací musí být umístěny minimálně na dvou protilehlých stranách a jejich délka musí odpovídat podmínce dle obr. 2. Jelikož hodnoty deformací se pohybují v řádu několika desítek mikrometrů, přesnost měření by měla být alespoň 5×10^{-6} . Např. při délce základny 200 mm by minimální přesnost (nikoliv citlivost!) měření měla být 0,001 mm, při délce základny 100 mm dokonce 0,0005 mm. Běžné digitální či mechanické úchylkoměry tuto podmínku zjevně nesplňují. Dalším problémem je způsob uchycení snímačů na vzorek – zkušební zařízení by se mělo kalibrovat vcelku, nestačí samostatná kalibrace snímačů.

Při zkoušce se nejdříve kontroluje centricita umístění zkušební tělesa v lisu. Snímače mají být minimálně na dvou protilehlých stranách a jednotlivé hodnoty naměřených deformací se nesmí lišit o více než 20% od společného průměru, čímž se připouští poměrně velká excentricita působící síly. Lepší by bylo měřit všechny čtyři strany u hranolu (nebo alespoň tři strany u válce) a připustit maximální odchylku $\pm 10\%$ od společného průměru.

Úroveň horního zatížení se volí jako 1/3 pevnosti v tlaku srovnávacích těles. Při návrhu konstrukcí se však nepočítá s konkrétní hodnotou pevnosti v tlaku, ale s pevností odvozenou z deklarované pevnostní třídy, takže i pro volbu horního napětí by bylo možná vhodné vycházet z charakteristické pevnosti betonu dané pevnostní třídy.

2.4 Stanovení modulu pružnosti betonu ze zkoušky v tahu ohybem

Hodnoty modulu pružnosti se dle ČSN 73 6174 [5] získají výpočtem z naměřených průhybů trámce, zatěžovaného dvěma břemeny ve třetinách rozpětí. Zatěžuje se po stupních silami F_1 až F_n , které vyvozují napětí zvyšující se po 10% z předpokládané pevnosti v tahu ohybem. Po každém přitížení se zatížení opět sníží na F_1 . Pro každý zatěžovací stupeň se vypočtou hodnoty pružného $f_{e,n}$ průhybu, z nichž se určí modul pružnosti E betonu v Pa:

$$E = \frac{F \cdot l \cdot (0,213 \cdot \frac{l^2}{h^2} + 0,46)}{f_e \cdot b \cdot h} \quad (5)$$

F je zatížení trámce v N,
 f_e je vypočtený pružný průhyb trámce, v m;
 b, h jsou příčné rozměry trámce – šířka a výška – v m;
 l je rozpětí v m.

Měření probíhá prakticky až do porušení tělesa. Modul pružnosti lze vypočítat pro všechny zatěžovací stavy. Pokud je požadována pouze jedna hodnota modulu pružnosti, bere se jako směrodatný údaj zjištěný při napětí odpovídajícím 2/3 zjištěné pevnosti v tahu ohybem.

Rovněž stanovení modulu pružnosti ze zkoušky v tahu ohybem provázejí nejasnosti. Při přepisování normy z dříve vydané ON 73 6174 [6] došlo k několika chybám, z nichž zřejmě nejzávažnější tkví v chybném vzorci (i popisu veličin) pro výpočet pružného průhybu $f_{e,n}$:

Chybný vzorec v ČSN 73 6174:

$$f_{e,n} = \frac{1}{2} (s_{tot,n} - s_{t,n} + s_{tot,2} - s_{t,2}) \quad (6)$$

$s_{tot,n}$ je celkový průhyb trámce při n -tém zatěžovacím stupni, v m;
 $s_{t,n}$ je pružný průhyb trámce při n -tém zatěžovacím stupni, v m;

Správný vzorec v ON 73 6174:

$$f_{e,n} = \frac{1}{2} (s_{tot,n} - s_{t,n} + s_{tot,2} - s_{t,2}) \quad (7)$$

$s_{tot,n}$ je údaj na snímači při zatížení na n -tém zatěžovacím stupni, v m;
 $s_{t,n}$ je údaj na snímači při odtížení po n -tém zatěžovacím stupni, v m;

V normě ČSN 73 6174 [5] je zaměněno čtení na snímači s průhybem - vzhledem ke konstrukci průhyboměru se totiž na snímači zaznamenává dvojnásobek průhybu. Dále není v normě specifikována doba, za kterou se má odečíst čtení na průtahoměru, přičemž starší ON uvádí, že hodnoty na průtahoměru se odečtou ihned po ustálení čtení, což prakticky netrvá déle než 3 sekundy.

Přesnost měření průhybů má být minimálně 0,001 mm. Tato přesnost se jeví jako nedostatečná, neboť na trámci $100 \times 100 \times 400$ mm dosahuje průhyb při 2/3 mezního zatížení pouze asi 0,030 mm. Rozměry trámů mohou být dalším zdrojem rozdílu ve stanovení modulu pružnosti – na menším trámci ($d=100$ mm) mohou být naměřené hodnoty modulů vyšší, než u základních normových trámů ($d=150$ mm).

Dalším zdrojem nepřesnosti může být výše uvedený výpočtový vztah pro modul pružnosti, který zahrnuje vliv smyku, avšak je zjednodušen dosazením Poissonova poměru $\mu=0,15$. Pro obyčejný hutný beton neznámá toto zjednodušení větší problém, ovšem u speciálních betonů s rozdílným Poissonovým poměrem chyba výpočtu může narůstat.

3. Vzájemné vztahy mezi výsledky jednotlivých metod

Při znalosti vzájemného poměru mezi hodnotami dynamických a statických modulů pružnosti bychom v daleko větší míře mohli využívat právě nedestruktivních dynamických metod. Zmenšovací součinitele lze získat porovnáním hodnot statického a dynamického modulu, anebo lze použít orientační hodnoty z normy ČSN 73 2011 [7] – viz. tab. 1.

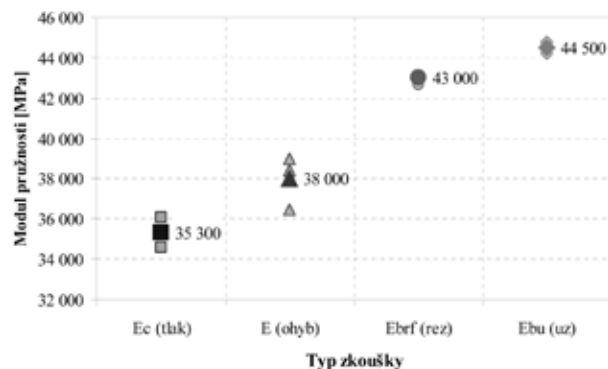
Tab. 1 Hodnoty zmenšovacích součinitelů pro přepočet dynamických modulů ultrazvukových (x_u) a rezonančních (x_r) na moduly statické podle ČSN 73 2011 [7]

Zmenšovací součinitel	Třída betonu (starší značení)									
	B 10	B 12,5	B 15	B 20	B 30	B 35	B 40	B 45	B 50	B 55
x_u	0,62	0,70	0,71	0,76	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90
x_r	0,81	0,85	0,86	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95

Skutečné hodnoty zmenšovacích součinitelů se však mohou od normových lišit, dle zkušeností vycházejí spíše nižší. Vzájemný poměr výsledků všech čtyř zkoušekmodulu není obecně konstantní a liší se podle složení betonu. Jakých vzájemných poměrů moduly mohou dosáhnout lze ukázat na příkladu betonu pevnostní třídy C 35/45 pro mostní konstrukce, u něhož byl modul pružnosti stanoven všemi čtyřmi metodami. Všechna zkušební tělesa byla vyrobena z jedné záměsi a zkoušena ve stejném stáří a vlhkostním stavu. Souhrn výsledků modulů včetně hodnot zmenšovacích součinitelů je uveden v tab. 2 a graficky zpracován na obr. 3. Pro modul pružnosti ze zkoušky ohybem vyšly hodnoty zmenšovacích součinitelů velmi blízko normovým hodnotám, statický modul ze zkoušky v tlaku vyšel naopak nižší.

Tab. 2 Porovnání dynamických a statických modulů pružnosti a zmenšovacích součinitelů pro přepočet dynamických modulů na statické. Hodnoty x' jsou stanoveny pro ohybový modul.

Vzorek	Modul pružnosti [MPa]				Zmenšovací součinitel			
	E_c (tlak)	E (ohyb)	E_{brf} (rez)	E_{bu} (uz)	x_r	x_u	x'_r	x'_u
1	36 100	38 400	43 100	44 200	0,84	0,82	0,89	0,87
2	35 200	39 000	42 700	44 800	0,82	0,79	0,91	0,87
3	34 600	36 500	43 100	44 600	0,80	0,78	0,85	0,82
Průměr	35 300	38 000	43 000	44 500	0,82	0,79	0,88	0,85



Obr. 3 Porovnání výsledků všech čtyř metod modulu pružnosti na betonu třídy C 35/45

4. Závěr

Pro stanovení modulu pružnosti máme k dispozici minimálně dvě dynamické a dvě statické zkušební metody. Výsledky dynamických a statických metod sice vycházejí různě, avšak je možné určit jejich vzájemný vztah. Hodnoty zmenšovacích součinitelů z normy ČSN 73 2011 jsou pouze orientační, pro přesnější přepočet dynamických modulů na statické je vhodné stanovit vlastní součinitele pro konkrétní druh betonu. Příklad porovnání modulů naznačil, že i v případě obou statických metod nevycházejí výsledky zcela shodně. Tato oblast zkušebnictví si zaslouží další podrobné zkoumání.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory grantového projektu GAČR č. 103/06/1711 a výzkumného záměru MSM 0021630511.

Použité prameny

- [1] ČSN 73 1371:1981 Ultrazvuková impulzová metoda skúšania betónu;
- [2] ČSN EN 12504-1:2005 Zkoušení betonu – Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultra zvukového impulsu;
- [3] ČSN 73 1372:1981 Rezonanční metoda zkoušení betonu;
- [4] ČSN ISO 6784: Beton. Stanovení statického modulu pružnosti v tlaku
- [5] ČSN 73 6174:1994 Stanovení modulu pružnosti a přetvárnosti betonu ze zkoušky v tahu ohybem;
- [6] ON 73 6174:1979 Dtto;
- [7] ČSN 73 2011:1986 Nedeštruktívne skúšanie betónových koňstrukcií

METODY MĚŘENÍ OBJEMOVÝCH ZMĚN BETONU VE FÁZI TUHNUTÍ A TVRDNUTÍ

Ing. Barbara Kucharczyková (1)

Mgr. Iveta Plšková, Ph.D. (2)

Prof. Ing. Jiří Adámek, CSc. (3)

(1) VUT-FAST, ÚSZK, Veveří 95, 602 00 Brno, kucharczykova.b@fce.vutbr.cz

(2) VUT-FAST, ÚFYZ, Veveří 95, 602 00 Brno, plskova.i@fce.vutbr.cz

(3) VUT-FAST, ÚSZK, Veveří 95, 602 00 Brno, adamek.j@fce.vutbr.cz

Anotace

V současné době, kdy se v praxi stále častěji objevuje využití vysokopevnostních či vysokohodnotných betonů speciálních složení a s přesně definovanými požadavky na technologii výroby či ukládání, je čím dál tím větší zájem o stanovení reologických vlastností jak čerstvých tak zatvrdlých betonů. Případný vznik povrchových či vnitřních mikrotrhlin v tomto stádiu totiž výrazně ovlivňuje nejen fyzikálně mechanické vlastnosti ale také může výrazně přispět ke snížení trvanlivosti výsledného prvku. V článku jsou uvedeny metody měření využívané pro stanovení objemových změn betonů ve fázi tuhnutí a tvrdnutí včetně příkladů konkrétních možných výstupů a využití dostupného přístrojového vybavení.

1. Úvod

Nutnost znalosti objemových změn cementových kompozitů se při návrhu konstrukce projevuje zejména při posuzování mezního stavu použitelnosti. Neznalost skutečného chování materiálu jak v počátečním stádiu tuhnutí a tvrdnutí tak i jeho reakce během dlouhodobého vystavování účinků změn působícího zatížení, teploty a vlhkosti prostředí, může mít katastrofické následky. Existují doporučené hodnoty či empirické výpočetní vztahy, které lze využít při návrhu betonových konstrukcí, tyto většinou ale odpovídají betonům běžných složení. V případě návrhu konstrukce z betonů speciálního složení, jakými jsou například vysokopevnostní či lehké konstrukční betony (jejichž specifikem je rychlý nárůst pevností při použití nízkého vodního součinitele, plastifikátorů a jemných příměsí) je nutno co nejlépe postihnout jejich celkovou reologii. Výzkumné práce autorského kolektivu jsou v současné době zaměřeny na stanovení objemových změn lehkých konstrukčních betonů, proto i příklady konkrétních výstupů měření se týkají objemových změn lehkých betonů.

2. Zkušební metody pro stanovení objemových změn cementových kompozitů

2.1 Stanovení objemových změn betonu v ranném stádiu tuhnutí a tvrdnutí betonu

Metoda není normována. Jedná se o záznam objemových změn probíhajících v počátečních tuhnutí a tvrdnutí betonu, kdy nejmarkantnější deformace bývají zaznamenány v rozsahu 10-15 hodin od betonáže. V současné době jsou v laboratořích ÚSZK FAST VUT dostupná dvě měřicí zařízení s možností kontinuálního záznamu měření.

Jedná se měřicí kužel a žlaby firmy Schleibinger. Počátek měření je u obou uvedených zařízení dán rychlostí tuhnutí čerstvého betonu – pro účely měření je vhodné aby směs byla natolik „zavádla“ aby svým pohybem nevytlačovala čelo z měřicího žlabu, či byla schopna udržet na svém povrchu měřicí destičku v případě měřicího kužele.

Počátek měření se může u jednotlivých směsí lišit, avšak u betonů s rychlým nárůstem pevnosti je možno měření spustit již 1-2 hodiny po betonáži.

Pomocí měřicího kužele o výšce 125 mm a průměru podstavy 145 mm je možno zaznamenat objemovou deformaci, neboť laser, který snímá deformace, je umístěn nad horní plochou (podstavou) kužele vyplněného čerstvou betonovou směsí. Zaznamenávána je délková změna tělesa kuželového tvaru.

Měřicí žlaby délky 1 m s mírně kónusovým průřezem o výšce 60 mm a šířce horní hrany 100 mm slouží pro záznam délkových objemových změn uvnitř zkušebního tělesa. Deformace jsou snímány indukčností snímačem s přesností měření 0,00001 mm. Uspořádání zkoušek je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1 Měřicí kužel (vlevo), měřicí žlab (vpravo)

2.2 Stanovení objemových změn ztvrdlého betonu

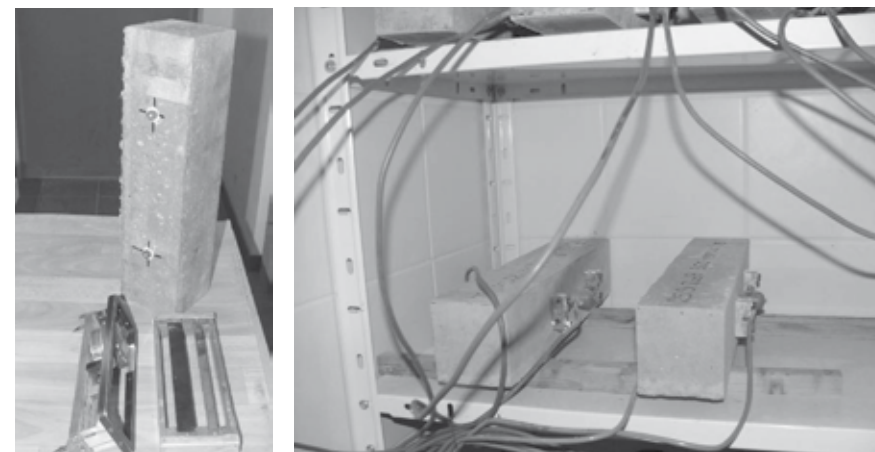
Postup pro stanovení objemových změn ztvrdlého betonu je definován normou ČSN 73 1320 - Stanovení objemových změn betonu [1]. Pro tuto zkoušku se běžně používají hranoly o rozměru 100x100x400 mm, přičemž hodnota smrštění je měřena na dvou svislých protilehlých stranách zkušebního hranolu. Základna pro měření je zpravidla 200 mm. Počátek měření je zpravidla určen okamžikem odformování zkušebních těles.

Pro tento druh měření jsou v našich laboratořích zpravidla využívány příložné deformetry či strunové tenzometry. Obě měřidla mají své výhody a nevýhody.

Výhodou příložného deformometru je jeho cenová dostupnost a mobilita - deformetr není trvale osazen na zkušebním tělese či prvku, pro účely měření se měřený prvek opatří sítí měřících terčů, které jsou zpravidla nalepeny na povrchu konstrukce – není nutno předem plánovat přesné místo ani počet měřících míst. Nevýhodou tohoto způsobu měření je zejména nutnost manuálního záznamu dat, neschopnost měření uvnitř průřezu dílce a nevyhnutelné vnesení chyby měření způsobené lidským faktorem.

Hlavní výhodou strunových tenzometrů je možnost kontinuálního záznamu měření jak na povrchu tak uvnitř zkušebních těles či konstrukcí, přičemž měření uvnitř konstrukce začíná v okamžiku tuhnutí betonu, větší přesnost měření a minimalizování chyby měření způsobené lidským faktorem. Naopak jejich hlavní nevýhodou je poměrně vysoká cena a

v některých případech i náročnější instalace pokud se jedná o měření smrštění na povrchu dílce či konstrukce, není zpravidla možná dodatečná instalace měřicího zařízení – je nutno naplánovat a rozmístit měřidla před betonáží. Uspořádání zkoušek je znázorněno na Obr. 2.



Obr. 2 Příložný deformetr (vlevo), strunové tenzometry (vpravo)

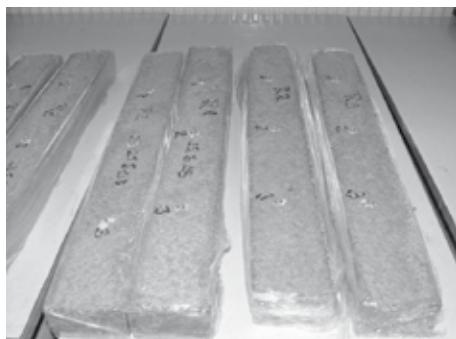
2.3 Možnosti napojení obou druhů měření

Jednou z možností jak vytvořit kontinuální křivku objemových změn, zahrnující jak deformace v počátečním stádiu tuhnutí tak i dlouhodobé objemové změny způsobené volným vysycháním, je propojení měření v měřících žlabech s měření příložným deformetrem na povrchu zkušebního tělesa viz Obr. 3. Dlouhodobé měření v měřících žlabech či propojení měřících žlabů se strunovými tenzometry by bylo nevýhodné jak po ekonomické tak i po technické stránce (v případě umístění strunových tenzometrů do měřících žlabů).

Propojení měření ve žlabu a příložným deformetrem je technicky i ekonomicky nenáročná a proveditelná ihned po povrchovém oschnutí zkušebního tělesa. Na délce žlabu 1m lze vytvořit celkem 2 měřící základny pomocí terčů nalepených na povrchu vzorku ve střední části dílce. Po nalepení terčů je možno souběžně měřit deformace jak uvnitř tělesa (indukčností snímačem měřicího žlabu) tak i na jeho horním povrchu, který je vystaven volnému vysychání. Po vyjmutí tělesa z měřicího žlabu lze v měření povrchových objemových změn pokračovat. Pro simulaci původního uložení tělesa jsou zkušební vzorky po vyjmutí obaleny fólií ze všech tří stran, pouze měřená strana je vystavena volnému vysychání, a uložena ve vodorovné poloze viz Obr. 4.



Obr. 3 Umístění měřících terčů na tělese vyrobeném v měřícím žlabu

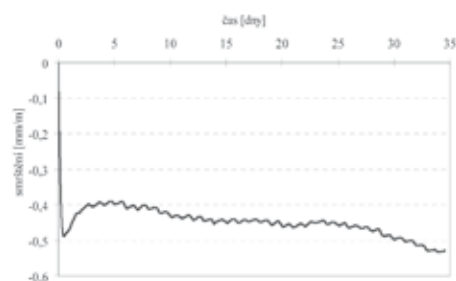


Obr. 4 Uložení těles po vyjmutí z měřicích žlabů

3. Dosažené výstupy a výsledky

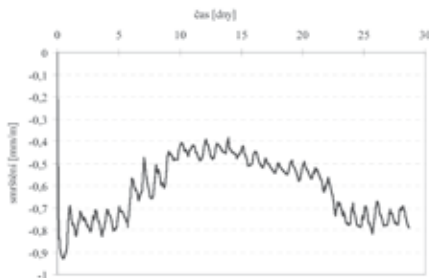
Pro názornost a představu o možnostech výše uvedených metodách měření jsou v příspěvku uvedeny některé příklady konkrétních výstupů a výsledků měření objemových změn lehkého konstrukčního betonu. Soubor naměřených výsledků není zatím natolik rozsáhlý, aby bylo možno s určitostí konstatovat konkrétní hodnotu objemových změn zkoumaného kompozitu, avšak metodika zkoušení je již ověřena rozsáhlou řadou měření. Výstupy měření jsou znázorněny na Obr. 5 až Obr. 8. Na

Obr. 5 je zobrazen kontinuální záznam měření podélné deformace v ose zkušebního tělesa stanovené v měřicím žlabu. Měření bylo zahájeno 2 hodiny po betonáži. Ze záznamu je patrný strmý nárůst hodnoty smrštění, který trval cca 15 hodin, během následujících 58-mi hodin bylo zaznamenáno poměrně strmé nabývání odpovídající hodnotě cca 0,1‰. Přibližně po 73 hodinách (od začátku měření) se hodnota poměrného přetvoření ustálila. Tento ustálený stav trval cca 5 dní, poté bylo zaznamenáno další smršťování.



Obr. 5 Záznam měření ve žlabech

hodin a pokračovalo opět poměrně strmě cca 0,3‰ během následujících 100 hodin. Hodnota poměrného přetvoření se ustálila přibližně po 4 dnech od počátku měření a tento stav setrval cca 95 hodin, poté bylo zaznamenáno další smršťování.



Obr. 6 Záznam měření v měřicím kuželu

Obr. 6 znázorňuje kontinuální záznam měření v měřicím kuželu, měření bylo zahájeno opět 2 hodiny od betonáže, výsledné deformace jsou vztaženy k výšce měřicího kuželu. Počátek měření vykazuje obdobný trend jako měření ve žlabech, tzn. strmý nárůst hodnoty smrštění v prvních 15-ti hodinách (od počátku měření), během následujících 13-ti hodin bylo zaznamenáno poměrně strmé nabývání odpovídající hodnotě cca 0,2 ‰, které se ustálilo po dobu cca následujících 97

Na Obr. 7 je zobrazen průběh poměrných přetvoření měřených na povrchu tělesa umístěného v měřicím žlabu. Pro vytvoření měřicích základů byly použity kovové terče nalepené v podélné ose zkušebního tělesa. Z technických důvodů bylo měření zahájeno 2 dny od betonáže. Z grafického výstupu je patrná absence záznamu strmého nárůstu hodnoty smrštění. I přesto, že měření bylo zahájeno v

období „nabývání betonu“ (jak je zaznamenáno na Obr. 5 a Obr. 6) nebyl zde tento jev zaznamenán, což lze vysvětlit rychlejším vysycháním povrchu zkušebního tělesa. Vzorky byly vyjmuty z měřicích žlabů přibližně po 35 dnech, což se projevilo skokem hodnoty poměrného přetvoření cca o 0,04‰. Tento skok dokazuje, že upevnění zkušebního tělesa v měřicím žlabu částečně brání volnému smršťování. Konečná hodnota poměrné deformace měřené příložným deformetrem na povrchu tělesa se poměrně dobře shoduje s hodnotou poměrného přetvoření určeného v témže okamžiku pomocí měřicího žlabu. Rozdíl hodnot činí cca 0,07‰ (viz Obr. 8).

4. Shrnutí a závěry

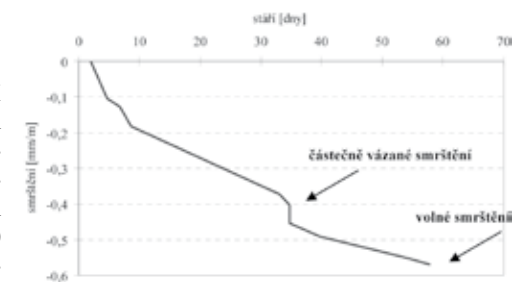
Výše uvedené výsledky potvrzují nezbytnost měření objemových změn již v počátečním stádiu tuhnutí a tvrdnutí cementových kompozitů. Stanovením objemových změn způsobem doporučeným normou ČSN 731320 se můžeme v případě některých druhů cementových kompozitů dopustit poměrně velké chyby, neboť toto měření lze ve většině případů zahájit až po odformování zkušebních těles, což bývá zpravidla 24 hodin od betonáže. Příliš brzkým odformováním může dojít k poškození zkušebních těles.

V dalších etapách měření smršťování bude řešitelský tým srovnávat hodnoty experimentálně zjištěného smrštění s doporučenými hodnotami několika norem či standardů – tedy s hodnotami teoretickými.

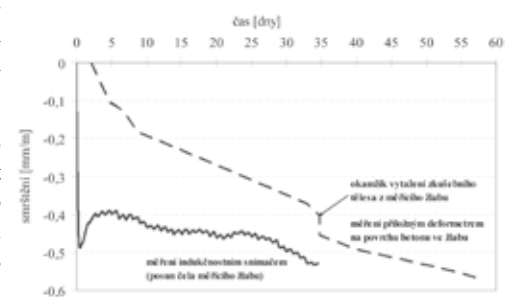
Příspěvek byl zpracován díky podporě projektů GAČR č. 103/06/0685, projektů MŠMT č. 0021630511.

5. Literatura

[1] ČSN 731320 Stanovení objemových změn betonu, Český normalizační institut, 1988



Obr. 7 Záznam měření příložným deformetrem – měřicí terče byly nalepeny na povrchu betonu v měřicím žlabu



Obr. 8 Záznam měření smrštění indukčnostním snímačem v ose žlabu a příložným deformetrem na povrchu betonu v měřicím žlabu

VLIV PŘÍDAVKU DRUHOTNÝCH SUROVIN PŘIDÁVANÝCH PŘI VÝROBĚ SINTROVANÝCH PRVKŮ NA JEJICH VÝSLEDNÉ VLASTNOSTI

Ing. Tomáš Melichar (1)

Doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc. (2)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 463, fax: 541 147 502, melichar.t@fce.vutbr.cz, web: www.vutbr.cz

(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 505, fax: 541 147 502, bydзовsky.j@fce.vutbr.cz, web: www.vutbr.cz

Anotace

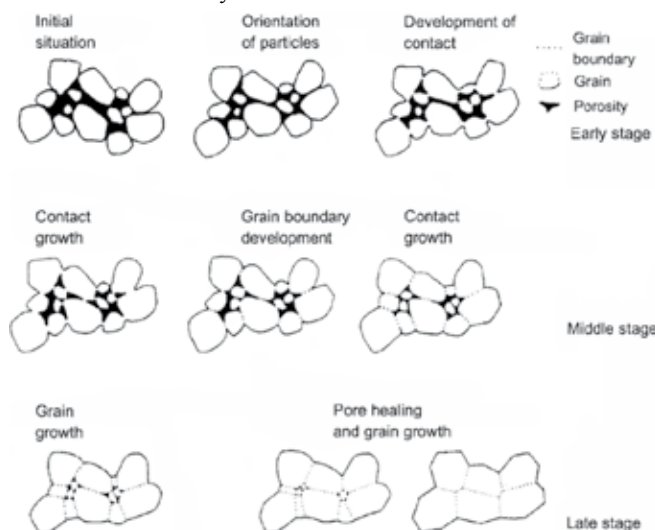
S uvážením současné produkce odpadů a stavu životního prostředí se v posledních dekáдах dostal do popředí výzkum a vývoj nových progresivních materiálů vyrobených s použitím druhotných surovin popř. technologií, které si kladou za cíl zefektivnění výroby za účelem snížení produkce odpadů a energií. Do této skupiny také spadají prvky ze sintrovaného skla. Vzhledem k tomu, že se jedná o materiály, které mají být použity ve stavebních konstrukcích, je nezbytné ověřit jejich základní fyzikálně mechanické parametry, aby bylo možno přikročit k dalším etapám výzkumu směřujícím k použitelnosti těchto produktů v oblasti stavebnictví.

1. Sintrace

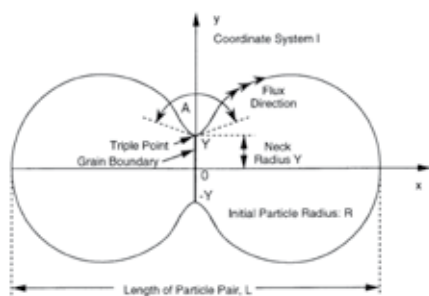
Pojem sintrace je v průmyslu poměrně rozšířený a známý. Pravděpodobně nejvíce se o něm dozvíme v souvislosti s aplikací kovů ve formě práškových granulátů na různé materiály. Obecně či laicky vyjadřuje sintrace – spékání, jež ve spojitosti s výrobou keramických prvků popř. cementu známe také jako slinování. Ať už se jedná o jakýchkoliv z těchto variant, princip je stále neměnný. Sintrace je v podstatě děj, ke kterému dochází za zvýšené teploty, přičemž se vykazuje fyzikální podstatou. Během zvyšování teploty různých látek dochází k mnoha fyzikálním a chemickým pochodům, jež jsou závislé na zejména na charakteru těchto látek (chemismus, termodynamické vlastnosti, morfologie, velikost částic apod.). Pochody, ke kterým dochází při sintraci jsou zejm. zmenšování popř. úplné vyloučení pórů, přičemž nastane tepelná kompaktace systému, doprovázená často kontrakcí a zvětšením objemové hmotnosti, která je při úplném slinutí shodná s měrnou hmotností látky. Pro sintraci je charakteristické, že spojování zrn nastává vlivem zvyšující se teploty, aniž by docházelo k tavení systému. K sintraci zpravidla dochází již při dosažení teplot mnohem nižších než je bod tání. U silikátů se tato hodnota pohybuje v rozmezí 0,8 – 0,9 termodynamické teploty tavení příslušné látky. Při sintraci v jednosložkové soustavě probíhají pouze fyzikální děje spojené se zmenšením povrchu soustavy. Pokud ovšem dochází ke slinování ve vícenosložkovém systému přistupují k těmto fyzikálním změnám také chemické reakce mezi zrny surovinové směsi a to v pevném stavu za tvorby reakčních produktů, případně za vzniku taveniny. Děje probíhající při slinování (sintraci) si můžeme představit zjednodušeně na modelu hustě uspořádaných zrn. Mezi zrny se v místech styku vytvoří nejprve srůsty - krčky, které rostou, které rostou, až se mezi zrny utvoří uzavřený pór. Vlivem povrchového napětí se pór stahuje dokud tlak uzavřeného plynu nedosáhne hodnoty rovné stahující se

síle povrchového napětí. Další zmenšování pórů je mnohem pomalejší, poněvadž závisí na tom, jakou rychlostí plyn z pórů difunduje k povrchu, zejména poruchovými rozhraními mezi zrny. Nemá-li plyn tuto možnost a nachází-li se mimo rozhraní, nemůže vymizet a zůstane uzavřen uvnitř jednotlivých zrn vzdálen rozhraní. V této fázi slinování se projevuje tzv. rekystalizace, tj. posun rozhraní a růst velkých zrn na úkor zrn malých. Rekystalizace zrn způsobuje, že se zhorší mechanické vlastnosti produktu, eliminace pórů se nedosáhne a kontakty jsou poruchové. Kromě povrchového napětí ovlivňují celý pochod ještě tenze par nad zakřivenými plochami a gradient vakancí. Všechny tyto tři děje jsou zdrojem celkového zmenšení volné energie, poněvadž:

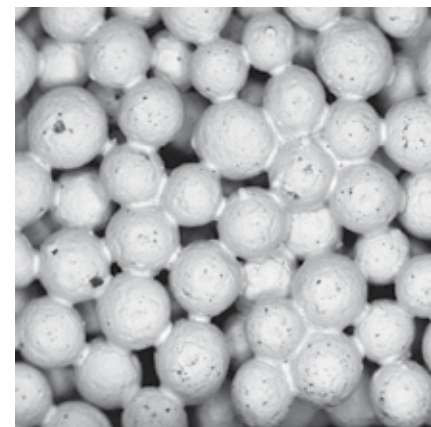
- celkový povrch, a tím i povrchová energie se zmenšuje srůstem zrn;
- tenze par se zmenšuje a vyvolává krystalizaci;
- nastává eliminace vakancí různými cestami.



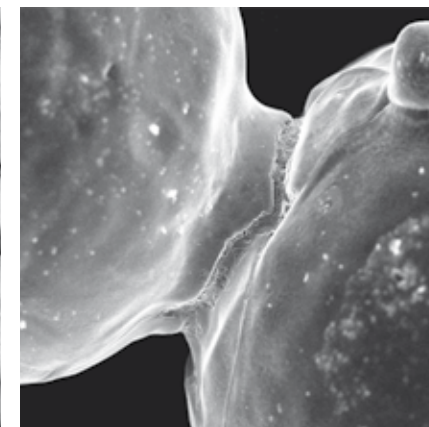
Obr. 1 – Schéma průběhu procesu sintrace [1]



Obr. 2 – Schéma průběhu sintrace v jednosložkovém systému na povrchu a difuze na hranicích zrn [2]



Obr. 3 – Příklad sintrace (částice kovu, na kterých jsou patrné vzniky spojení – tzv. krčky) [3]



Obr. 4 – Detail vznikajícího „krčku“ při sintraci dvou zrn kovu [3]

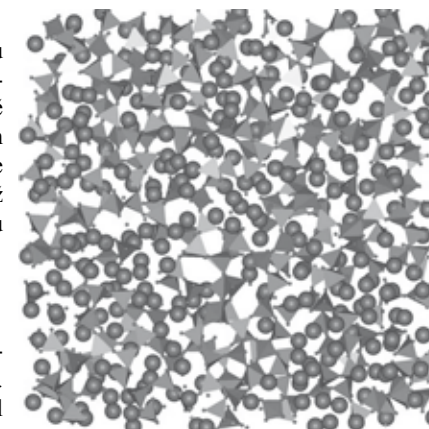
2. Amorfni látky - sklo

Termín sklo obvykle vyjadřuje pevnou amorfni látku, která vznikla tuhnutím taveniny bez krystalizace, přičemž ztuhnutí je způsobeno plynulým růstem viskozity na tak vysokou hodnotu, že se materiál jeví pevným. Na rozdíl od krystalů postrádá struktura skla pravidelné uspořádání (translační souměrnost) na delší vzdálenosti, odpovídající několikanásobku rozměrů atomů. Tento základní rozdíl mezi strukturou skel a krystalických látek lze dobře demonstrovat na SiO_2 , který je znám ve stavu skelném i krystalickém. V obou případech jsou základní stavební jednotkou tetraedry $(\text{SiO}_4)^{4-}$, v nichž vzdálenost atomů křemíku a kyslíku je 0,16 nm, avšak ve skle podle rentgenografických studií ve vzdálenostech větších než cca 1 nm objevují odchylky od pravidelného vzájemného uspořádání tetraedrů, charakteristického pro krystal. Současně má vzdálenost atomů Si-O ve skelném SiO_2 určitý rozptyl [4].

Poměrně podstatným faktem (pro výrobu sintrovaných produktů na bázi skla) je skutečnost, že při zahřívání amorfni látky postupně měknou, až do teploty, kdy se rozpustí. Jejich teplotu tání tudíž nelze přesně určit, ale lze je charakterizovat pomocí oblasti měknutí, což je teplotní interval mezi pevnou a kapalnou fází.

3. Pevnost skla

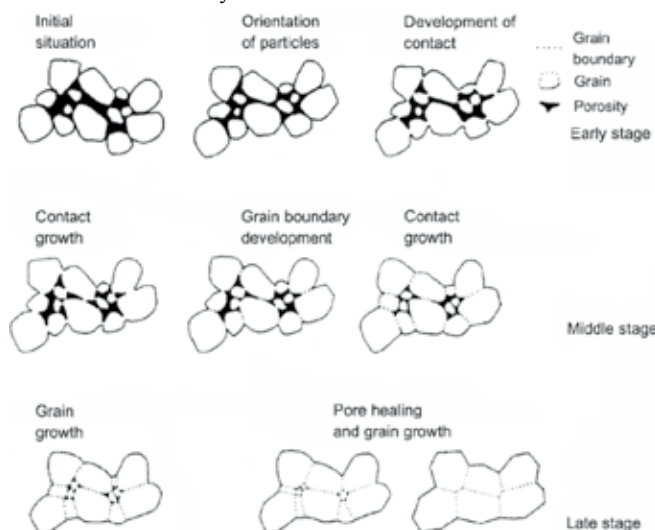
Při praktických aplikacích skla se uplatňuje řada různých mechanických vlastností. Asi tou nejpodstatnější je pevnost, jež je u skel ve srovnání s jinými anorganickými materiály (např. keramikou nebo kovy) poměrně nízká.



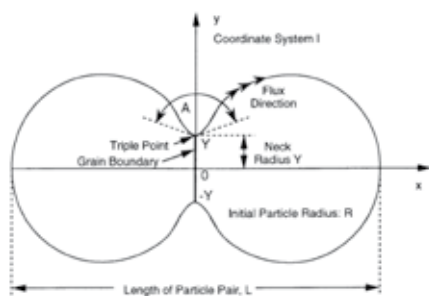
Obr. 5 – Příklad struktury sodno silikátového skla [5]

síle povrchového napětí. Další zmenšování pórů je mnohem pomalejší, poněvadž závisí na tom, jakou rychlostí plyn z pórů difunduje k povrchu, zejména poruchovými rozhraními mezi zrny. Nemá-li plyn tuto možnost a nachází-li se mimo rozhraní, nemůže vymizet a zůstane uzavřen uvnitř jednotlivých zrn vzdálen rozhraní. V této fázi slinování se projevuje tzv. rekystalizace, tj. posun rozhraní a růst velkých zrn na úkor zrn malých. Rekystalizace zrn způsobuje, že se zhorší mechanické vlastnosti produktu, eliminace pórů se nedosáhne a kontakty jsou poruchové. Kromě povrchového napětí ovlivňují celý pochod ještě tenze par nad zakřivenými plochami a gradient vakancí. Všechny tyto tři děje jsou zdrojem celkového zmenšení volné energie, poněvadž:

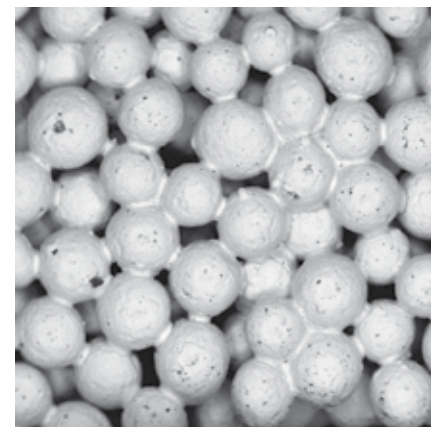
- celkový povrch, a tím i povrchová energie se zmenšuje srůstem zrn;
- tenze par se zmenšuje a vyvolává krystalizaci;
- nastává eliminace vakancí různými cestami.



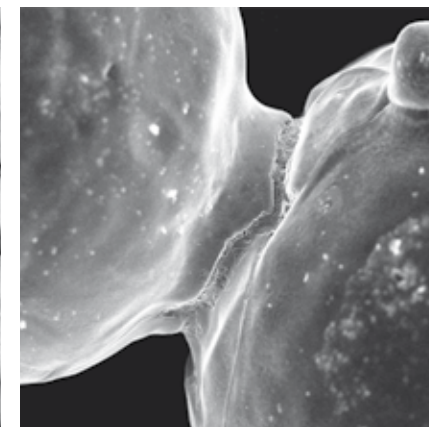
Obr. 1 – Schéma průběhu procesu sintrace [1]



Obr. 2 – Schéma průběhu sintrace v jednosložkovém systému na povrchu a difuze na hranicích zrn [2]



Obr. 3 – Příklad sintrace (částice kovu, na kterých jsou patrné vzniky spojení – tzv. krčky) [3]



Obr. 4 – Detail vznikajícího „krčku“ při sintraci dvou zrn kovu [3]

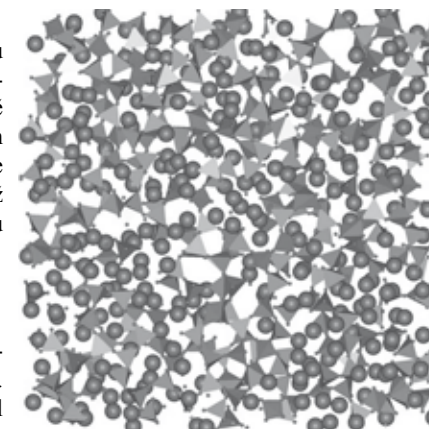
2. Amorfni látky - sklo

Termín sklo obvykle vyjadřuje pevnou amorfni látku, která vznikla tuhnutím taveniny bez krystalizace, přičemž ztuhnutí je způsobeno plynulým růstem viskozity na tak vysokou hodnotu, že se materiál jeví pevným. Na rozdíl od krystalů postrádá struktura skla pravidelné uspořádání (translační souměrnost) na delší vzdálenosti, odpovídající několikanásobku rozměrů atomů. Tento základní rozdíl mezi strukturou skel a krystalických látek lze dobře demonstrovat na SiO_2 , který je znám ve stavu skelném i krystalickém. V obou případech jsou základní stavební jednotkou tetraedry $(\text{SiO}_4)^{4-}$, v nichž vzdálenost atomů křemíku a kyslíku je 0,16 nm, avšak ve skle podle rentgenografických studií ve vzdálenostech větších než cca 1 nm objevují odchylky od pravidelného vzájemného uspořádání tetraedrů, charakteristického pro krystal. Současně má vzdálenost atomů Si-O ve skelném SiO_2 určitý rozptyl [4].

Poměrně podstatným faktem (pro výrobu sintrovaných produktů na bázi skla) je skutečnost, že při zahřívání amorfni látky postupně měknou, až do teploty, kdy se rozpustí. Jejich teplotu tání tudíž nelze přesně určit, ale lze je charakterizovat pomocí oblasti měknutí, což je teplotní interval mezi pevnou a kapalnou fází.

3. Pevnost skla

Při praktických aplikacích skla se uplatňuje řada různých mechanických vlastností. Asi tou nejpodstatnější je pevnost, jež je u skel ve srovnání s jinými anorganickými materiály (např. keramikou nebo kovy) poměrně nízká.



Obr. 5 – Příklad struktury sodno silikátového skla [5]

ká. Pro praxi je nejdůležitější pevnost v tahu, resp. v tahu za ohybu, neboť příčinou lomu jsou zpravidla tahové síly. Literatura uvádí poměrně široké rozmezí pevností skel, přičemž u masivních vzorků se pevnost v tahu pohybuje zpravidla v mezích 40 až 100 N.mm⁻² a pevnost v tlaku bývá cca 10× až 15× vyšší. Výsledky měření mají značný rozptyl, a proto se také obtížně postihuje závislost na složení, jež není příliš výrazná. Uvádí se, že pevnost vzrůstá s rostoucím SiO₂ a klesajícím Na₂O. Souvislost se složením je obvykle překryta daleko výraznějšími faktory, jimiž jsou rozměry vzorků a stav jejich povrchu. [4] Zmenší-li se rozměry pod 1 mm, objeví se výrazná závislost pevnosti skla na velikosti zkoušených vzorků. Dobře to lze sledovat u skleněných vláken, kdy u vláken o průměru menším než 1 μm lze dosáhnout pevností blízkých teoretické, dané pevností chemických vazeb.

Výklad těchto jevů vychází z Griffithových představ, podle nichž je pevnost křehkých materiálů dána přítomností mikroskopických vad (trhlin), ve kterých se při namáhání koncentruje napětí a začíná lom. V případě skel se ukázalo, že trhliny tohoto druhu se vyskytují pouze na povrchu a vznikly většinou mechanickým poškozením. Bylo mnohokrát prokázáno, že narušení povrchu skla mechanickými nebo chemickými vlivy (např. broušení nebo koroze) má za následek prudký pokles pevnosti. U čerstvě vytažených vláken je narušení povrchu minimální, s klesajícím průměrem kromě toho klesá pravděpodobnost výskytu spontánně utvořené trhliny v namáhaném místě. Dále se může uplatnit i efekt strukturní orientace při tažení a patrně má svou roli i extrémě rychlé ochlazení vláken.

Griffithova teorie byla jedním z impulsů pro rozvoj moderní lomové mechaniky, jež je také základem pro pochopení reálné pevnosti skla, avšak současně ukazuje, že pevnost masivních vzorků skla, měřená běžnými metodami, není pravou materiálovou vlastností. Inherentní pevnost skla je podstatně vyšší, jak bylo prokázáno také analýzou a stanovením kritického napětí ve vnitřních vrstvách skla, na rozhraní uměle vytvořených dutin. Takto zjištěná pevnost v tahu se blížila opět teoretické, zejména za nízkých teplot (< 100 K), přičemž v rozmezí 100 – 300 K nastává několikanásobný pokles a pak pevnost dále klesá jen pomalu. Teplotní závislost pevnosti je také ovlivněna okolní vlhkostí. [4]

Z výše uvedeného výkladu reálné pevnosti skla je zřejmé, že její zvýšení je možné pouze cestou potlačení vzniku nebo účinku povrchových vad. Již mechanické leštění nebo vyhlazení povrchu vysokou teplotou zvýší pevnost skla. Existuje mnoho dalších způsobů, jak zvýšit pevnost skla např. odleptání povrchově narušené vrstvy, což zvýší pevnost skla několikanásobně, dále tvrzení či chemické zpevňování skla. [4] Princip chemického zpevňování spočívá ve výměně iontů alkalických oxidů za lithné ionty protisměrnou difúzí v důsledku rozdílných iontových poloměrů.

4. Výroba sintrovaných prvků

Při výrobě sintrovaných prvků hraje dosti významnou roli již samotný charakter vstupních surovin. V případě primárních surovin se jedná zejména o granulometrii a chemické složení skla. Ovšem při aplikaci druhotných surovin zaujímá podstatnou roli dále čistota suroviny [7] a proměnnost fyzikálně mechanických a chemických parametrů. Příkladem druhotných surovin použitých při produkci sintrovaných prvků mohou být vzhledem ke svému složení silikátové materiály jako je popílek (nejlépe fluidní, vzhledem k možnosti uplatnění), struska. Tyto suroviny je ovšem vhodné použít jakožto částečnou náhradu a to z toho důvodu, že teploty sinterace jsou podstatně vyšší než u primárních surovin (sklo) a

při jejich požití ve větší míře by pravděpodobně nedošlo k dostatečnému zkompaktnění struktury prvku. Látky, které je možno využít v plném rozsahu náhrady vstupních surovin logicky musí být podobnějšího charakteru než výše zmíněný popílek a struska. Jedná se pak o skelný recyklát z různých zdrojů, přičemž s uvážením produkce odpadů v současnosti škýtá velký zdroj obrazovkové sklo, barevné obalové sklo a dále např. autosklo.

Výrobní proces sintrovaných desek je podrobně popsán v [6], proto zde bude zmíněn pouze velmi stručně. Jedná se v podstatě o tepelné zpracování granulované vsázky s přídavkem pigmentů a dalších přísad (velmi malé procento). Toto vše probíhá v žárovzdorných formách umístěných do systému elektrických pecí s krokovým posunem dle režimové teplotní křivky. Finálního vzhledu výrobků je pak docíleno mechanickou úpravou (řezání a broušení diamantovými nástroji).

5. Stanovení pevností vzorků

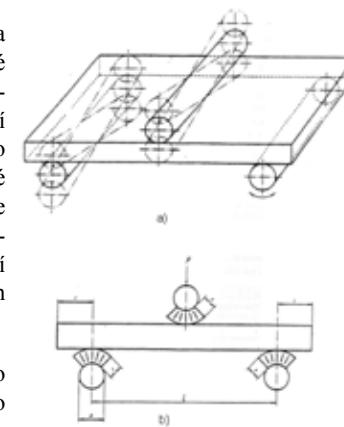
Pevnost v ohybu a lomová síla obkládových prvků je v současné době stanovována v souladu s platnou evropskou normou ČSN EN ISO 10545-4. V tomto dokumentu jsou jasně vymezeny definice pojmů lomové zatížení, lomová hodnota a pevnost v ohybu. K provedení samotné zkoušky je třeba sušárna, ve které je nutno vzorky vysušit do ustálené hmotnosti při 110±5 °C. Následně jsou stanoveny rozměry měřicím zařízením s přesností 2%. Po té dojde k samotnému zatěžování vzorků až do jeho porušení (Obr. 5).

Na obrázku 5a) je prostorově zobrazeno schéma zkoušni pevnosti v ohybu, jak je patrné dva válcové kovové podpěrné břity musí být opatřeny pryží o definované tvrdosti, přičemž jeden z těchto válců musí být výkyvný a druhý otočný kolem své osy a to z toho důvodu, že vzorky nemusí být zcela rozměrově přesné (případně zešikmení apod.). V horní části zařízení se nachází zatěžovací břit o stejném průměru jako podpěrné břity (válečky). Na obr. 5b) je patrné uložení vzorku mezi soustavou břitů (válečků) opatřených pryží.

Pro účely výzkumu tohoto článku bylo vyrobeno a odzkoušeno celkem 50 vzorků. Celkem bylo použito třech typů vstupních surovin (referenční-sodnosilikátové sklo, obrazovkové sklo a recyklát pocházející z barevných lahví). Zkušební tělesa vyrobená dle postupu v kap. 4, byla následně podrobena destruktivní zkoušce pevnosti v ohybu. Samozřejmě, že pevnost v ohybu není jedinným kritériem použitelnosti, avšak v praxi patří k těm nejpodstatnějším.

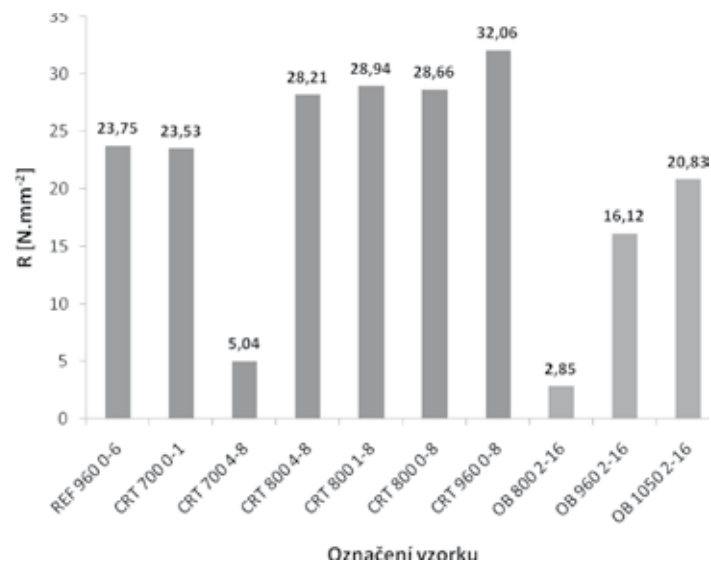
6. Vyhodnocení naměřených dat

Z grafického vyhodnocení plyne jistá závislost pevnosti v ohybu na teplotě sinterace a částečně i na granulometrickém složení vstupní suroviny. V grafickém záznamu pevnostních charakteristik jsou uvedeny pouze průměrné hodnoty. Na vodorovné ose je uvedeno



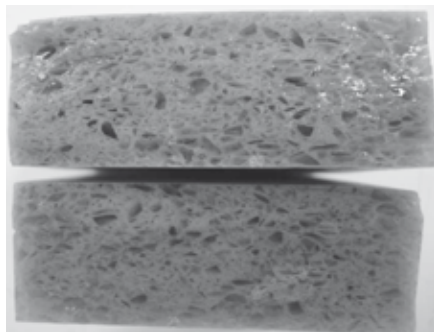
Obr. 6 – Schéma stanovení pevnosti v ohybu [8]

značení vzorků, přičemž první tři znaky vyjadřují druh použité vstupní suroviny ,což je také rozlišeno barevně (referenční – červená, crt obrazovkové sklo – modrá, obalové sklo – zelená), další číslice vyjadřuje teplotu sintrace ve stupních Celsia a poslední číslice vyjadřují použitou frakci vsázky.



Obr. 7 – Graf vyjadřující závislost pevnosti v ohybu na teplotě sintrace různých vstupních surovin

Z uvedených hodnot je zřejmé, že všechny typy vstupních surovin se vyznačují různým bodem měknutí a od této vlastnosti se také odvíjí teplota sintrace a výsledná pevnost v ohybu. Jakožto kritérium použitelnosti sintrovaných materiálů na konstrukcích byla stanovena hodnota 20 N.mm⁻². Za jasně nevyhovující vzorky lze považovat CRT 700 4-8, OB 800 2-16, OB 960 2-16. Všechny tyto vzorky vykazovaly velmi nízké hodnoty pevnosti.



Obr. 8 – Lomová plocha ze sady zkušebních vzorků CRT 800 0-8

7. Závěr

Na základě výše uvedených stanovení lze konstatovat, že z hlediska pevnostních parametrů se jeví sintrované prvky vyrobené z druhotných surovin jako použitelné ve stavebním průmyslu. Ovšem je nutné ještě dále optimalizovat teplotu sintrace, aby nedocházelo k tvorbě dutinek (nízká teplota sintrace) či naopak pórů (příliš vysoká teplota). Zvláštní pozornost je také třeba věnovat čistotě vstupních surovin (zejména obalového recyklátu) a to z důvodu tvorby nežádoucích

produktů v matrici výrobků. V případě skelného recyklátu pocházejícího z obrazovek je dalším podstatným kritériem aplikovatelnosti hodnota výluhu olova, která bude provedena v následující fázi výzkumu. Vliv přídavku druhotných surovin při výrobě sintrovaných prvků je tedy s uvážením výstupů tohoto článku pozitivní a to nejen vzhledem k dosaženým hodnotám pevnosti v ohybu, ale i z ekologického hlediska, tj. šetrnosti k životnímu prostředí (spotřeba odpadních surovin, jinak skládkovaných).

Příspěvek byl vytvořen v rámci výzkumného záměru MSM 0021630511 „Progressivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“ a FT-TA5/147 „Sintrované prvky s druhotnými surovinami pro vytváření povrchových úprav stěn a podlah“.

Literatura

- [1] http://www.keramverband.de/brevier_engl/4/1/4_1_4.htm - From Forming to Firing
- [2] http://personalwebs.oakland.edu/~w2zhang/NewFiles/two_particles.html - W. Zhang, W. and Schneibel, J.H. The Sintering of Two Particles by Surface and Grain Boundary Diffusion - a Two-Dimensional Numerical Study p. 4377, 1995, Elsevier Science
- [3] <http://www.xs4all.nl/~flscholt/sinter/sinteng.htm> - GASTEC Technology BV., Apeldoorn, The Netherlands Sinter metal and metal foam for innovative gas burners
- [4] Hlaváč, J.: Základy technologie silikátů, SNTL Praha, 1988
- [5] <http://www.vscht.cz/sil/sem/gallery.html>
- [6] Melichar, T.; Khestl, F. Uplatnění alternativních surovin při modifikaci vsázky sklosilikátových obkladových prvků a jejich vliv na vybrané fyzikálně-mechanické vlastnosti výsledných produktů, Juniorstav 2008, Sborník anotací. 2008. p. 333 - 340. ISBN 978-80-86433-45-5
- [7] Melichar, T.; Bydžovský, J.; Khestl, F. Vliv teploty výpalu na strukturu sklo-silikátových materiálů se zvýšeným obsahem druhotných surovin, In CONSTRUMAT 2008 - Conference about structural materials. Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních dílců a hmot. 2008. p. 57 - 66. ISBN 978-80-214-3660-2
- [8] ČSN EN ISO 10545-4 Keramické obkladové prvky – Část 4: Stanovení pevnosti v ohybu a lomové síly, říjen 1998

POSUZOVÁNÍ CHARAKTERISTICKÉ PEVNOSTI BETONU V TLAKU V KONSTRUKCI

Ing. Petr Misák (1)
 Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D. (2)
 Ing. Lubomír Vitek (3)
 Pavel Ulrich (4)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, Brno, 602 00, e-mail: misak.p@fce.vutbr.cz, www.fce.vutbr.cz.

(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, Brno, 602 00, e-mail: vymazal.t@fce.vutbr.cz, www.fce.vutbr.cz.

(3) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, Brno, 602 00, e-mail: vitek.l@fce.vutbr.cz

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

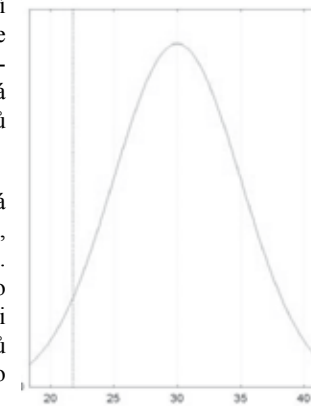
Anotace

Příspěvek je věnován popisu různých metod pro stanovení pevnosti v tlaku betonu a to především na existujících konstrukcích a jejich srovnání. Jsou zde porovnány postupy popsáné v různých normách. Výsledky jsou ukázány na celkem 1300 měřených vzorcích.

1. Úvod

Pevnost betonu v tlaku, podobně jako i jiné charakteristiky, je náhodná veličina, která je dána svým rozdělením pravděpodobnosti. Nejběžněji využívané rozdělení je tzv. normální rozdělení, které je dáno dvěma parametry, a to střední hodnotou a rozptylem (popř. směrodatnou odchylkou). Je třeba si uvědomit, že výsledek zkoušky na pevnost v tlaku nelze předem s jistotou předpovědět a jelikož se jedná o náhodnou veličinu je nutné k vyhodnocování výsledků využít statistické nástroje.

Charakteristická pevnost betonu v tlaku je definovaná jako 5% kvantil, což je hodnota, pro kterou lze očekávat, že 95% výsledků měření bude větších než tato hodnota. Přesnou hodnotu charakteristické pevnosti, stejně jako přesné hodnoty parametrů rozdělení, nejsme schopni určit. Je pouze možné je odhadovat na základě výsledků zkoušek, nebo pomocí apriorních informací například o typu a charakteru rozdělení.



Je logické, že hodnocení prostřednictvím výsledků zkoušek musí splňovat určité předpoklady. Příloha D normy ČSN EN 1990 uvádí, že:

- statistické údaje se převezmou ze známých a dostatečně homogenních základních souborů a
- je k dispozici dostatečný počet pozorování nebo měření.

Dále je nutné uvažovat i nejistoty vzniklé omezeným počtem zkoušených vzorků a v neposlední řadě i nejistoty dané nedostatkem apriorních informací o typu rozdělení zkoumané veličiny.

Stanovením charakteristické hodnoty se zabývá hned několik norem. Použité metody se však liší, což ve svém důsledku může znamenat rozdíl ve výstupu.

Cílem tohoto příspěvku je ukázat možnosti stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku, a to především v existujících konstrukcích podle různých norem pomocí přímých i nepřímých metod. Výpočty budou ukázány na reálných hodnotách získaných celkem z 1300 vývrtů.

2. Stanovení charakteristické pevnosti betonu podle ČSN EN 1990

Stanovení mimo jiné charakteristické pevnosti je věnována příloha D normy ČSN EN 1990. Za předpokladu normálního rozdělení je zde charakteristická pevnost betonu definována jako

$$f_{ck} = m_X (1 - k_n V_X), \quad (1)$$

kde m_X je průměrná hodnota výsledků zkoušek (výběrový průměr), je variační koeficient. Koeficient kvantilu charakteristické hodnoty k_n se určuje podle tabulky 1. Jeho hodnota je závislá na znalosti variačního koeficientu a počtu měření. Pokud není znám, je možné jej odhadovat pomocí vztahu

$$V_X = \frac{s_X}{m_X}, \quad (2)$$

kde s_X je výběrová směrodatná odchylka daná vztahem

$$s_X = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m_X)^2}, \quad (3)$$

kde x_i značí výsledky jednotlivých měření a n je počet měření.

Tabulka 1: Hodnoty k_n

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
VX známý	2,31	2,01	1,89	1,83	1,80	1,77	1,74	11,72	1,68	1,67	1,64
VX neznámý	-	-	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

Znalost variačního koeficientu může vycházet z předchozího hodnocení zkoušek provedených za stejných podmínek. Norma umožňuje využít také horní konzervativní odhad variačního koeficientu. Je však nutné použít hodnotu 0,1 nebo větší.

Pro výpočet koeficientu k_n lze využít aproximační vztahy:

$$VX \text{ známý: } k_n = 1,655 + 0,627 / n$$

$$VX \text{ neznámý: } k_n = n / (-0,95 + 0,614 \cdot n)$$

Výraz (1) je možné zpřesnit vynásobením návrhovou hodnotou převodního součinitele η_d , který je závislý na typu zkoušky a druhu materiálu. Převodní součinitel je možné využít například při převodu pevnosti v tlaku zjišťované na vývrtech na krychelnou pevnost.

Využití normálního rozdělení může v některých případech dávat zavádějící výsledky. Tento fakt je způsoben především zasahováním funkce hustoty pravděpodobnosti do záporných hodnot a také předpokladem symetričnosti, který nemusí být v praxi splněn. Z těchto důvodů bývá často výhodnější použít aproximaci logaritmicko-normálním (lognormálním) rozdělením. Výraz (1) se změní na rovnici:

$$f_{ck} = \exp[m_Y (1 - k_n s_Y)]. \quad (4)$$

$$\text{kde } m_Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln(x_i), \quad \text{v případě známého } V_X \text{ platí } s_Y = \sqrt{\ln(V_X^2 + 1)} = V_X.$$

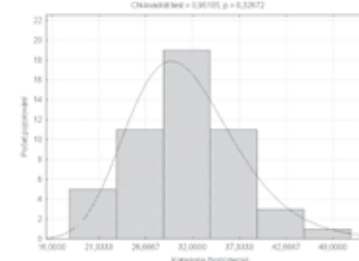
Pokud VX není apriorně znám, je možné použít odhad s_Y

$$s_Y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\ln(x_i) - m_Y]^2}. \quad (5)$$

Vyhodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku

Jak již bylo uvedeno výše, budou metody pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku demonstrovány na 1300 výsledcích zkoušek vývrtů. Tyto vývrty byly odebrány ze čtyř desek, které byly vyrobeny za účelem testování dlouhodobé odolnosti betonu vůči účinkům radiace v jaderné elektrárně Dukovany. Na všech zkoumaných vývrtech bylo provedeno měření rychlosti prostupu ultrazvukových vln a rezonanční zkouška. Na vybraných padesáti se testovala také pevnost v tlaku a statický modul pružnosti v tlaku.

Nyní se budeme věnovat vyhodnocení charakteristické pevnosti betonu v tlaku. Na obrázku 2 je znázorněn histogram četností výsledků zkoušek společně s teoretickou hustotou pravděpodobnosti. Pomocí statistického testu χ^2 bylo jako nejhodnější vyhodnoceno lognormální rozdělení.



Obrázek 2: Histogram výsledků zkoušek pevnosti v tlaku spolu s teoretickou hustotou pravděpodobnosti (lognormální rozdělení)

Výpočet:

$$m_x = 31,4 \text{ N/mm}^2; s_x = 6,10 \text{ N/mm}^2; V_x = 0,19$$

1. Normální rozdělení – V_x známý

$$k_n = 1,668$$

Horní odhad variačního koeficientu: $V_x = 0,15$ Vypočtená charakteristická hodnota: $f_{ck} = 31,4(1 - 1,668 \cdot 0,15) = 23,5 \text{ N/mm}^2$ 2. Normální rozdělení – V_x neznámý

$$k_n = 1,681$$

$$V_x = 0,19$$

Vypočtená charakteristická hodnota: $f_{ck} = 31,4(1 - 1,681 \cdot 0,19) = 21,1 \text{ N/mm}^2$

3. Lognormální rozdělení – známý

$$m_y = 3,4; s_y = 0,19 \text{ N/mm}^2$$

$$k_n = 1,668$$

Horní odhad variačního koeficientu: $V_x = 0,15$ Vypočtená charakteristická hodnota: $f_{ck} = \exp[3,4(1 - 1,668 \cdot 0,15)] = 24,0 \text{ N/mm}^2$

4. Lognormální rozdělení – neznámý

$$k_n = 1,681$$

$$s_y = 0,19$$

Vypočtená charakteristická hodnota: $f_{ck} = \exp[3,4(1 - 1,681 \cdot 0,19)] = 22,1 \text{ N/mm}^2$

V případech známého variačního koeficientu byl použit horní odhad stanovený na základě vyhodnocení podobných zkoušek ve stejné laboratoři v průběhu několika posledních let.

Vzhledem k charakteru rozložení naměřných dat se jeví jako nejvhodnější odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku odhad pomocí lognormálního rozdělení při neznalosti variačního koeficientu, tedy $f_{ck} = 22,1 \text{ N/mm}^2$.

3. Posuzování charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci zkoušením vývrtů (ČSN EN 13791)

Norma ČSN EN 13791 stanovuje postupy a metody pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci zkoušením vývrtů, které jsou odebrány, vyšetřeny a připraveny podle ČSN EN 12504-1 a zkoušeny podle ČSN EN 12390-3. Dále jsou zde předepsány minimální rozměry a ekvivalence mezi jednotlivými tvary zkušebních těles.

Pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku zkoušením vývrtů uvádí ČSN EN 13791 dva postupy. Jejich použití je odvislé od počtu naměřných výsledků zkoušek. Pro 3 až 14 výsledků se využívá postup A a pro 15 a více postup B.

Postup A

Odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci se určí jako menší z hodnot:

$$f_{ck,ls} = f_{m(n),ls} - k_2 \cdot s \quad (6)$$

$$\text{nebo} \quad f_{ck,ls} = f_{ls,nejmenši} + 4, \quad (7)$$

kde s je směrodatná odchylka výsledků zkoušek nebo $2,0 \text{ N/mm}^2$, podle toho, která z hodnot je větší a koeficient k_2 je uveden v národních předpisech, pokud není uvažuje se hodnota 1,48. Dále $f_{m(n),ls}$ je průměrná hodnota z výsledků zkoušek a $f_{ls,nejmenši}$ je nejmenší z nich.

Postup B

Odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci $f_{ck,ls}$ se určí jako menší z hodnot:

$$f_{ck,ls} = f_{m(n),ls} - k \quad (8)$$

$$\text{nebo} \quad f_{ck,ls} = f_{ls,nejmenši} + 4, \quad (9)$$

Krajní mez k závisí na počtu výsledků zkoušek n . Určí se podle následující tabulky.

Tabulka 2: Krajní mez k v závislosti na počtu měření

n	k
10 až 14	5
7 až 9	6
3 až 6	7

Výpočet:

Vzhledem k počtu výsledků zkoušek ($n = 50$) využijeme postupu A:

$$f_{m(n),ls} = 31,4 \text{ N/mm}^2; s = 6,03 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ck,ls} = 31,4 - 1,48 \cdot 6,03 = 22,4 \text{ N/mm}^2; f_{ls,ls} = 21,1 + 4 = 25,1 \text{ N/mm}^2$$

Z porovnání výsledků vztahů (6) a (7) vyplývá charakteristická pevnost betonu v tlaku

$$f_{ck,ls} = 22,4 \text{ N/mm}^2,$$

, tedy určující je vztah (6). Pevnostní třída podle ČSN EN 206-1 je C 25/30.

4. Posuzování charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci nepřímými metodami (ČSN EN 13791)

V ČSN EN 13791 je také popsán postup pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích pomocí jiných metod než přímým zkoušením, tedy nepřímými metodami. Nepřímé metody jsou v podstatě polodestruktivní nebo destruktivní. Tyto metody se podle zmiňované normy mohou použít po kalibraci se zkouškami vývrtů v následujících případech:

- samostatně;
- v kombinaci s nepřímými metodami;
- v kombinaci s nepřímými metodami a s přímou metodou (zkoušení na vývrtech).

Jelikož při nepřímém zkoušení se zjišťuje jiná vlastnost než pevnost v tlaku, je nutné použít vztahu mezi výsledky nepřímých zkoušek a pevností v tlaku na vývrtech.

Jsou zde uvedeny dvě alternativy:

Alternativa 1 – Přímá korelace s vývrty

Tato alternativa se má využít v případě, kdy je stanoven konkrétní vztah mezi pevností v tlaku a výsledky zkoušek vývrtů. Vztah se dovoluje použít pouze pro odhad pevnosti konkrétního betonu v tlaku za podmínek, při kterých byl zjištěn. Není dovolena extrapolace výsledků, tedy vztah je povoleno využít pouze v rozsahu, který je podložen údaji ze zkoušek. Minimální počet dvojic výsledků zkoušek, tedy pevnosti v tlaku a hodnoty zjištěné nepřímou metodou ze stejného zkušebního místa, je stanoven na 18.

Stanovení vztahu sestává z následujících kroků:

- nejlepší přímka nebo křivka se docílí z regresních analýz údajů dvojic získaných v programu zkoušení. Výsledek nepřímého měření se pokládá za proměnnou a zjištěná pevnost v tlaku za v konstrukci je funkcí této proměnné. Naměřené údaje by měly být pravidelně rozloženy v celém rozsahu, který zahrnují;
- vypočte se standardní chyba rozsahu a stanovy se konfidenční meze pro nejvhodnější křivku a také toleranční meze pro jednotlivé zkoumání;
- vztah, který se používá pro odhad pevnosti udává takovou bezpečnostní úroveň, kde 90% hodnot pevností se předpokládá vyšších než odhadnutá hodnota.

Pro posuzování charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci podle ČSN EN 13791 platí následující podmínky:

- posouzení každé zkušební oblasti musí být založeno na nejméně 15 zkušebních místech;
- směrodatná odchylka musí být vypočtená z výsledků zkoušek nebo hodnota 3,0 N/mm² podle toho, která z hodnot je větší.

Charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci v dané zkušební oblasti $f_{ck, is}$ se určí jako nižší z hodnot:

$$f_{ck, is} = f_{m(ck, is)} - 1,48 \cdot s \quad (1)$$

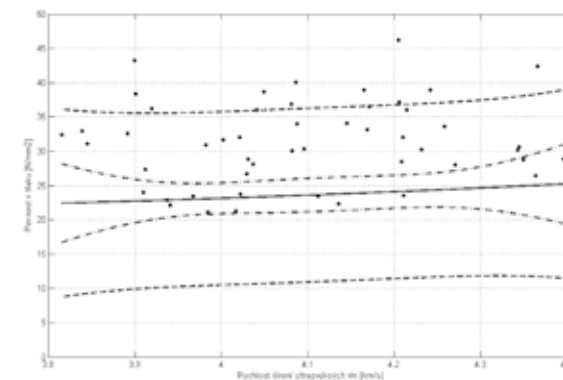
nebo $f_{ck, is} = f_{m(ck, is)} + 4 \cdot s \quad (2)$

Náhodně bylo vybráno 50 z celkem 1300 vývrtů odebraných ze čtyř masivních desek. Na těchto vývrtech byla provedena zkouška v tlaku a měření rychlosti prostupu ultrazvukových vln, které bylo provedeno i na ostatních vývrtech ze souboru. Je třeba zmínit, že rychlost prostupu ultrazvuku byla měřena až na odebraných vývrtech.

Podle výše popsaného postupu pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku byl sestaven regresní model. Tento model je znázorněn na obr. 1, kde nepřerušovaná čára určuje odhadnutou závislost, čerchovaná čára její konfidenční meze a přerušovaná čára toleranční meze pro jednotlivé zkoumání. Model byl sestaven tak, aby 90% hodnot leželo nad regresní křivkou. Regresní rovnice má tvar:

$$f_c = 2,477v_c^2 - 15,54v_c + 46,57 \quad (3)$$

U vývrtů, které nebyly zkoušeny na pevnost v tlaku, byla tato vlastnost odhadnuta prostřednictvím sestaveného modelu. Charakteristická pevnost betonu v tlaku byla stanovena podle vztahů (1) a (2), přičemž určující byla první z rovnic. Pevnostní třída podle ČSN EN 206-1 je C 25/30.



Obrázek 3: Regresní model podle alternativy 1

Z grafického znázornění naměřených dat je patrné, že závislost mezi pevností v tlaku a rychlostí prostupu ultrazvukových vln je velmi nevýrazná. Tento fakt také potvrzuje nízká spolehlivost modelu. Logicky proto vyvstává otázka, zda-li má smysl tuto závislost pro zkoumaný beton uvažovat a podle takto navrženého modelu provádět odhad pevnosti v tlaku.

Alternativa 2 – Kalibrace s vývrty pro omezený rozsah pevnosti použitím stanoveného stavu

Tato část udává možnosti posouzení pevnosti v tlaku v konstrukci prostřednictvím nepřímých metod použitím tzv. základní křivky a jejího posunu k příslušné úrovni zjištěné ze zkoušek vývrtů. Zkušební oblast je vybrána ze základního souboru zahrnujícího běžné betony zhotovené ze stejného materiálu a stejným způsobem.

Pro určení posunu základní křivky je nutné využití nejméně 9 dvojic zkušebních výsledků. Pro posouzení pevnosti betonu v tlaku jsou nepřímé zkoušky provedeny na kon-

krétním betonu a zjištěný vztah se použije pro odhad pevnosti betonu v tlaku v konstrukci stanovený výpočtem jako charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci.

V ČSN EN 13791 je uveden následující postup:

- Vybere se zkušební oblast obsahující nejméně 9 zkušebních míst.
- V každém zkušebním místě se zjistí výsledek nepřímé zkoušky podle příslušné normy.
- V každém zkušebním místě se odebere a vyzkouší vývrt podle ČSN EN 12304-1.
- Pevnosti v tlaku vývrtů se spolu s výsledky nepřímých metod vynesou do grafu (pevnost v tlaku na osu Y).
- Pro každé zkušební místo se stanoví rozdíl mezi zjištěnou hodnotou na vývrtu a hodnotou uvedenou na základní křivce:
- Dále se vypočte střední hodnota a směrodatná odchylka s.
- Hodnota, o kterou by se měla základní křivka posunout se vypočte podle vztahu: kde k_1 se určí z tabulky 3.
- Základní křivka se posune o , aby se získal vztah mezi nepřímou zkouškou a pevností betonu v tlaku v konstrukci pro konkrétní vyšetřovaný beton.

Tabulka 3: Součinitel k_1 v závislosti na počtu zkušebních dvojic

Počet výsledků zkušebních dvojic n	Součinitel k_1
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
≥ 15	1,48

Vztah je možné použít pro odhad pevnosti v tlaku v konstrukci pro konkrétní beton a podmínky, za kterých byl stanoven.

Na stejných padesáti dvojicích jako v předchozí alternativě byla provedena i metoda posunu základní křivky. Pro každý zkoušený vývrt byl stanoven rozdíl mezi skutečnou hodnotou a hodnotou na základní křivce v závislosti na rychlosti prostupu ultrazvukových vln. Průměrná hodnota byla a směrodatná odchylka . Hodnota posunu základní křivky se stanovila jako . Základní a posunutá křivka spolu s naměřenými daty je znázorněna na obrázku 4.

Pomocí získaného vztahu byla odhadnuta pevnost v tlaku i na zbývajících vývrtech. Vzhledem k tomu, že posunutá základní křivka by měla přímo udávat hodnotu charakteristické pevnosti v tlaku v rozsahu rychlosti prostupu ultrazvuku 4 až 4,8 km/s, stačí pouze dosadit hodnoty a vypočítat aritmetický průměr. Pevnostní třída podle ČSN EN 206-1 je tedy C 25/30.

5. Závěr

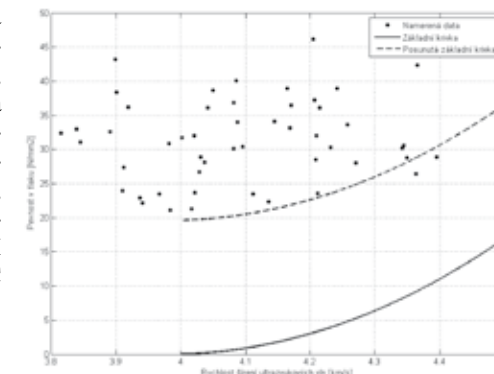
Pevnost betonu v tlaku je podobně jako jiné fyzikálně mechanické charakteristiky náhodná veličina a proto je nutné k jejímu vyhodnocení využít statistických metod s ohledem mimo jiné na nejistoty dané počtem výsledků měření a nedostatkem apriorních informací například o charakteru rozdělení pravděpodobnosti. Jednou z nejsledovanějších statistických charakteristik je tzv. charakteristická pevnost, která udává hodnotu, pro kterou platí, že pouze 5% výsledků měření by mělo být menších než tato hodnota.

Posouzení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci je věnováno hned několik platných norem jejichž postupy se v zásadě liší. Tento příspěvek je věnován postupům uvedeným v ČSN EN 1990 a ČSN EN 13791. Obě normy uvádějí různé možnosti odhadu, a to buď přímo prostřednictvím zkoušek vývrtů, nebo pomocí vztahů stanovených na základě výsledků nepřímých zkoušek. Postupy jsou zde demonstrovány celkem na 1300 výsledcích zkoušek stejného betonu.

Eurokód ČSN EN 1990 umožňuje využití jak normálního, tak i lognormálního rozdělení pravděpodobnosti a apriorní znalosti variačního koeficientu. Vzhledem k charakteru naměřených dat bylo pro odhad charakteristické pevnosti zkoumaného betonu v tlaku využito lognormálního rozdělení s předpokladem neznalosti variačního koeficientu. Výsledkem je hodnota .

ČSN EN 13791 uvádí možnosti vyhodnocení buď přímo prostřednictvím zkoušek na vývrtech nebo pomocí nepřímých metod. Nepřímými metodami jsou nazývány metody polodestruktivní nebo nedestruktivní. Tedy měření rychlosti prostupu ultrazvukových vln, hodnoty tvrdosti odrazovým tvrdoměrem a síly při vytržení. Přímým vyhodnocením vývrtů byla stanovena charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci jako . Dále bylo posuzována pevnost v tlaku v závislosti na rychlosti prostupu ultrazvukových vln. Byly využity obě alternativy, které citovaná norma nabízí. Nejdříve přímým vytvořením vlastního regresního modelu a poté posunem tzv. základní křivky. V prvním případě byla charakteristická hodnota vyhodnocena jako a v druhém .

Jak uvádí článek [3] metodika uvedená v normě ČSN EN 13791 mírně nadhodnocuje charakteristickou pevnost betonu oproti ČSN EN 1990, což potvrdily i výpočty provedené v tomto příspěvku. Nadhodnocení samozřejmě znamená příklon na stranu nebezpečnou.



Obrázek 4: Posun základní křivky

Vyhodnocování pevnosti v tlaku v konstrukci pomocí nepřímých metod může být závažnější, jak je patrné z grafů 3 a 4, neboť závilost na nedestruktivních nebo polodestruktivních zkouškách, se kterou norma ČSN EN 13791 počítá, nemusí být v praxi statisticky významná. Tento fakt může v některých případech vést ke zkrácení vyhodnocené charakteristické pevnosti.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory výzkumného záměru č.: MSM 0021630511 s názvem: "Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí".

6. Použitá literatura

- [1] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. ČNI, 2004.
- [2] ČSN EN 13791: Posuzování pevnosti v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích. ČNI, 2007.
- [3] HOLICKÝ M., JUNG K., SÝKORA M., Statistické hodnocení zkoušek materiálových vlastností, ISBN 978-80-01-03794-2, s. 203 – 211, Praha, 2007
- [4] HOLICKÝ M., MARKOVÁ J., Zásady navrhování stavebních konstrukcí – příručka k ČSN EN 1990, ISBN 978-80-87093-27-6, Praha, 2007
- [5] VÍTEK L., Dlouhodobé sledování nosných konstrukčních betonů kolem šachty reaktoru JE Dukovany, dílčí část 1, VUT Fast v Brně, 2007

NORMOVÉ POSTUPY STANOVENÍ PEVNOSTI BETONU KONSTRUKCE VE VZTAHU K PEVNOSTNÍ TŘÍDĚ BETONU

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: habarta@volny.cz, www.volny.cz/habarta

Pevnost betonu v tlaku konstrukce je vlastnost, kterou při hodnocení konstrukci, zejména na konstrukci starých a starších, je potřeba vždy zjistit, neboť je nutno beton konstrukce zařadit do příslušné pevnostní třídy ve smyslu požadavků ČSN EN 206-1. Při zjišťování a zkoušení pevnosti betonu konstrukce se stanovuje tzv. charakteristická pevnost betonu v tlaku, na základě které se beton konstrukce zařazuje do pevnostní třídy. Pevnostní třída betonu konstrukce jedním ze základních ukazatelů hodnocení konstrukce. Metodiky stanovení charakteristické pevnosti jsou různé s ohledem na souběžnou platnost několika normových předpisů.

1. Obecně

Pevnost betonu v tlaku konstrukce lze posuzovat při provádění konstrukce na základě zkoušení betonu zkušebních krychlí o hraně 150 mm anebo válců o průměru 150 mm a výšce 300 mm, zhotovovaných a zkoušených v různých etapách výstavby konstrukce a vyhodnocením jejich výsledků pevnosti v tlaku podle ČSN EN 206-1. Tomu odpovídá i označení tříd pevnosti, kdy v označení C 15/20 je první číslo vztaženo ke zkoušce normových válců a druhé číslo ke zkoušce normových krychlí. Toto zkoušení se provádí v případě požadavku na prokázání shody nebo pochybností o dodaném a zpracovaném betonu, na který jsou projektem kladeny požadavky, které je nutno zkouškami ověřit k zajištění statických parametrů konstrukce. U konstrukci starších a starých tento způsob hodnocení nelze provést, a proto je nutno zkoušet konstrukce při využití jiných normových postupů v současnosti platných. Pro zkoušení konstrukci je možno v současné době využít několik normových předpisů, které mají odlišné metodiky zkoušení, ale všechny vyžadují vyjádření charakteristické pevnosti a na základě jejího zjištění zařazení do pevnostní třídy, které je základním ukazatelem při hodnocení konstrukce.

2. Normové předpisy určené pro hodnocení konstrukci

Normové předpisy, které lze použít pro zkoušení konstrukci a které jsou v současnosti platné, jsou tyto:

ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukci – Hodnocení existujících konstrukci

ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukci a v prefabrikovaných betonových dílcích

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukci

ČSN 73 2011 Nedeštruktivní zkoušení betonových konstrukci

ČSN EN 206-1 Beton – část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda

ČSN 73 1317 Stanovení pevnosti v tlaku

Tyto normy se odvolávají na další zkušební normy, z nichž dále uvádíme jen vybrané následující normy, důležité pro zjišťování pevnosti betonu, tj. ČSN 73 1373, ČSN 73 1370, ČSN EN 12504- Části 1 až 4, ČSN EN 12390 Části 1 až 7 (Přesná citace názvů těchto uvedených norem je v oddílu Použitá literatura). Dále je nutno vzít v úvahu, že mostní konstrukce navrhované a posuzované podle ČSN 73 6206 používají pro hodnocení a zařazení pevnosti betonu pevnostní značky a že jsou v porovnávání pevnostních tříd a pevnostních značek určité nepřesnosti.

3. Charakteristická pevnost v tlaku - betonu jednotlivých tříd a betonu v konstrukci

Pro některé stavební výrobky a materiály je postup určení charakteristických hodnot materiálových vlastností (tedy i např. pevnosti) dán v českých technických normách. Pro pevnost betonu při výrobě v ČSN EN 206-1, v konstrukci v ČSN EN 13791, ČSN EN 1990, ČSN ISO 13822, ČSN 732011. V ČSN 13791 je upozornění na nutnost respektovat národní předpisy, což je v našem případě ČSN 13822.

Stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku podle ustanovení a výpočtových vztahů z uvedených norem, vychází z (požadované – realizované) četnosti zkoušek (n), jejich výsledků, z výběrové střední hodnoty, z výběrové nebo předepsané směrodatné odchylky (s).

Charakteristická pevnost betonu – dle definice v ČSN EN 206-1 (tato definice byla převzata i do ostatních citovaných norem) je hodnota pevnosti, pro kterou lze očekávat a dovolit nižší hodnoty nejvýše u 5% základního souboru všech možných výsledků zkoušek pevnosti hodnoceného objemu betonu (5% kvantil).

a) Charakteristická pevnost jednotlivých tříd betonu se využívá při kontrole shody a identity dle ČSN EN 206-1 (oddíl 8, příloha B).

Zjišťuje se zkoušením na normových zkušebních tělesech – válcích nebo krychlicích – vyrobených z čerstvého betonu, v četnosti (n), která je předepsaná touto normou. Shoda betonu požadované třídy se hodnotí podle výběrové střední hodnoty (f_m (n)) a minimální pevnosti ve výběru (f_{ci} , nejmenší) srovnáním k předepsaným hodnotám.

Poznámka: Je nutné respektovat názor výrobců betonu – betonáren, že protokoly o kvalitě betonu „atesty z betonáren“ nezaručují kvalitu betonu v konstrukci, protože na výsledné vlastnosti betonu má vliv nejen výroba, ale i doprava, ukládání, zpracování a ošetřování. V případě sporu jsou pak tyto atesty nepoužitelné.

b) Charakteristická pevnost v tlaku betonu v konstrukci dle ČSN EN 13791 se využívá:

- k posouzení shody pevnosti betonu konstrukce;
- jsou – li pochybnosti o kvalitě betonu, neshodě nebo o kvalitě provádění nové konstrukce;
- k posouzení a k určení třídy betonu „staré“ konstrukce, která má být upravena, nebo byla poškozena, apod.

Beton v konstrukci lze posuzovat přímo z výsledků destruktivních zkoušek vývrtů z konstrukce (metoda je v ČSN EN 13791 uvedena jako referenční). Lze však využít také nepřímých metod zkoušení (jsou to v podstatě zkoušky nedestruktivní nebo zkoušky polo-

destruktivní). Nepřímé metody se mohou použít jen po kalibraci se zkouškami vývrtů. (viz ČSN EN 13791, část 8).

Z výsledků zkoušení se stanoví charakteristická pevnost v tlaku betonu v konstrukci ($f_{ck, is}$) a z této se určí třída (charakteristická pevnost) betonu ($f_{ck, cyl}$ nebo $f_{ck, cu}$), která odpovídá ČSN EN 206-1. V tab. 1 ČSN EN 13791 jsou uvedeny minimální charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci ve vztahu k pevnostní třídě podle ČSN EN 206-1. Pokud je charakteristická pevnost betonu v konstrukci rovna nebo větší než 85% f_{ck} , pak beton konstrukce vyhovuje podle pevnosti třídě specifikované v ČSN EN 206-1.

Poznámka: Není zatím jednoznačné, zda toto 85%snížení kritéria je regulérní pro hodnocení betonů starších konstrukcí, kdy jsou v projektu uváděny pevnostní třídy B xx anebo pevnostní značky.

Stanovení charakteristické pevnosti v tlaku v konstrukci dle ČSN EN 13791

- Char. pevnost v tlaku betonu v konstrukci zkušebních úseků ($f_{ck, is}$) se určuje přímo z výsledků destruktivních zkoušek pevnosti v tlaku vývrtů z konstrukce (kap.7) metodou A (pro případ 3 až 14 vývrtů) nebo metodou B (15 a více vývrtů)

- Char. pevnost v tlaku betonu v konstrukci zkušebních úseků ($f_{ck, is}$) se určuje z výsledků nepřímých zkoušek: tvrdosti betonu (R) ČSN EN 12504-2, rychlosti šíření UZ (vuz) – ČSN EN 12504-4, síly na vytržení (F) ČSN EN 12504-3. Využívá se příslušného kalibračního vztahu mezi ukazatelem nepřímé (nedestruktivní) a pevnosti v tlaku vývrtů odebraných v místech nepřímé zkoušky hodnocené konstrukce. Jsou 2 alternativy a to:

- alternativa 1 – „přímá korelace s vývrtů“ (čl 8.2.), pro konkrétní kalibrační vztah je potřeba min. 18 výsledků nepřímých a 18 výsledků destruktivních zkoušek pevnosti v tlaku vývrtů

- alternativa 2 – „kalibrace s vývrtů pro vymezený rozsah pevnosti použitím stanoveného vztahu“ (čl.8.3). Používá se „základní křivka“ (uvedená v normách pro nedestruktivní zkoušení), která se posune podle nejméně devíti dvojic výsledků nepřímých zkoušek (R, vuz, F) a destruktivních zkoušek pevnosti v tlaku vývrtů z míst nepřímých zkoušek.

Stanovení charakteristické pevnosti $f_{ck, is}$ v tlaku betonu v konstrukci z nepřímých zkoušek:

Pro každou zkušební oblast musí být založeno na zkoušení v nejméně 15 zkušebních místech. Pevnost se stanoví podle zpracovaných kalibračních vztahů. Směrodatná odchylka se vypočítá z výsledků zkoušek a charakteristická pevnost se určí ze vztahů, uvedených v kap.8.2.4 (menší hodnota ze vztahů: prům. pevnost – 1,48 s nebo min.pevnost +4).

Poznámka: Vhodnější je místo 1,48 s použít postup dle ČSN EN 13822

c) Význam charakteristických hodnot materiálových vlastností, tedy i charakteristické pevnosti v tlaku betonu konstrukce pro hodnocení existujících konstrukcí je zřejmý z ČSN ISO 13822. Norma určuje postup stanovení charakteristických hodnot materiálových vlastností (betonu, zdiva, atd.)

d) Pro stanovení charakteristické pevnosti lze použít také ČSN 73 2011, která udává výpočtové vztahy pro určení charakteristické pevnosti (v části 4 této normy jsou uvedeny 3 způsoby pro výpočet, a to při známém kalibračním vztahu, při známém upřesňujícím součiniteli α , při zkoušení bez upřesnění na vývrtech)

4. Porovnání charakteristické pevnosti betonu konstrukce dle různých metodik

Jak je z předchozího zřejmé, závisí především na počtu zkoušek, metodice zkoušení a způsobu vyhodnocení. Pro zajímavost uvádíme charakteristické pevnosti betonu konstrukce stanovené dle různých norem a při různém počtu dvojic výsledků zkoušek n – příklad 1: $n=18$; příklad 2: $n=10$.

	příklad 1	příklad 2
ČSN 73 2011	27,5 MPa	26,4 MPa
ČSN ISO 13822	28,3 MPa	27,3 MPa
ČSN EN 13791 čl.8.3	25,8 MPa	25,2 MPa
ČSN EN 13791 čl.8.2	30,0 MPa	28,9 MPa

Jak je z předchozího uvedeného vidět, výsledky stanovené charakteristické pevnosti betonu konstrukce stanovené podle různých platných norem se mohou odlišovat i v rozmezí 2 tříd.

Zvláště při použití ČSN EN 13791 a menšího výběru výsledků lze dosáhnout většího rozmezí ve stanovené charakteristické pevnosti betonu.

5. Závěr

Pevnost betonu v konstrukci je důležitým ukazatelem vlastnosti konstrukce. Na základě jejího zjištění stanovujeme charakteristickou pevnost betonu, podle které se zařazuje beton konstrukce do příslušné třídy podle ČSN EN 206-1. Je možností pro její stanovení použít různé metodiky zjištění, které jsou v souběžně platných normových předpisech a dávají při srovnání rozdílné hodnoty, které mohou vést k zařazení jednoho betonu těžce konstrukce do rozdílných tříd.

Je proto nutné při výsledném zařazení betonu vzít v úvahu, že se vždy jedná o odhad pevnosti a s tímto nahlížet na určení zařazení betonu podle třídy dle ČSN EN 206-1. Dle dosavadní praxe a převážně používání ČSN 73 2011 je vhodné zařadit zkoušený beton konstrukce do třídy nižší, než by přesně příslušelo podle vypočtené charakteristické pevnosti betonu konstrukce.

Nutno dodat, že pro hodnocení konstrukce je nutné provést nejen výpočtový postup pro zjištění charakteristik a respektovat také poznatky z vizuální prohlídky, upozornit na oblasti s poruchami anebo poškozené oblasti a toto je při hodnocení konstrukce nutno brát v úvahu.

Literatura

- [1] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a v prefabrikovaných betonových dílcích
 - [2] ČSN 73 2011 Nedeštruktivne skúšanie betónových konštrukcií
 - [3] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí - Hodnocení existujících konstrukcí
 - [4] ČSN 73 1373 Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
 - [5] ČSN EN 206-1 Beton - Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
 - [6] ČSN EN 1990 Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
 - [7] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 2: Nedeštruktivní zkoušení - Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
 - [8] ČSN EN 12504-3 Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 3: Stanovení síly na vytržení
 - [9] ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu - Část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu
 - [10] ČSN 731370
 - [11] Využití statistiky a korelačního počtu pro zpracování výsledků zkoušení
- Doc. Ing. Jaromír Vejchoda, Csc.

VLIV STRUKTURY BETONU NA HODNOTY ZRYCHLENÉ ZKOUŠKY DIFÚZE CO₂

Mgr. Iveta Plšková, Ph.D. (1)

Ing. Vlasta Juránková, CSc. (2)

prof. Ing. Jiří Adámek, CSc. (3)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav fyziky, Žižkova 17, 602 00 Brno, Česká republika, Tel. 541 147 655, e-mail: plskova.i@fce.vutbr.cz,

Web: <http://fyzika.fce.vutbr.cz/>.

(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav fyziky, Žižkova 17, 602 00 Brno, Česká republika, Tel. 541 147 652, e-mail: plskova.i@fce.vutbr.cz,

Web: <http://fyzika.fce.vutbr.cz/>.

(3) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, Česká republika, Tel. 541 147 801, e-mail: adamek.j@fce.vutbr.cz, Web: <http://www.fce.vutbr.cz/SZK>.

Anotace

Zrychlená zkouška difúze CO₂ (s 98% CO₂) nespĺňuje přesně podmínky normy, nicméně je velmi vhodná k posouzení stavu struktury zkoušeného betonu a k následnému porovnání struktury jiného betonu. Pro zkoušky byly vyrobeny 4 skupiny betonů, shodného složení lišící se od referenčního betonu přidáním dvou provzdušňovacích přísad (P, M), v dalším betonu byl uplatněn metakaolin (MK). Zkušební vzorky byly připraveny oddělením různých částí z jádrového vývrtu betonových těles vyrobených z uvedených typů betonových směsí. Na těchto betonech byla prováděna další měření trvanlivostních vlastností (např. propustnost pro vzduch a vodu, pohltivost, sorptivita).

1. Experimentální část

Výraz „trvanlivost betonu“ bývá používán jako obecný termín pro odolnost betonu vůči působení fyzikálních nebo chemických agresivních vlivů. Intenzita, podstata a mechanismus působení každého z těchto vlivů se může velmi výrazně lišit. V současné době neexistuje žádná metoda, kterou by se dala zjišťovat trvanlivost betonu v obecném smyslu. Vlivy ovlivňující trvanlivost betonu mohou být rozděleny do dvou základních kategorií: vnější vlivy a vnitřní vlivy. Mezi vnější vlivy řadíme chloridové ionty, oxid uhličitý, sírany, zmrazovací cykly, abraziva, bakterie atd. Mezi vnitřní patří např. chloridy, které se do betonu dostaly společně s urychlovači tuhnutí nebo alkálie v cementu, které mohou reagovat s reaktivními složkami kameniva [3]. Intenzita působení uvedených vlivů závisí na vlastnostech betonu, povrchu, pórovitosti cementového kamene a na agresivitě prostředí (druhu a koncentraci agresivních látek, teplotě a relativní vlhkosti a na ostatních vlivech působících na rozhraní beton – prostředí).

Karbonatace betonu je projevem „stárnutí“ betonu, jedná se o reakci mezi oxidem uhličitým v atmosféře a zplodinami hydratace cementu. Oxid uhličitý proniká do pórů betonu a reaguje s hydroxidem vápenatým, konečným produktem je karbonát, dochází k výraznému snížení pH betonu.

Pro výrobu referenčních zkušebních těles byla navržena receptura (viz. tab. 1) následujícího složení na 1 m³ směsi:

Tab. 1 Parametry betonu pevnostní třídy C 25/30

Cement CEM I 42,5 R	320 kg
Kamenivo frakce 0-4 Žabčice	144 kg
Kamenivo frakce 4-8 Tovačov	176 kg
Záměsová voda	218 l
Vodní součinitel $w = v/c$	0,68

Další receptury byly totožného složení s tím rozdílem, že do receptury „P“ bylo přidáno 40 ml provzdušňovací přísady PORALAN STA, do receptury „M“ 40 ml provzdušňovací přísady MICROPORAN a do receptury „MK“ 2,016 kg metakaolinu.

2. Zkušební vzorky

Zkušební vzorky byly připraveny oddělením různých částí z jádrového vývrtu betonových těles vyrobených z uvedených typů betonových směsí (obr.1)



Obr.1 Zkušební vzorky

obr. 2 Měřicí nádoba

Z důvodu zachování identických podmínek v průběhu jednotlivých experimentů byly zkušební vzorky nejprve vysušeny do ustálené hmotnosti a po té z důvodu ustálení teploty ponechány 24 hodin v laboratoři.

Následně byla zkušební tělesa utěsněna v měřicích nádobách (viz.obr 2) a poté vystavena proudění oxidu uhličitého. Oxid uhličitý, který pronikl zkušebním vzorkem se měřil kvantitativně. Měřicí nádoby obsahovaly přesné množství látky absorbující oxid uhličitý, v našich experimentech se jednalo o hydroxid draselný. Měřicí nádoby byly pečlivě utěsněny, aby nedocházelo k pronikání žádného plynu z okolního prostředí a byly uchovávány v atmosféře suchý oxid uhličitý/vzduch při teplotě (23 ± 2) °C. Jejich vážení probíhalo v pravidelných intervalech. Na obr.3 je fotografie měřicí aparatury. Postup měření propustnosti oxidu uhličitého předepisuje norma ČSN EN 1062-6. [1] Zrychlená zkouška difúze CO₂ (s 98% CO₂) nesplňuje přesně podmínky normy, ale je vhodná k hodnocení stavu struktury zkušebního betonu.

Propustnost oxidu uhličitého se stanovila z nárůstu hmotnosti hydroxidu draselného. Stanovení propustnosti oxidu uhličitého bylo ukončeno po dosažení ustáleného stavu, kdy přírůstek hmotnosti zkušební nádoby zůstal během dvou následných časových intervalů konstantní. Na obr. 4 je fotografie hydroxidu draselného před zahájením zkoušky difúze, ihned po umístění do měřicí nádoby, na obr. 5 je fotografie po ukončení zkoušky.



Obr. 4 „KOH“ před experimentem



Obr. 5 Zreagovaný „KOH“ po experimentu



Obr. 3 Měřicí aparatura

3. Výstupy a výsledky

Propustnost oxidu uhličitého i [g/m²d] udává množství oxidu uhličitého v gramech, které pronikne za jeden den zkušebním vzorkem o ploše jeden metr čtvereční při definovaném parciálním tlaku nebo definovaném koncentračním rozdílu. Propustnost oxidu uhličitého i je tedy závislá na tloušťce zkoušeného vzorku. Koeficient difúzního odporu μ [-] je koeficient udávající, kolikanásobně je daný zkušební vzorek za stejných podmínek odolnější proti průniku oxidu uhličitého než statická vzduchová vrstva o stejné tloušťce – není závislý na tloušťce zkoušeného vzorku. Dále byla určena difúzní ekvivalentní tloušťka vzduchové vrstvy sD , což je součin koeficient difúzního odporu μ a tloušťky vzorku (je tedy opět závislá na tloušťce vzorku).

V tab. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty vypočítané z konstantního přírůstku hmotnosti hydroxidu draselného.

tab. 2 Průměrné hodnoty při konstantním přírůstku hmotnosti KOH

PRŮMĚRNÉ HODNOTY (při konstantním přírůstku hmotnosti KOH)				
Označení vzorků	Tloušťka vzorku [mm]	i [g/m ² d]	s_D [m]	μ [-]
MK	12,0	183	1,35	112
M	10,0	160	1,55	155
P	8,1	126	1,97	159
referenční	9,8	139	1,79	182

4. Závěr

Testovány byly 4 soubory betonových vzorků: referenční záměs, záměs s provzdušňovací přísadou PORALAN STA, záměs s provzdušňovací přísadou MICROPORAN a záměs s metakaolinem. Přidání provzdušňujících přísad do zkoušených betonových směsí snížilo koeficient difúzního odporu μ o 12 až 15% oproti referenční směsi. Přidání metakaolinu snížilo koeficient difúzního odporu μ o 38 % vzhledem k referenční směsi. Zvýšení propustnosti pro CO₂ u záměsi s metakaolinem může být způsobeno dřívějším vysycháním struktury betonu. Obdobné výsledky při měření trvanlivostních vlastností byly zjištěny i jinými metodami měření. V práci [1] bylo zaznamenáno zvýšení vzduchové propustnosti měřené přístrojem TPT u betonových vzorků provzdušněných a betonových vzorků s metakaolinem.

Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu VVZ MSM 0021630511 „Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí“.

Literatura

- [1] Schauerová, Renata. Analýza vlivu působení provzdušnění betonu, hydrofobních nátěrů a následného ošetření betonu na jeho trvanlivostní vlastnosti: diplomová práce. Brno, 2007.
- [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] Pytlík P., Technologie betonu, VUT v Brně 2000

VODOU ŘEDITELNÉ EPOXIDOVÉ DISPERZE A JEJICH VLIV NA PEVNOST POLYMERCEMENTOVÝCH MALT

Ing. Michal Stehlík, Ph.D. (1)
Ing. Jan Koukal, CSc. (2)

(1) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541147820, fax: 541147826, e-mail: stehlik.m@fce.vutbr.cz

(2) Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541147819, fax: 541147826, e-mail: koukal.j@fce.vutbr.cz

Anotace

Moderní epoxidové disperze, používané jako přísady do cementových malt a betonů, musí splňovat ekologické požadavky Evropské unie ohledně obsahu pomocných rozpouštědel. Zajímavé porovnání tlakových a ohybových pevností testovaných receptur polymercementových malt vede k opatrnosti při dávkování těchto disperzních přísad. Aplikace vodou ředitelných disperzí ve formě přísady do cementových malt a betonů v sobě skrývá celou řadu jak pozitivních, tak bohužel i negativních vlivů na fyzikálně mechanické a přetvárné vlastnosti jak čerstvé, tak i zatvrdlé maltové směsi.

1. Úvod

Polymercementové malty a betony se liší od malt a betonů cementových, vápenných či polymerových obsahem dvou různě se chovajících pojiv:

- základní převládající pojivo – cement
- doplňující pojivo – polymer (přísada).

Spojením obou látek v polymercementové maltě či tmelu dojde ke vzájemnému spolupůsobení mezimolekulárních soudržných sil. Obě zmíněná pojiva mezi sebou chemicky nereagují. Základní vlastnosti vzniklého kompozitu jsou limitovány vždy pojivem, jež tvoří kontinuální fázi (většinou cementový tmel). Polymery se používají jako přísady do cementových betonů ke zvýšení pevnosti v tahu a ke zvýšení přilnavosti k podkladu. Jako polymerní přísady jsou používány polymerní disperze, roztoky rozpustných monomerů a polymerů, emulze z pryskyřic, občas kapalné pryskyřice bez rozpouštědel, jež nejsou citlivé na vlhkost (epoxydy Rezanol, Telalit, Hydrex).

Vodné disperze polymerů jsou nepravé roztoky (disperze), jež obsahují vodu, polymer a přísady (emulgátory, změkčovačla). Většina disperzí z polymerů patří ke koloidním disperzím s velikostí částic 5- 0,1 μ m [2]. Pro výrobu polymercementových kompozitů jsou používány disperze z termoplastů a elastomerů. U nás vyráběné disperze, přicházející v úvahu pro výrobu polymercementových kompozitů, jsou: polyvinylacetátové, vinylacetátakrylátové, styrenakrylátové a akrylátové. Z pryskyřic, rozpustných ve vodě, lze použít např. melaminovou pryskyřici a furalalkohol.

V polymercementových kompozitech používáme přednostně jakostnější portlandské cementy vzhledem k tomu, že pevnost v tlaku u těchto směsí většinou klesá o 10-20%. Požadavky na plnivo jsou u polymercementových kompozitů shodné s požadavky u běž-

ných cementových betonů. Optimalizace množství polymerních přísad je jedním z cílů této práce, obecně je v literatuře udávána hodnota 5-10% hmotnostních vztaženo k cementu [1]. Při větším množství je ohrožena odolnost kompozitu proti degračním vlivům trvalého umístění ve vlhku a vodě.

Z hlediska technologie je výroba polymercementové směsi odolná jako při výrobě běžných cementobetonových směsí. Polymerní disperze musí být vmíšena do záměsové vody. Většina disperzí má na betonovou směs plastifikační účinek, navíc disperze často vytváří pěnu, proto je nutno do polymercementových směsí přidávat protipěnicí přísady.

Hlavním výzkumným cílem práce je porovnat vliv vodou ředitelných epoxidových disperzí (přísad) tuzemských i zahraničních, starších rozpouštědlových i novějších bezrozpuštědlových na fyzikální (plasticita směsi) i mechanické (pevnost v tahu za ohybu, tlaku) vlastnosti polymercementového betonu (malty).

2. Příprava vzorků, receptury, typy disperzí a zkušební zařízení

Testování fyzikálních a mechanických vlastností polymercementového betonu event. malty bylo prováděno na celkem 54 normových trámečcích rozměrů 40x40x160 mm, vyrobených dle dvou základních receptur (viz tab. 1) s přidávkem variabilního množství několika typů vodou ředitelných epoxidových disperzí (přísad).

Tab. 1 Receptury maltové směsi na výrobu normových trámečků rozměrů 40x40x160 mm

Číslo receptury	Předp. pevnost v tlaku (MPa)	Skutečná pevnost v tlaku 28denní (MPa)	Množství jemného kameniva (g)	Množství cementu CemI 42,5R (g)	Množství záměsové vody (l)	Množství emulze z hmot. cementu (%)	Druh emulze
I	16,0	9,0	1580,0	153,6	0,107	0	bez emulze
		7,0				3	200V55+Telalit E1-M+Telalit
		14,0				6	E1-M +T180/D400
II	25,0	19,0	1529,0	202,0	0,112	0	bez emulze
		23,6				3	200V55+Telalit E1-M+Telalit
		13,0				6	E1-M +T180/D400

Maltové trámečky byly po odformování uloženy 28 dní ve vlhkém prostředí, poté byla jejich vlhkost upravena sušením na max. 1% hmotnostní. V případě výroby maltových trámečků s přidávkem 3 a 6% emulze bylo nutno tuto vodní emulzi vmíchat předem do záměsové vody. I přes částečný plastifikační účinek disperze nebylo nijak upravováno stanovené množství záměsové vody.

Přísada 3 a 6% disperze do cementové malty znamená odvážená 3 (nebo 6) % tekuté vodou ředitelné disperze včetně tvrdidla z hmotnosti cementu (dle receptury tab. 1). Do cementových malt receptury I a II byly přidávány tyto kombinace vodou ředitelných disperzí a tvrdidel:

a) epoxidová disperze CHS Epoxy 200V55 + tvrdidlo Telalit 180

Jedná se o disperzi druhého typu založenou na dispergaci středně nebo výše molekulární epoxidové pryskyřice ve vodě. Pro dosažení potřebných vlastností musí obsahovat určité množství pomocného rozpouštědla (výrobce: Spolek pro chemickou a hutní výrobu, Ústí n. Labem). Tato epoxidová disperze se aplikuje jako dvousložková nátěrová hmota – v našem případě byla vytvrzována polyaminickým tvrdidlem Telalit 180 (výrobce: Spolek pro chemickou a hutní výrobu, Ústí n. Labem). Poměr mísení pro stávající kompozici je 100:27.

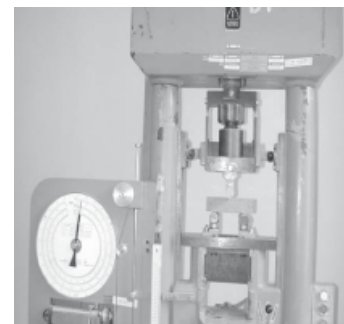
b) epoxidová disperze E1-M + tvrdidlo Telalit 180

Zde se jedná o nově testovanou disperzi třetího typu obsahující malé množství nebo vůbec žádná pomocná organická rozpouštědla – disperze je zahrnována do tzv. „eco-friendly coatings“, tj. ekologicky příznivých pojiv (vývoj: Synpo Pardubice a.s.). Poměr mísení pro stávající kompozici je 100:27.

c) epoxidová disperze E1-M + tvrdidlo T18/D400

Pro nově vyvinutou disperzi E1-M a nově testované tvrdidlo T180/D400 (vývoj: Synpo Pardubice a.s.) je poměr mísení pro stávající kompozici následující: na 100 hmotnostních dílů disperze E1-M se přidává 13 dílů tvrdidla T180/D400.

Pevnosti v tahu za ohybu normových trámečků z cementových a polymercementových malt (dle rec. I a II tab. 1) byly stanoveny na lisu rozsahu 5 kN (viz obr. 1), pevnosti v tlaku pak na obou zlomcích z předchozí zkoušky mezi tlačnými destičkami rozměrů 40x40 mm v lise o rozsahu 40 kN (viz obr. 2).



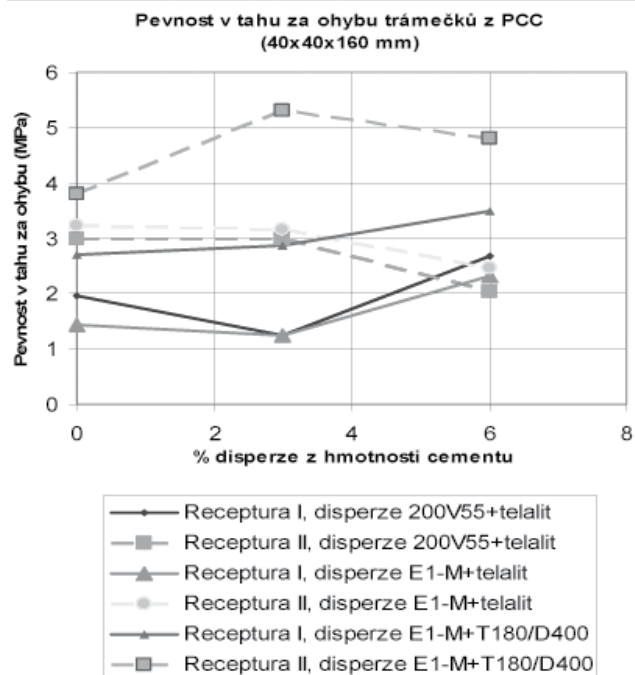
Obr. 1 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu na normových trámečcích 40x40x160 mm



Obr. 2 Stanovení pevnosti v tlaku na normových trámečcích 40x40x160 mm

3. Popis experimentální práce

Dle receptury I bylo vyrobeno celkem 27 normových trámečků bez a s disperzní přísadou, tedy: 9 normových trámečků bez přísady (0% vodou ředitelné disperze), 9 normových trámečků s přísadou 3% vodou ředitelných disperzí, a sice 3 trámečky s disperzí 200V55+Telalit 180, 3 trámečky s disperzí E1-M + Telalit 180 a 3 trámečky s disperzí E1-M + T180/D400 a 9 normových trámečků s přísadou 6% vodou ředitelných disperzí, a sice 3 trámečky s disperzí 200V55 + Telalit 180, 3 trámečky s disperzí E1-M + Telalit 180 a 3 trámečky s disperzí E1-M + T180/D400.

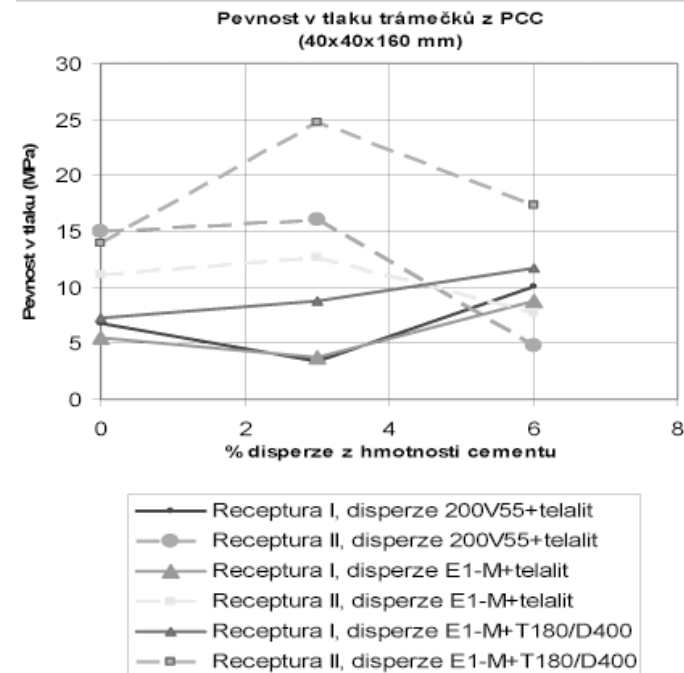


Graf 1 Pevnosti v tahu za ohybu normových trámečků 40x40x160 mm z PCC

Dle receptury II bylo vyrobeno stejné množství i stejné kombinace normových trámečků jako v případě receptury I. Po 28 denním vlhkém uložení trámečků následovala úprava jejich vlhkosti v elektrické horkovzdušné sušárně na max. 1% hmotnostní. Výsledky rozdílných pevností v tahu za ohybu u obou receptur malt vzhledem k variabilnímu procentu tří typů vmíchaných vodních disperzí jsou zpracovány v grafu 1. Výsledky rozdílných pevností v tlaku u obou receptur malt vzhledem k variabilnímu procentu tří typů vmíchaných vodních disperzí jsou zpracovány v grafu 2.

4. Zhodnocení a porovnání výsledků

Graf 1 zobrazuje vliv zvyšujícího se množství přísady ve formě vodních disperzí na výslednou pevnost v tahu za ohybu u dvou maltových receptur. Je zajímavé, že větší množství přísady (cca 6% disperze) vylepší pevnost v tahu za ohybu horší receptury I (28 denní předpokládaná pevnost v tlaku 16 MPa). Naopak u lepší receptury II (28 denní předpokládaná pevnost v tlaku 25 MPa) větší množství přísady (cca 6% disperze) snižuje u PCC malt výslednou pevnost v tahu za ohybu. Z grafu 1 lze tedy vyvodit tento závěr: při míchání kvalitnějších cementových betonů nebo malt lze jejich pevnost v tahu za ohybu zvýšit přidáním relativně menšího množství disperzní přísady (3% z hmotnosti cementu) ve srovnání s velmi nekvalitními cementovými betony a maltami (6% z hmotnosti cementu). Velká pevnostní diference v každé trojici křivek, odpovídající rec. I a II, je způsobena asi dvouměsíčním časovým posunem v realizaci dílčích záměrů. Tato prodleva byla způsobena vývojem nového typu tvrdidla T180/D400, které bylo třeba zahrnout do výzkumných prací.



Graf 2 Pevnosti v tlaku normových trámečků 40x40x160 mm z PCC

Graf 2 zobrazuje opět vliv zvyšujícího se množství přísady ve formě disperzí na výslednou pevnost v tlaku u obou maltových receptur. Výsledné porovnání křivek závislosti procenta disperze / pevnost v tlaku dává podobný závěr jako v předchozím případě u grafu 1, tedy větší množství přísady (cca 6%) vylepší pevnost v tlaku u horší receptury I (28 denní předpokládaná pevnost v tlaku 16 MPa). V případě lepší receptury II (28 denní předpokládaná pevnost v tlaku 25 MPa) stačí pro částečné zvýšení pevnosti v tlaku pouze menší množství přísady (cca 3%), větší množství přísady naopak výslednou pevnost radikálně snižuje. Závěrem lze tedy konstatovat, že přidávek vhodného množství přísady ve formě vodou ředitelné disperze vylepší pevnostní vlastnosti cementových malt a betonů. Disperzní přísada navíc zvýší adhezi betonů a malt k podkladu a vzhledem ke svému plastifikačnímu účinku dovolí i značné snížení vodního součinitele. Nicméně při návrhu receptury a vlastním míchání maltové nebo betonové směsi je třeba bedlivě hlídat maximální množství přísady, které by nemělo i u velmi špatných betonů překročit 6% z hmotnosti cementu. Zajímavé vychází i porovnání rozdílu vlivu starších (rozpouštědlových – 200V55) a novějších (bezropouštědlových – E1-M) disperzí (i v kombinaci se starším tvrdidlem Telalit 180 a nově vyvinutým T180/D400) na výsledné pevnosti polymercementových malt. Lze říci, že všechny zkombinované varianty dvou disperzí a dvou tvrdidel mají téměř shodný vliv na nárůst event. pokles pevností sledovaných polymercementových malt a betonů, snad s výjimkou bezropouštědlové disperze E1-M a nově vyvinutého tvrdidla T180/D400. Tato kombinace moderní disperze a tvrdidla vykazuje při 3% adici (z hmotnosti cementu) do

záměšové vody připravované cementové malty snad nejstrmější nárůst pevností v tlaku a tahu za ohybu testované polymercementové malty. Avšak po překročení 3% adice disperze obě hodnoty testovaných pevností začínou silně klesat, na vině je plastifikační efekt vodou ředitelných disperzí a v neposlední řadě i jejich zpěňovací účinek při míchání s cementovou kaší.

Závěry této části práce nás de facto směřují k cestě dalšího výzkumu. Bylo by přínosné teoreticky vysvětlit i prakticky prokázat změny pevností kvalitativně rozdílných polymercementových malt při větší adici vodouředitelných disperzí s ohledem na rozdílnost vnitřní struktury a fyzikálních vlastností maltové hmoty. Větší pozornost by měla být upřena na zkoušky propustnosti, pórovitosti otevřené i uzavřené, mezerovitosti a nasákavosti maltové hmoty. Vzhledem k povzbudivým výsledkům zde popsané výzkumné práce by bylo vhodné dále testovat obsáhlejší spektrum polymercementových malt.

5. Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory výzkumného úkolu MPO č. FT-TA 3/056 „Vodou ředitelné epoxidové disperze nové generace“ a výzkumného záměru VVZ MSM 0021630511.

6. Použitá literatura

- [1] Schulze, W.; Fischer, W.; Ettl, W.; Lach, V.: Necenové malty a betony, SNTL, Praha, 1990
 [2] Šauman, Z.: Úvod do fyzikální chemie obecné a stručné základy fyzikální chemie silikátů, SNTL, Praha, 1965

SILIKONOVÉ A NESILIKONOVÉ HYDROFOBIZAČNÍ PROSTŘEDKY K OCHRANĚ BETONU

Ing. Kateřina Zetková
 Ing. Igor Ferenčík

SYNPO, akciová společnost, S.K. Neumanna 1316, 532 07 Pardubice
 Tel. 466 067 298, e-mail: katerina.zetkova@synpo.cz
 Web: www.synpo.cz

Anotace

Úprava stavebních materiálů hydrofobizačními prostředky je již po mnoho let nezbytným technologickým postupem, který prodlužuje životnost moderních i historických staveb. Hydrofobizace nejen zabraňuje pronikání kapalné vody do pórů podkladu, ale také zkracuje její kontakt s povrchem. To snižuje riziko řady fyzikálních i korozně-chemických procesů ve stavebních materiálech a také jejich biodegradace. Značně se tím zamezuje nebezpečí poškození mrazem, omezuje působení vodorozpustných solí a potlačuje existence živých organismů, jako jsou řasy a houby na povrchu i uvnitř materiálu. Hydrofobizace, nebo-li vodoodpudivost, spočívá ve změně vlastností ošetřovaného podkladu, která podstatně zvyšuje úhel smáčení.

1 Podstata úpravy - interakce mezi vodou a hydrofobní nebo nehydrofobní úpravou povrchu

Když minerální substrát přichází do styku s kapalnou vodou, je voda absorbována do pórů materiálů kapilárními silami. Kapilární síly jsou určeny: povrchovým napětím kapaliny, smáčecím úhlem mezi kapalinou a stěnami pórů a průměrem pórů. Těsné póry přitahují vlhkost silněji, než póry široké. Viskózní kapaliny jsou pomaleji absorbovány než kapaliny s nižší viskozitou. Malý smáčecí úhel (<90°) vyznačuje molekulární přitažlivost mezi kapalinou a substrátem. Kapka zvlhčuje povrch, má tendenci se rozšiřovat a je absorbována. Vnitřní úroveň kapaliny v kapiláře leží nad vnější úrovní. Jestliže přitažlivost mezi povrchem substrátu a kapalinou je nulová, úhel smáčení je >90°, kapka vody zůstává kulatá a kapalina uvnitř kapiláry je stlačovaná pod úroveň vnějšího povrchu.

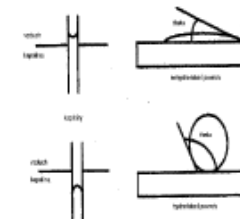
Molekulární přitažlivost mezi vodou a pórovitým materiálem může být zeslabena použitím hydrofobní úpravy.

2 Vybrané metody testování účinnosti hydrofobizace

Požadavky na kvalitu hydrofobní impregnace jsou určeny normou EN 1504-2.

Hloubka penetrace

Existují různé používané postupy. Podle výkladu navržené evropské normy, by hloubka penetrace měla být definována s přesností 0,1 mm a zjištěna rozlomením upraveného vzorku a exponováním povrchu zlomu vodou.



Obr. 1: Interakce mezi vodou a hydrofobní nebo nehydrofobní úpravou povrchu

Absorpce vody a odolnost k alkáliím

Odolnost by měla být hodnocena podle normy EN 13580. Absorpce by měla být nižší než 7,5 % a po ponoření do roztoku alkálií by měla být nižší než 10 %.

Zkouška vysoušení pro hydrofobní impregnaci povrchu pórů

Zkouška by měla být prováděna podle EN 13579. Rychlost vysychání by měla být větší než 30 %.

Difúze chloridových iontů

Zatím není specifikována zkušební metodika a nejsou definovány ani požadované hodnoty difúze.

Stanovení ztráty hmoty po podrobení cyklu mrznutí a tání

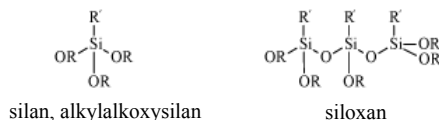
Ztráta hmoty se provádí podle metodiky EN 13581. Eroze povrchu impregnovaných vzorků musí odolat alespoň 20 cyklům navíc, než u neimpregnovaných vzorků. Tento test je nezbytný jenom pro konstrukce, které mohou přicházet do styku s rozmrazovacími solemi, jako jsou mosty či tunely a je potom povinný.

3 Nejčastěji používané hydrofobizační prostředky a srovnání jejich penetrační účinnosti

Výrobky	Penetrace
Organické polymery	Nízká
Silany	Výtečná
Siloxany	Výtečná
Polysiloxany	Dobrá
Fluorované oligomery	Výtečná

Hydrofobní prostředky na bázi silikonových sloučenin

Hydrofobní prostředky na bázi silikonových sloučenin jsou již na trhu dlouhodobě zavedeny, a to jak pro vodu ředitelné, tak i rozpouštědlové systémy. Pro hydrofobní penetraci je doporučované použití silanů a siloxanů. Jejich chemická struktura je jednoduchá:



Obr. 2: Chemická struktura hydrofobizačních prostředků na bázi silanů a siloxanů

R bývá obvykle methyl nebo ethyl skupina, R' bývá organická skupina obvykle větší než >C4

Silany mají nejmenší molekuly, jejich impregnační vlastnosti jsou nejučinnější a jejich použití je vhodné zejména pro úpravu kvalitních, méně porézních betonů. Siloxany mají větší molekuly, a proto jsou vhodné pro pórovitější materiály, jako jsou cihly nebo přírodní kameny. Siloxany obsahují obvykle 2 až 10 substituovaných křemíkových atomů. Polysiloxany mají relativně velké molekuly a jejich použití je vhodné pro pórobetony nebo pro vápno-cementové omítky.

Hydrofobizace spočívá ve vytvoření tenkého filmu hydrofobního prostředku, ale pouze na vnitřním povrchu pórů ošetřovaného materiálu. Tento film je velmi tenký, o tloušťkách několika molekul a prakticky nezmenšuje průměr pórů. Přitom ale průchod kapalně vody póry je výrazně potlačen, zatímco plyny, včetně vodní páry nemají průchod omezen, i když částečně je snížený vzhledem k neošetřenému materiálu.

Hydrofobní prostředky na bázi fluorovaných sloučenin

Fluorované sloučeniny mají ojedinělé vlastnosti ve snižování povrchového napětí až pod hodnotu <20 mN/m, které je nedosažitelné jinými typy chemikálií. Jejich využití pro hydrofobní a zejména oleofobní povrchovou úpravu stavebních materiálů může být významné. Vyvinuty jsou sloučeniny jak pro vodu ředitelné, tak i rozpouštědlové systémy. Z hlediska trvanlivosti, jsou fluorované sloučeniny srovnatelné se silikony.

Příznivé povrchové vlastnosti fluorovaných sloučenin jsou dané jejich nízkým povrchovým napětím.

Při použití fluorovaných sloučenin k povrchové úpravě stavebních materiálů lze zajistit tyto příznivé vlastnosti impregnovaných substrátů:

- ochrana proti poškození působením vody a vodorozpustných solí;
- konzervace estetického vzhledu ochranou proti působení olejových látek nebo jiných nečistot;
- snadná čistitelnost;
- zachování původního barevného odstínu, transparentní úprava;
- propustnost pro vodní páru.

Impregnace substrátu fluorovanými sloučeninami zajišťuje nejen účinnou ochranu proti vodě, ale zajišťuje také odpudivost proti olejům, mastnotě anebo špíně. Adheze nečistot na impregnované substráty je velmi nízká, a proto také jejich odstranění z povrchu je velmi snadné a špinění je velmi nízké. Znečištěné povrchy se dají snadno vyčistit a přitom vodní pára dobře povrchově upraveným materiálem penetruje. Hlavní rozdíl mezi fluorovými sloučeninami a silikonovými či uhlovodíkovými je v tom, že jenom fluorové sloučeniny mají schopnost odpuzovat olejové skvrny a jiné nečistoty ze substrátů. Pokud je požadována od povrchové úpravy jenom odpudivost vody, jsou plně dostačující silikonové přípravky.

Použití fluorovaných sloučenin pro hydrofobní úpravu nemá dlouhou historii. Je to také podloženo v nabídce hydrofobních produktů na trhu. Není nám známo, že by je nabízela některá z českých firem. V Německu z 22 firem, které nabízejí hydrofobní prostředky pro stavebnictví, pouze jedna firma nabízí i prostředky na bázi fluorovaných sloučenin. Navíc, dřívější nepodložené informace o škodlivosti fluorových sloučenin, omezily jejich rozšiřování v posledních letech, zejména v oblasti stavebnictví.

Polymerní hydrofobní přípravky

Sortiment používaných polymerních přípravků je široký, i když je zřejmé, že tyto přípravky nedosahují takových vlastností jako při použití silikonových sloučenin. Rozhodujícím popudem k použití polymerních přípravků je jejich nižší cena ve srovnání se silikonovými nebo fluorovanými výrobky. V posledních letech jsou na trhu akrylové disperze s velikostí částic molekul polymeru od 30 do 80 nm. Tyto disperze mají dobré penetrační schopnosti a mohou zlepšit účinnost používaných vodou ředitelných penetrací.

Ostatní hydrofobní prostředky

Z ostatních přípravků používaných k hydrofobizaci či impregnaci mají význam především přípravky založené na silikátových sloučeninách. Kombinaci dobrých bariérových vlastností s propustností vodních par a přiměřenou pružností lze zajistit použitím směsi křemičitanu draselného a lithného v určitém vzájemném poměru. Dobrou odolnost těchto materiálů k působení vody lze ale zajistit jenom v jejich kombinaci se silany či siloxany.

4 Porovnání účinnosti vybraných penetračních prostředků na různých bázích

Vodné disperze

Tyto systémy se používají zejména pro zpevňování omítek. Celkem bylo naformulováno pět typů penetračních prostředků na bázi převážně akrylátových kopolymerních disperzí s velikostí částic od 150 nm až po ultra jemné. Byl sledován vliv koncentrace, doby penetrace, velikosti částic, povrchového napětí a viskozity.

Penetrační prostředky na bázi vodných disperzí lze s výhodou použít na konsolidaci podkladu, ale už podstatně méně jako ochranné hydrofobní penetrace s odolností vůči alkáliím, mrazu a posypovým solím. Nebyl potvrzen ani vliv koncentrace, popř. doby penetrace na zlepšení výše zmíněných vlastností.

Epoxidy a polyuretany

Penetrační roztoky byly připraveny na bázi středně molekulárních epoxidových pryskyřic, nízkomolekulární epoxyakrylátové pryskyřice a 100% epoxidové pryskyřice. Dále byl připraven roztok na bázi jednodíložného polyuretanu vytvrzovaného vzdušnou vlhkostí.

Sloučeniny na bázi epoxidových pryskyřic se používají a lze je doporučit zejména ke zpevnění objektů v případě hlubších prasklin, kde křemičité sloučeniny by nemusely být dostatečně účinné. Nevýhodou může být vyšší viskozita a dále, že se jedná o 2K systémy. Následně u památkových objektů může být nevýhodou, že jsou z objektů téměř neodstranitelné. Další nevýhodou může být změna barevného odstínu, popř. lesk.

Penetrace byla provedena standardním způsobem jako u jiných materiálů. Přestože viskozita připravených penetrantů byla dostatečně nízká, nebylo tímto způsobem dosaženo dostatečné hloubky penetrace, což vedlo při testování mrazuvzdornosti ke vniknutí 3% roztoku solanky do testovaného tělesa a následně k odloučení celé zpevněné vrstvy. Testu mrazuvzdornosti nevyhověl ani jeden z testovaných penetračních prostředků a k rozpadu zkušebních kostek docházelo již i po 5 zmrazovacích cyklech.

Hydrofobní prostředky na bázi fluorovaných sloučenin

Fluorované sloučeniny byly připraveny jako 10% roztoky v příslušném rozpouštědle. Výhodnější absorpční koeficient pro vodu, ale i odolnost alkáliím poskytovaly zejména roztokové typy fluorovaných sloučenin před vodou ředitelnými typy.

Silikonové sloučeniny

Byla připravena celá řada penetrací na bázi VŘ i rozpouštědlových silanů, siloxanů a polysiloxanů od firmy Degussa, Wacker, Tego, Neo Resins, KCC Corporation a hodnoceny byly i penetrace na bázi produktů z Lučební závody Kolín. Odolnost vůči i alkáliím byla

splněna u většiny penetračních prostředků testovaných na maltových substrátech. Zejména vyhověly všechny rozpouštědlové typy, ale i většina vodou ředitelných. Horší výsledky byly dosaženy u pískovcových substrátů.

Mrazuvzdornost a odolnost impregnovaného substrátu rozmrazovacím solím byla standardně hodnocena na betonových tělesech a na pískovci. U betonových těles normě vyhověly zejména rozpouštědlové typy silanů a polysiloxanů. Průběh degradace pískovcových těles opět probíhal odlišně od betonových. Nedocházelo k rozpadu hmoty jako celku, ale k jejímu postupnému úbytku. Tělesa nejprve absorbovala po prvních 10 cyklech 5-10 % solanky, ve které probíhalo testování, a teprve následně došlo vlivem zmrazovacích cyklů k postupnému odlupování hmoty.

5 Synergický efekt

Byly připraveny kombinace 5% a 4% roztoků silikonových sloučenin a 5% a 1% roztoků fluorovaných sloučenin k okamžité aplikaci. K posouzení synergie byly zvoleny tyto metody: „Absorpce vody a odolnost hydrofobních impregnací proti alkáliím“, „Hodnocení odolnosti vůči olejům, mastnotě a špíně“ a „Zkouška vodotěsnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí“.

Synergický efekt nebyl patrný u většiny z hodnocených parametrů. Pouze u testu odolnosti vůči olejům, mastnotě a špíně došlo přidávkem již malého množství fluorovaných sloučenin ke zlepšení oleofobity. Dále přidávek 1 % fluorovaného akrylátu k silanu, popř. k polysiloxanové emulzi snižoval spotřebu většiny penetračních roztoků, a to jak u maltových, tak i u pískovcových substrátů

6 Odolnost mikroorganismům

V mikrobiologických laboratořích Univerzity Pardubice byly testovány antimikrobiální účinky hydrofobních penetrací na bázi silikonových sloučenin. Tyto penetrace vykazovaly silnou inhibici plísní. V některých případech došlo ke snížení počtu spór plísní až o 6 řádů.

7 Závěr

Vodné disperze lze použít na konsolidaci podkladu, ale už podstatně méně jako ochranné hydrofobní penetrace s odolností vůči alkáliím, mrazu a posypovým solím. Nebyl prokázán významný vliv velikosti částic testovaných disperzí na měřené vlastnosti.

Epoxidy vytvrzované tvrdidly na bázi aminů nelze doporučit jako samotné penetrace, lze je ale doporučit ke zpevnění hlubších prasklin.

Roztokové typy fluorovaných penetrací poskytovaly výhodnější absorpční koeficient pro vodu, ale i příznivou odolnost alkáliím před vodou ředitelnými typy. Lze vybrat typy, které výrazně zlepšují odolnost substrátu vůči mrazu a posypovým solím. Zajišťují výbornou oleofobitu, ale i odolnost zašpinění. Znečištěné povrchy se dají velice snadno vyčistit. Nevýhodou u testovaných typů bylo, že způsobovaly změnu barevného odstínu. Tento nedostatek je možné zlepšit kombinací fluorovaných sloučenin a sloučenin na bázi silikonů.

Penetrace na bázi silanů, siloxanů a polysiloxanů vyhověly odolnosti vodě a alkáliím na maltových substrátech. O něco horších výsledků bylo dosaženo u pískovcových substrátů. Odolnosti mrazu a rozmrazovacím solím vyhověly zejména rozpouštědlové typy silanů a polysiloxanů.

Synergický efekt měl především význam ve zlepšení odolnosti olejům. Příklad 1 % fluorovaného akrylátu k silanu, popř. k polysiloxanové emulzi snižoval spotřebu většiny penetračních roztoků.

Superhydrofobní penetrace na bázi silikonů vykazovaly silnou inhibici plísní.

Literatura

1. K.Zetková, I.Ferenčík: Faktory ovlivňující hloubkový penetrační účinek NH na porézni substráty. Synpo, červen 2003.
2. H.Gary: Concrete International, 2004,26/5/, 81-83.
3. R.B.Polder+ další: Corrosion of reinforcement in Concrete Construction, Royal Society of Chemistry, 1996, 546-55.
4. Raupach+ další: Coatings for Masonry, Konference 30.6-1.7.2003,Brusel, před.č. 17.
5. L.Wolff: PPCJ, September, 2003, 12-15.
6. M.Raupach, J.Brockman: VII.Inter.Conf.Bologna, 28-30.V. 2001., str.161-170.
7. H.Peeters, M.Pabon: Coatings for Masonry, Brusel, před. č. 7.
8. Salvatore Re : Coatings for Masonry, Brusel, před. č. 15.
9. Bundesminister für Verkehr; TL-TP-OS: Technische Lieferbedingungen/ Technische Prüfvorschriften für Oberflächenschutzsysteme, Ausgabe 1996.
10. Deutscher Ausschus für Stahlbeton; Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen, teil 2, 1990.

DIAGNOSTIKA POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ V ČR

Kolektiv autorů

INFRAM a.s., Ptašinského 10, 602 00 Brno

Tel. 541 236 300, fax 541 236 258

Email: houdkova@infram.cz

Web: www.infram.cz

Anotace

V článku je popisována diagnostika pozemních komunikací, včetně uvedení principů vybraných metod a seznámení s činností společnosti INMFRAM a.s. v rámci této problematiky.

1. Úvod

Správné hospodaření s pozemními komunikacemi vyžaduje ucelenou informaci o stavu tohoto typu inženýrského díla - za tímto účelem je prováděna diagnostika pozemních komunikací s cílem:

- Získat informace pro správce komunikací jako podklad krátko-, středně- i dlouhodobého rozhodování o plánování údržby a úpravy komunikací
- Přijetí opatření při údržbě i při nové výstavbě
- Posouzení proměnných parametrů ve vztahu ke stavu vozovky a její údržbě a k bezpečnosti provozu, a tím stěžejním příčinám dopravních nehod

Diagnostika PK se dle svého účelu rozděluje na dvě základní úrovně:

- network level (síťová úroveň) popisuje stav silniční nebo dálniční sítě a pomáhá správcům se základním rozhodováním o údržbě a opravě vozovek jak celku. Tato diagnostika by měla být prováděna periodicky v rozmezí 1 – 3 let.
- project level (projektová úroveň), je diagnostikou podrobnější, zpravidla navazující na úroveň síťovou, umožňuje správcům a projektantovi zvolit optimální technologii opravy konkrétních úseků vozovky včetně stanovení nákladů

Jako technicky popisné ukazatele stavu pozemních komunikací se v České republice sledují:

- neproměnné parametry vozovky, které jsou bez stavebního zásahu během životnosti stavebního díla konstantní.

Mezi takovéto parametry se řadí šířkové uspořádání, prvky směrového a výškového vedení trasy, příčný sklon, stavba konstrukce, druh podloží, upořádání křižovatek.

- proměnné parametry vozovky, jejichž hodnota se během životnosti mění, a to vlivem dopravního zatížení, klimatickými vlivy a stárutím materiálů. Pro účely hospodaření silnic a dálnic v ČR se sledují proměnné parametry drsnost a protismykové vlastnosti, podélná a příčná nerovnost, poruchy povrchu vozovky, únosnost.

2. Diagnostické metody

Pro každý typ vozovky (dle úrovně dopravního zatížení) je zapotřebí sledovat jiné parametry. Diagnostika pozemních komunikací je obvykle prováděna speciálním zařízením, které mohou sledovat jeden nebo i více parametrů během jednoho pojezdu.

Velmi účelné a finančně výhodné je používání tzv. multifunkčních systémů, které během jednoho pojezdu změří většinu ze sledovaných proměnných parametrů.

Mezi přednosti využití multifunkčního systému s moderní digitální technologií a snímání dat pomocí laserových sond se uvádí

- přesnost měření: zaručena užitím navigačního systému GPS, laserů a digitální techniky
- rychlost jízdy vozidla: v průběhu měření se nesnižuje a nejsou tak omezeny ostatní účastníci silničního provozu
- bezpečnost silničního provozu: dle platných norem zajišťuje světelné zařízení pro usměrnění dopravy
- výsledky: jsou nezávislé na rychlosti jízdy v rozsahu použitelnosti vozidla (0-100km/hod) a objektivní - bez rizika hrubé chyby způsobené ručním měřením

V současné době jsou pro účely měření na dálnicích a silnicích I. třídy v České republice používána převážně následující zařízení:

- ARGUS, multifunkční zařízení, které měří a následně vyhodnocuje parametry příčný sklon, hloubka vyjeté koleje, teoretická hloubka vody ve vyjeté koleji, koeficient podélné nerovnosti IRI, makrotextura MPD a poruchy povrchu vozovky.



Obr. 1 – multifunkční vozidlo ARGUS

- SKM, zařízení pro měření drsnosti, jenž měří šikmý koeficient protismykových vlastností s odklonem měřicího kola 20°

- TRT, které měří podélný koeficient protismykových vlastností

- DEFLEKTOGRAF, který měří únosnost a následně vypočte navrhované zesílení obrusné vrstvy

3. Diagnostické metody, nabízené v ČR společnostmi



Společnost INFRAM od roku 2001 provádí diagnostiku proměnných parametrů pozemních komunikací prostřednictvím zařízení ARGUS a SKM. Jedná se konkrétně o sběr a vyhodnocení následujících veličin:

Měření podélných nerovností

Princip měření podélných nerovností je u multifunkčního vozidla ARGUS založen na průběžném pokládání 2m měřičské latě. Latě je nahrazena čtyřmi laserovými senzory, které jsou namontovány na boku vozidla. Sběr dat je



Obr. 2 - zařízení SKM

na rychlosti nezávislý a probíhá v 5mm vzdálenostech. Během měření probíhá on-line kontrola a předzpracování měřených dat v palubním počítači.

S pomocí čtyř laserových senzorů a algoritmu se vypočítá podélný profil, který obsahuje vlnové délky od 0,2m do 100m. Tento podélný profil je vstupem pro výpočet mezinárodního indexu podélné nerovnosti IRI. Dle požadavků objednatele je možno měřit IRI v levé nebo pravé jízdni stopě.

Měření hloubky vyjeté koleje

Sběr dat pro proměnné parametry příčného profilu je u multifunkčního vozidla ARGUS realizován pomocí 33 laserových čidel namontovaných po vzdálenosti 10cm na přední příčné liště. Tato lišta je pak schopna měřit na 3,2m šířky jízdniho pruhu. Sběr dat příčného profilu je nezávislý na rychlosti jedoucího vozidla. Výpočet proměnných parametrů hloubky vyjeté koleje a hloubky vody ve vyjeté koleji je založen na principu postupného pokládání 2m měřičské latě přes celý měřený profil.

Měření teoretické hloubky vody ve vyjeté koleji

Sběr dat pro tento proměnný parametr probíhá současně s měřením a vyhodnocením parametru hloubky vyjeté koleje.

Měření příčného sklonu

Hodnoty parametru příčný sklon jsou, v kombinaci s hodnotami z inklinometru a gyroskopického kompasu, odvozené z dat získaných z laserových čidel na příčné liště. Ta sbírá data zároveň pro všechny parametry příčných nerovností.

Měření drsnosti

Pro zjišťování proměnného parametru drsnosti se používá hodnota makrotextury MPD, která se měří speciální laserovou sondou v rozmezí vlnových délek nerovnosti povrchu od 1mm do 50mm.

Probíhá 50.000 snímání za vteřinu při maximálním rozlišení 0,025mm. Hodnoty proměnného parametru MPD jsou zjišťovány po 10m s délkou měřeného profilu 0,2m.

Měření a vyhodnocování poruch vozovky

Systém sběru poruch vozovky se skládá z jedné dopředné kamery snímající povrch vozovky před jedoucím vozidlem z pohledu řidiče a třech detailních makro kamer, které pořizují kolmý černobílý detailní záznam povrchu vozovky. Optimální kvality obrazu je dosaženo použitím digitálních kamer.

U dopředného videozáznamu (dopředný, případně boční a panoramatický pohled) probíhá evidence poruch úplným záznamem na celé šířce jízdniho pruhu, eventuálně i vedlejších zařízeních (krajnice, odvodňovací zařízení, cyklostezky, cesty pro pěší, parkovací plochy, dopravní značení, vegetace).

Makrovideozáznam (3 detailní makro kamery) je získáván jako úplný, vysoce kvalitní, černobílý záznam povrchu vozovky, který je sestaven ze 3 částí pro přesné zjištění a dokumentaci poruch (trhliny od šířky 1mm). Kamery jsou doplněny vysoce výkonnými stroboskopy, které zajišťují osvětlení povrchu vozovky, pro co nejlepší rozlišení a evidenci poruch povrchu vozovky a to i při nepříznivých světelných poměrech.



Obr. 3 – ARGUS, pohled zezadu

Záznamy pak následně slouží k vyhodnocení a evidenci stavu povrchu vozovky, dopravního značení a dalšího vybavení komunikace.

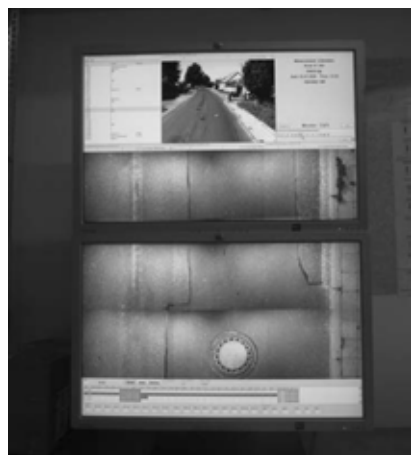
Záznamy z dopředné kamery a z detailních makro kamer jsou vzájemně synchronizovány - při vyhodnocování poruch povrchu vozovky na PC je pak zajištěna maximální přesnost.

Výsledky pro parametry poruch se získávají zpracováním na vyhodnocovacích stanovištích obsluhovaných proškolenými pracovníky.

Pro samotné vyhodnocení poruch slouží speciální klávesnice, kterou je možno naprogramovat pro vyhodnocování dle požadavků objednavatele.

Měření protismykových vlastností

Sběr dat se provádí měřicím zařízením SKM které je kalibrováno podle výsledků mezinárodního srovnávacího měření, řízeného Evropským výborem pro standardizaci. SKM je speciální vozidlo s cisternou na vodu a přidávaným měřicím kolem s bezdezénovou pneumatikou. Měřicí kolo je umístěno v jízdní stopě pravých kol cca 1,5 m před zadní nápravou a od podélné osy vozidla je odkloněno o 20° a přitěžováno konstantní svislou silou. Princip měření spočívá v tom, že se při určené měřicí rychlosti měří boční osová síla u měřicího kola, vznikající při volném odvalování kalibrované bezdezénové pneumatiky po mokré vozovce.



Obr. 4 – detail pracoviště pro vyhodnocování poruch povrchu

Vozovka se kropí vodou tryskající pod měřicí kolo v šířce 10 cm v tloušťce vodního filmu 0,5 mm. Měření probíhá v pravé jízdní stopě.

Lokalizace a systém orientace vozidel

Pro správné přiřazení naměřených dat používá multifunkční vozidlo ARGUS satelitní navigační systém DGPS (Diferential Global Positioning System) s přesností $\pm 3\text{m}$ v reálném čase a $\pm 1\text{m}$ v post-processingu.

Využívá taktéž vysoce přesného gyroskopického kompasu s vláknovou optikou pro určení pozice při odstínění signálu GPS. Přiřazení do ULS – Uzlového lokalizačního systému probíhá přes souřadnice Gauß-Krüger. K určení délky měřené trasy je využíván snímač impulsů s rozlišením 1mm.

Přehled významných zakázek diagnostiky PK, realizovaných společností INFRAM a.s. v posledních třech letech na území ČR:

Měření a dodávka dat o technickém stavu vozovek dálnic a silnic I. třídy multifunkčním systémem ARGUS – pro ŘSD ČR, odbor silniční databanky

2005	5 200 km
2006	10 500 km
2007	7 800 km

Dodávka dat o protismykových vlastnostech povrchů vozovek měřicím systémem SKM – měření a vyhodnocení vozovek dálnic a silnic I. třídy pro ŘSD ČR, odbor silniční databanky.

2005	900 km
2006	1 200 km
2007	1 700 km

4. Závěr

Diagnostika pozemních komunikací je v současné době rutinním nástrojem každého majetkového správce a slouží jako relevantní podklad pro hospodárné rozhodování o metodice údržby a obnovy příslušné konstrukce.

VYUŽITÍ TECHNOLOGIE LASEROVÉHO SKENOVÁNÍ VE STAVEBNICTVÍ

Ing. Ivo Kohoušek

Stavební geologie - Geotechnika, a.s, Geologická 4, 152 00 Praha 5

Tel. 724 133 391, e-mail: kohousek@geotechnika.cz

Web: www.arcadis.cz

Web: www.geotechnika.cz

Anotace

Společnost Stavební geologie – Geotechnika, a.s. má s technologií laserového skenování bohaté zkušenosti. Hlavní předností technologie je přesnost, rychlost a komplexnost záznamu dat. Využití je obrovské. Ve stavebnictví se technologie využívá na zaměření skutečného stavu tunelů, štol, mostů, nepřístupných skalních masivů, technologických celků a konstrukcí, fasád budov, historických objektů a archeologických vykopávek .

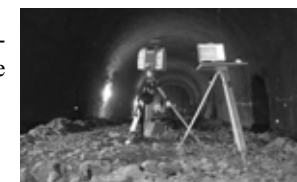
Úvod

O moderní měřicí geodetické metodě 3D laserovém skenování bylo v posledních letech napsáno hodně, a to nejen v odborných publikacích. Rád bych se zde věnoval především praktickým aplikacím technologie laserového skenování, se kterou naše středisko inženýrské geodézie pracuje více než 9 let.

Těžišťem naší práce jsou především aplikace technologie laserového skenování při řešení inženýrských a geotechnických úloh, a to zejména zaměřování skutečného stavu podzemních staveb jako jsou tunely a štoly, dále je to zaměřování nepřístupných skalních objektů, inženýrských a pozemních staveb.

V současné době pracujeme s 3D laserovým skenovacím systémem HDS 3000 (High-Definition Surveying) viz obr.č.1. Systém HDS 3000 se skládá ze skeneru, ovládacího a zpracovatelského programu Cyclone a z příslušenství. Skener je panoramatického typu s maximálním 360° horizontálním zorným polem a s maximálním 270° vertikálním zorným polem, se schopností zaměřovat objekty až do vzdálenosti 150 m (doporučená pracovní vzdálenost je do 50 m). Měření je založeno na principu prostorové polární metody, délky jsou měřeny výkonným laserovým dálkoměrem, schopným změřit až několik tisíc délek za sekundu. Prvotním výsledkem měření je konečná množina bodů (tzv. mrak bodů) definovaných karteziánskými souřadnicemi v datovém systému měřicího přístroje. Skenování probíhá s prostorovou přesností 6 mm pro jednotlivý bod ve vzdálenosti 1,5 až 50 m od pozice skeneru a přesnost pro vymodelovanou plochu je 2 mm.

Nyní můžeme přejít k jednotlivým aplikacím prostorového zaměřování objektů laserovým skenerem a věnovat se jim detailněji.



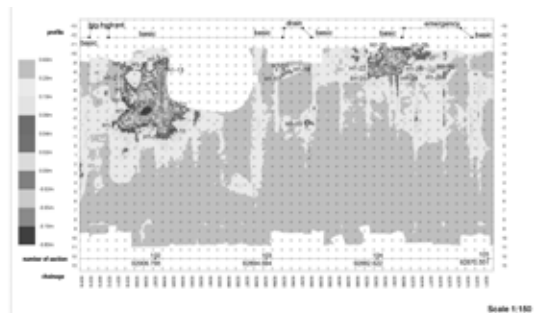
Obr. č.1 – 3D laserový skenovací systém HDS 3000

Tunely

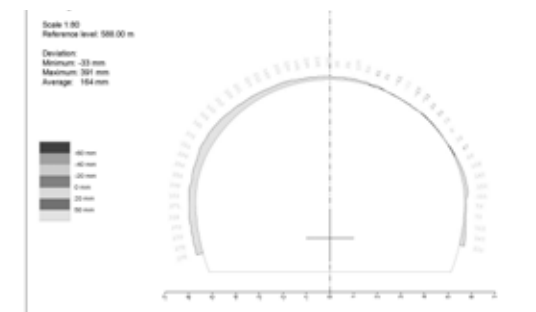
Zaměření skutečného stavu tunelového ostění je důležité jak z hlediska rychlé a efektivní kontroly kvality podzemního díla v jednotlivých etapách výstavby, tak z hlediska dodržení průjezdnosti tunelové trouby.

Přesné zaměření skutečného stavu primárního i sekundárního ostění tunelové trouby má za cíl zjistit odchylky od projektu a určit případnou kubaturu nadvylomů. Ve většině případech probíhá měření tunelové trouby v souladu se stavební činností a dochází tedy k částečnému zastínění od stavební mechanizace, ventilace či kabelů. Je nezbytné aby byla zachycena celá geometrie trouby, skenujeme proto z více stanovisek a tím překážky eliminujeme. Systém HDS neomezuje stavební činnost a může skenovat i v naprosté tmě, je ale třeba přizpůsobit technologii měření daným podmínkám. Zaměření tunelové trouby provádíme po etapách a pro každý sken volíme maximální hustotu bodů. Po ukončení terénních prací následuje zpracování naměřených dat, z každé etapy jsou to řádově milióny bodů. Prvotním úkolem je provést transformaci jednotlivých mračen bodů do požadovaného souřadnicového systému. V programu Cyclone mračna bodů očistíme od takzvaného šumu (ventilátor, stavební mechanizace, kabely atp.). Z již očištěných mračen vybíráme část v intervalu 10 až 50 m od pozice skeneru, tedy oblast, kde je zaručena dostatečná přesnost určení prostorové polohy bodů. Ve speciálních modulech programu Atlas, které byly vytvořeny ve spolupráci s našimi specialisty, pak zhotovíme mapu odchylek skutečného stavu ostění od projektového profilu jako rozvinutý povrch tunelového pásu. Odchylky povrchu tunelu od projektu jsou znázorněny pomocí barevné škály (obr. č.2.) . Dalším výstupem jsou vykreslené příčné profily tunelu, opět s barevným zobrazením odchylek (obr. č.3). Z naměřených hodnot jsou numericky vyhodnocovány kubatury nadvylomů a podvylomů (nadbetonů a podbetonů). Data jsou u naší společnosti uložena v digitální formě a je možné se k jednotlivým projektům kdykoliv vrátit a řešit aktuální požadavky objednatele.

Nejvýznamnějšími zakázkami z oblasti podzemních staveb, kde Stavební geologie – Geotechnika, a.s. provedla zaměření byly městské silniční tunely Mrázovka, železniční tunely Nové spojení v Praze, Krasíkov, Hněvkov, Velká Huba, Březno, jednolodní stanice metra Kobylisy, dálniční tunely Valík, Libouchec a Panenská, silniční tunel Fontain ve Francii nebo železniční tunel v Bánské Bystrici na Slovensku. V současnosti probíhají skenovací práce na tunelech pražského okruhu.



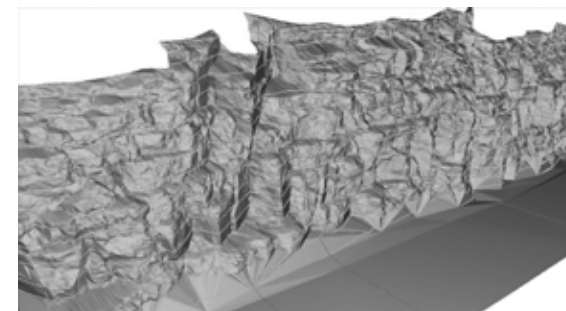
Obr. č.2 – Rozvinutý povrch tunelového pásu, mapa odchylek skutečného stavu ostění od projektu



Obr. č.3 – Příčný profil tunelu s grafickým znázorněním odchylek skutečného stavu ostění od projektu

Skalní masivy

Zaměření skutečného stavu nepřístupného skalního masivu systémem HDS se stalo téměř klasickou úlohou. Zde se výrazně projevuje výhoda laserového skenování oproti konvenčním metodám - přesné a rychlé bezkontaktní zaměření z bezpečné vzdálenosti. Při značné členitosti skalního masivu je jeho zaměření provedeno z více stanovisek. Počáteční zpracování v programu Cyclone je ve všech úlohách podobné. Po provedené transformaci jednotlivých mračen bodů do požadovaného souřadnicového systému následuje očištění každého mračna od zbývající vegetace. V dalším kroku se již očištěná mračna bodů spojí v jeden celek a ten pak slouží jako podklad pro vyhotovení digitálního modelu skalního masivu v podobě upravené trojúhelníkové sítě. Z modelu je pak možné libovolně generovat jednotlivé příčné řezy a vrstevnice (obr. č.4), které exportujeme např. do grafického prostředí programů AutoCAD nebo Microstation. 3D model slouží jako podklad pro projekční práce sanace skalního masivu.

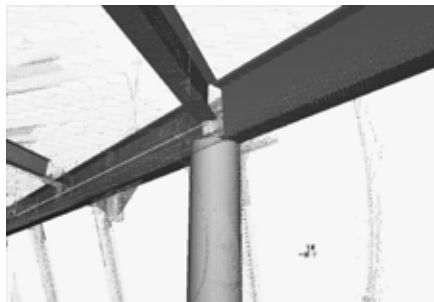


Obr. č.4 – Pohled na 3D model v podobě trojúhelníkové sítě s příčnými řezy a vrstevnicemi

Ocelové konstrukce

Velmi žádanou úlohou je 3D zaměření skutečného stavu ocelových konstrukcí. Cílem úlohy je získat 3D model konstrukce nosných prvků. Měřený objekt skenujeme opět z několika pozic skeneru, tak abychom zachytili celou geometrii konstrukce. V programu Cyclone následně probíhá 3D modelování. Ze celkového mraku bodů vybíráme jednotlivé segmenty, ze kterých pak program generuje jednotlivé prvky např. válcovaný profil dle aktuální

databáze (obr. č.5). Konečný 3D model exportujeme opět do grafického prostředí programů AutoCAD nebo Microstation. 3D model může sloužit jako podklad pro následné projekční práce nebo pro statické posouzení ocelové konstrukce.



Závěr

Jak je patrné z popsaných praktických aplikací, laserový skenovací systém HDS 3000 stále častěji využíváme v různých sférách stavebnictví, zejména při řešení inženýrských a geotechnických úloh. Technologii laserového skenování získává klient v porovnání s tradičními metodami přesnější, spolehlivější a především komplexnější výsledky měření, včetně prostorového modelu.

Obr. č.5 – Pohled na 3D model v podobě nosných prvků (válcované profily I 400, IPE 270)

DIAGNOSTICKÝ PRŮZKUM KONSTRUKCÍ

Ing. Jan Pavlica, Ing. Petr Komanec, Ing. Tomáš Míčka
Pontex s.r.o., oddělení diagnostiky

motto: není průzkum jako průzkum

1. Úvod

V následujícím článku se snažíme objasnit rozdíly v provádění diagnostického průzkumu (v některých předpisech uváděného jako stavebně technický průzkum) z hlediska účelu, který se daný průzkum provádí. Jest v praxi běžné, že zadavatel objedná diagnostický průzkum, jehož rozsah není specifikován vůbec, popř. specifikován je, ale zcela špatně. To se obvykle stává tak, že zadavatel opíše zadání jiného diagnostického průzkumu aniž si uvědomí, že se při provádění „vzorového“ průzkumu jednalo o zcela odlišný objekt a průzkum byl zadán ze zcela jiných důvodů.

Členění průzkumů na předběžné či základní, podrobné a doplňkové se jeví jako nedostatečné a mnohdy matoucí. Nelze než nepochválit předpis TKP, kap. 31, kde je rozdělení diagnostických předpisů dle účelu víceméně jednoznačné.

Pro zjednodušení se v níže uvedeném článku budeme zabývat pouze konstrukcemi betonovými, u konstrukcí z jiných materiálů bude však situace obdobná.

2. Účel diagnostických průzkumů

2.1. Rozdělení průzkumů podle jejich účelu

Z hlediska účelu jsme došli k rozdělení diagnostických průzkumů do pěti základních skupin:

a) diagnostický průzkum pro opravu musí stanovit rozsah a způsob opravy. Musí být dostatečným podkladem pro rozhodnutí, zda-li je možno danou konstrukci (či její část) opravovat a jakou životnost, resp. únosnost bude mít opravená konstrukce.

b) diagnostický průzkum jako podklad pro statický výpočet musí dát statikovy jednoznačné podklady pro statické posouzení, zejména pak tvarové a materiálové charakteristiky rozhodujících průřezů posuzované konstrukce.

c) diagnostický průzkum pro zjištění příčin vzniku vad u stávajících konstrukcí bývá vyvolán zjištěním nějaké vady v posuzované konstrukci a musí dát zadavateli odpověď na otázky: Co bylo příčinou závady? Jaký má závada vliv na stabilitu, životnost či provoz konstrukce? Jakým způsobem lze danou vadu odstranit? Jakým způsobem je nutné postíženou konstrukci provozovat do doby odstranění závady a jakým způsobem je nutné závadu sledovat? apod.

d) dodatečný diagnostický průzkum prováděný v rámci stavby upřesňuje diagnostický průzkum pro opravu v průběhu stavby na těch částech, které jsou v rámci stavby odkryty a ke kterým nebyl dříve přístup. Jeho rozsah bývá specifikován už v diagnostickém průzkumu pro opravu.

e) diagnostický průzkum vyvolaný závadami vzniklými v rámci stavby. Jedná se o specifický diagnostický průzkum, jehož cílem je objasnit vliv zjištěné závady v průběhu stavby na životnost, provozuschopnost či únosnost objektu. Bývá tak podkladem pro rozhodnutí o opravách poškozené části konstrukce či dokonce o jejím odstranění.

2.2. Specifikace cílených průzkumů

Diagnostický průzkum jako podklad pro opravu

V rámci diagnostického průzkumu rozlišujeme dva druhy metod, které se odvíjí od způsobu zásahu do konstrukce (tedy rozdělení na nedestruktivní či destruktivní metody).

V rámci nedestruktivních metod se nejčastěji používají následující přístroje a druhy měření:

- komplexní prohlídka mostu s popisem rozsahu poškození nám dává celkový obraz o míře a zejména rozsahu degračních procesů na posuzovaných konstrukcích
- ověření stavu a nastavení dilatačních závěrů, což nám ověří případnou funkčnost a je podkladem pro vhodný návrh a technologii zabudování pro dilatační spáry v konstrukci
- ověření stavu a nastavení ložisek použitých na mostním objektu, toto měření ověří nastavení a případnou funkčnost ložisek v rámci extrémních posunů konstrukce v závislosti na teplotě
- ultrazvukové, které mají za cíl stanovit zpravidla hloubku trhlin, otevřených spár či jiných nekompaktností ve zkoušeném betonu
- tvrdoměrné, kterými se pomocí sklerometrického kladívka stanovuje adekvátní pevnost betonu v tlaku
- magnetické indikátory, které mají stanovit počet a polohu výztuže v konstrukci a dále také průměrnou hodnotu krycí betonové vrstvy
- zjištění obsahu chloridů v dané části konstrukce (pokud je v dosahu účinků rozmrazovacích prostředků užívaných v zimním období), kde míra jejího zasažení nám dává přibližný přehled o nutných sanačních pracích na konstrukci (odbourání narušených vrstev a užití speciálních sanačních materiálů na povrch s přítomností chloridových iontů)
- zjištění hloubky karbonátace nám přináší informace o kvalitě betonové krycí vrstvy výztuže a její schopnosti tuto výztuž účinně chránit
- stanovení korozních procesů na konstrukci pomocí poločlánkové potenciálové metody, která nám dává přibližný obraz míře zasažení výztuže korozi

V rámci destruktivních metod se nejčastěji používají tyto metody:

- odběr vzorků betonu s konstrukce pomocí jádrového vrtání. Na těchto vývrtech se následně stanovují další kvalitativní ukazatele betonu a to homogenita betonu, pevnost betonu, objemová hmotnost, nasákavost, modul pružnosti, mrazuvzdornost popř. odolnost vůči chemickým a rozmrazovacím látkám
- ověření stavu výztuže – tímto stanovujeme míru jejího narušení a případný počet a polohu v rozhodujících průřezích
- v rámci ověření stavu předpínací výztuže zjišťujeme oslabení průřezových ploch korozi a kvalitu provedených injektážních prací
- na základě stanovení neutralizace (karbonátace) betonu ověříme míru zasažení degračními procesy betonu
- stanovení odtrhové pevnosti sanačních vrstev popř. povrchové pevnosti betonu

Dále lze provést méně používané metody jako jsou:

- endoskopické vyšetření stavu předpínací výztuže, na základě který máme podstatně vyšší obraz o zasažení PV korozi oproti samostatně provedeným sondám
- kamerové vyšetření konstrukce používáme v místech s minimálním přístupem a případně pro kontrolu dutin nosníků a pod.
- komplexní rozbor betonu pomocí RTG analýzy, DTA analýzy, elektronovým rastrovacím mikroskopem se současným provedením chemickým rozborom
- identifikace ASR na výbrusech z odebraných vzorků betonu
- stanovení pevnostních charakteristik výztuže

Výše uvedené metody a postupy nám dávají alespoň částečný obraz o stavu konstrukce, na základě kterých následně doporučujeme nejvhodnější způsob opravy konstrukce a predikujeme případnou životnost dané konstrukce. V rámci diagnostického průzkumu dále stanovujeme kritéria pro opravy, pro užití opravných hmot na konstrukci, míru nezbytně nutného zásahu do konstrukce s cílem dosažení maximální životnosti v závislosti na použití adekvátních nákladů na rekonstrukci.

Diagnostický průzkum jako podklad pro statický výpočet

Cílem průzkumu je poskytnout dostatečné údaje pro provedení statického výpočtu. Rozsah průzkumu je proto zpravidla omezený na konkrétní jednotlivé zkoušky a neposkytuje celkový přehled o konstrukci, zejména údaje potřebné pro rozhodnutí o způsobu opravy (např. možnost aplikace sanačních hmot apod.), zbytkové životnosti konstrukce apod.

Rozsah průzkumu by měl být určen ve spolupráci se statikem, který bude statické posouzení provádět, aby výsledky průzkumu tvořily dostatečný podklad pro výpočet. Při návrhu průzkumu je nutné vycházet z hlavní, popř. mimořádné prohlídky mostu, ve které je provedena specifikace a lokalizace závad. Na základě těchto údajů je možno určit pro jednotlivé statické systémy konkrétní části konstrukce, které budou pro statický výpočet rozhodující. Rozsah a druh zkoušek se budou rovněž lišit podle druhu konstrukce. Základní zkoušky, které by měly být součástí průzkumu:

obecně:

- ověření tvaru konstrukce a rozměrů hlavních nosných prvků vč. tloušťky desky mostovky, tl. klenby apod.
- ověření případných nadměrných deformací konstrukce
- ověření tloušťky vozovkového souvrství, popř. výšky nadnáspy
- ověření funkčnosti konstrukce vyplývající ze statického působení (funkčnost kloubů, ložisek, vetknutí, rámových rohů, spojů apod.)
- specifikace rozsahu poškození z hlediska vlivu na únosnost daného prvku (trhlina, degradace)

pro betonové konstrukce pak i:

- ověření kvality betonu
- ověření množství a druhu výztuže
- ověření stavu výztuže vč. oměření jejího oslabení

Diagnostický průzkum pro zjištění příčin vzniku vad u stávajících konstrukcí

Cílem průzkumu je u sledovaných konstrukcí specifikovat skutečnosti, které mohly mít vliv na vznik poruch zjištěných u stávajících konstrukcí. Rozsah průzkumu je nutné proto volit s ohledem na charakter poruch, které se na konstrukci vyskytují. Výsledky průzkumu by měly poskytnout dostatečné údaje o kvalitě použitých materiálů a dále o způsobu provedení konstrukcí, zejména zda-li jsou konstrukce provedeny v souladu s projektovou dokumentací.

Při návrhu rozsahu průzkumu je nutné vycházet z celkové pasporitace závad. Je nutné provést vytypování charakteristických reprezentativních vad a poruch, u nichž se bude provádět analýza. Před vlastním návrhem rozsahu průzkumu je nutné specifikovat všechny vnější vlivy, které na konstrukci působí. Kromě běžného zatížení se jedná se zejména o:

- klimatické a povětrnostní vlivy
- účinky agresivního prostředí
- teplotní vlivy
- mechanické vlivy (otřesy, vibrace, rázy)
- biologické vlivy
- změny zemních tlaků či změny základových poměrů vlivem změn vodního režimu či hladiny spodní vody
- apod.

V první fázi diagnostického průzkumu se provádí zejména odběr vzorků pro zjištění komplexních vlastností použitých materiálů, přičemž zejména u betonů a nehomogenních materiálů je nutné věnovat patřičnou pozornost celkové skladbě struktur vzorků. Např. u betonů není možné se spokojit se zjištěním pouhé pevnosti, resp. třídy betonu, ale může být nezbytné s ohledem na druh zjištěné závady provést podrobný popis vzorku se specifikací jednotlivých složek a vizuální zhodnocení, zkoušky nasákavosti, obj. hmotnosti, pevnosti v tahu, popř. i mrazuvzdornosti, reakci ASR, zkoušku permeability, VTA a DTA apod. Následně se provádí ověření rozměrů, zjištění tloušťek nepřístupných částí konstrukcí, hloubek a způsobu uložení výztuže apod., abychom zjistili, zda skutečné provedení odpovídá projektové dokumentaci. Pro ověření bývá zpravidla nutné kromě nedestruktivních metod (ultrazvukové zkoušky, Ferrosanery apod.) provést i kontrolní návrh pro kontrolu endoskopem či mikrokamerou a případně i destruktivní sondy do konstrukce. Tyto sondy je nutné provést šetrným způsobem tak, aby nebyly negativně ovlivněny vlastnosti, životnost či možnost využívání konstrukce.

Pro specifikaci chování poruch je v řadě případů nutné provést dlouhodobé sledování konstrukce. V rámci dlouhodobého sledování se zpravidla provádí:

- tenzometrické sledování napětí
- monitoring rozvoje trhlin či jejich pohybu
- měření teplotních gradientů
- měření vlhkosti apod.
- VPN, měření deformací, naklonění konstrukcí apod.

U specifických případů je též nezbytné provedení statické či dynamické ověřovací zkoušky konstrukce. Na základě výsledků měření při těchto zkouškách je možné přesně definovat skutečné chování konstrukce zejména s ohledem skutečně působící vlivy a je možné rovněž definovat vliv dalších vlastností konstrukce, zejména tuhosti jednotlivých částí, spolupůsobení dalších částí apod. a tyto údaje výhodně využít při návrhu opatření.

Dodatečný diagnostický průzkum prováděný v rámci stavby

U dodatečného diagnostického průzkumu se běžně využívají shodné metody, jako u průzkumu pro opravu. Provedení dodatečného průzkumu bývá zdůvodněno ze dvou příčin:

a) odкрыtím konstrukcí či jejich částí v rámci stavby, které byly při provádění diagnostického průzkumu zakryty. jedná se např. o:

- kotevní oblasti předpínací výztuže po odstranění dobetonování,
- líc konstrukcí po sejmutí izolačních vrstev,
- povrch konstrukcí zakrytých terénem po jeho odstranění,
- povrch konstrukcí po sejmutí obkladů, vyzdívek, apod.
- povrch konstrukcí zaplavených vodou po snížení vodní hladiny

b) zpřístupněním částí konstrukcí, ke kterým byl v době provádění průzkumu pro opravu složitý či příliš nákladný přístup nebo přístup nereálný.

Dodatečným průzkumem bývá doplněn průzkum pro opravu s upřesněním pro konkrétní zkoumané části konstrukcí.

Diagnostický průzkum vyvolaný závadami vzniklými v rámci stavby

Účel tohoto druhu průzkumu je jednoznačný: Objasnit příčinu závady, jednoznačně specifikovat vliv závady na životnost, únosnost a provozuschopnost konstrukce. Součástí průzkumu je návrh řešení daného problému, který může vést až k odstranění poškozené části konstrukce.

Metody užívané při analýze závad v rámci průzkumu bývají obdobné jako metody používané u průzkumů pro zjištění příčin vzniku vad u stávajících konstrukcí.

Mezi obvyklé závady zjištěné u betonových konstrukcí lze zařadit zejména následující:

- nízká kvalita betonu, šterková hnízda v betonu, aj.,
- trhliny v konstrukcích vzniklé objemovými změnami betonu v době jeho zrání,
- trhliny v konstrukcích statického původu,
- nedostatečná tloušťka krycí vrstvy výztuže,
- geometrické odchylky provedené konstrukce a uložení výztuže od předpokladů PD
- poklesy a posuny bednění či skruže,
- poruchy předpínací výztuže zejména v oblasti úplného zainjektování kabelových kanálků a napětí v předpínací výztuži,
- závady vzniklé nevhodným či nedostatečným založením konstrukce či její části,

- závady vzniklé nevhodným či nedostatečným umístěním dilatačních spár
- závady, jejichž příčinou jest nevhodný návrh konstrukce a chybně zpracovaná PD
- poruchy sanací,
- atd.

Obecně lze konstatovat, že každá závada má více příčin a jednoznačně definovat dominantní příčinu bývá mnohdy obtížné, ne-li nemožné.

2.3. Specifikace cílených průzkumů

Při přípravě uvedeného článku si zpracovatelé nekladli za cíl stanovit nové jednoznačné rozdělení diagnostických průzkumů, ale spíše upozornit z hlediska organizace zabývající se každodenní praktickou diagnostikou na rozmanitost průzkumů, resp. na skutečnost, že pokud objednatel žádá provedení průzkumu a nedostatečně objasní cíl průzkumu, nemusí vůbec obdržet podklady pro to, co potřebuje řešit.

Ing. Jan Pavlica, Ing. Petr Komanec, Ing. Tomáš Mička
 PONTEX s.r.o., Bezová 1658, 14714 Praha 4
 Telefon: 606644442 E-mail: micka@pontex.cz



koroze betonářské výztuže



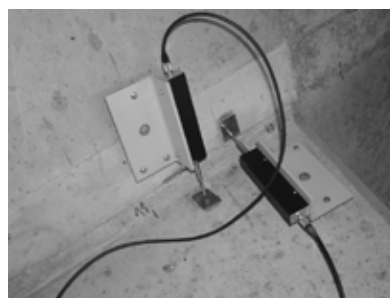
koroze předpínací výztuže



měření posuvu na trhlině



měření šířky trhlin



monitorování pohybu trhlin ve 2 směrech



oběr jádrového vývrtu



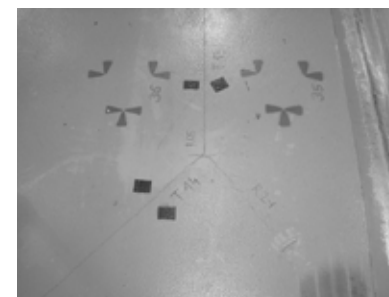
odběr vzorků z poškozeného trámu



ověření průhybu konstrukce



průhyb konstrukce



zaměření polohy trhlin



zpřístupnění konstrukce



zpřístupnění konstrukce



zpřístupnění konstrukce

SKÚŠANIE VLASTNOSTÍ BETÓNU PRE KONŠTRUKCIE DIAĽNICE D1
NA ÚSEKU SVINIA - PREŠOV ZÁPAD

Ing. Matej Špak

BetónRacio, s.r.o. Skladová 2, Trnava

Mobil: +421 918 863077, fax: +421 51 7495424, e-mail: spak@betonracion.sk

Web: www.betonracion.sk

Anotácia

Vzhľadom na charakter a účel stavby si jednotlivé konštrukčné časti diaľničných objektov vyžadujú vysoké nároky na kvalitatívne charakteristiky. Pre dosiahnutie kvality stavebných konštrukcií na požadovanej úrovni je nevyhnutné vykonávať pravidelné kontroly, okrem iného aj skúšky vlastností používaných materiálov. V príspevku sú uvedené a analyzované výsledky skúšania technicky významných vlastností čerstvého a zatvrdnutého betónu použitého pri výstavbe niektorých objektov diaľnice D1 na úseku Svinia - Prešov západ.

1. Úvod

Pravidelným meraním technicky významných vlastností čerstvého a zatvrdnutého betónu možno včas reagovať na prípadne odchýlky od plánovaných parametrov betónu. Medzi takéto vlastnosti betónu patrí konzistencia čerstvého betónu, ktorá je určujúcim parametrom jeho spracovateľnosti a v prípade prevzdušneného betónu aj obsah vzduchu.

Preto predstavovalo meranie týchto dvoch vlastností čerstvého betónu hlavnú činnosť spoločnosti BetónRacio, s.r.o. v oblasti skúšobníctva. Nastavením správnej konzistencie čerstvého betónu sa zabezpečí bezproblémový priebeh sekundárnej dopravy a následného spracovania, a tým aj plynulosť celého procesu betónovania [1]. Zabezpečenie vhodného obsahu vzduchu zasa vytvorí predpoklady pre dostatočnú odolnosť zatvrdnutého betónu proti účinkom mrazu.

Charakteristiky čerstvého betónu boli doplnené výsledkami merania parametrov zatvrdnutého betónu, a to predovšetkým pevnosti v tlaku, ale aj pevnosti v ťahu za ohybu, odolnosti proti vplyvu vody a chemických rozmrazovacích látok, odolnosti proti mrazu a vodotesnosti.

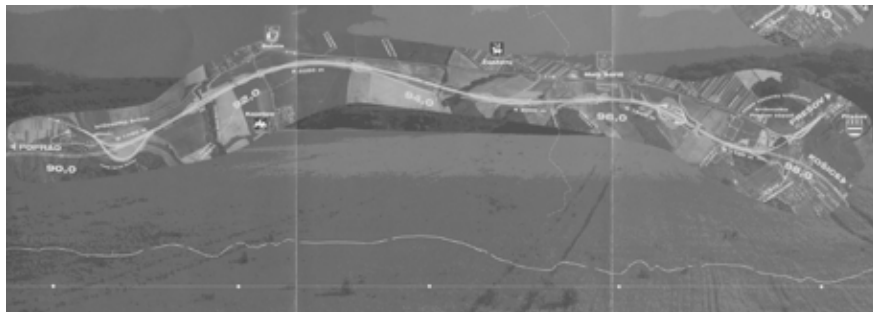
2. Popis stavby

Diaľnica D1 je súčasťou multimodálneho koridoru číslo V.a smerujúceho cez slovenské územie do Užhorodu na Ukrajinu. Úsek Fričovce – Prešov západ tvorí súčasť diaľnice D1, pričom časť Svinia – Prešov západ predstavuje 2. etapu výstavby tohto úseku. Tento úsek je súčasťou základného diaľničného ťahu na Slovensku, ktorý sa po dobudovaní stane súčasťou európskej cesty E50. Diaľničný úsek Fričovce - Prešov západ začína pripojením na cestu I/18 mimoúrovňovou križovatkou za obcou Chminianska Nová Ves a je budovaný v plnom profile. Všetky križenia cez prírodné a umelé prekážky sú riešené mimoúrovňovo.

Vozovka diaľnice a vetiev križovatiek je navrhnutá ako netuhá, s krytom z asfaltového koberca. Celková dĺžka stavby je 7 075 metrov. Súčasťou stavby je 5 mostov na diaľnici,

jeden most na vetve križovatky, dve križovatky pripájajúce diaľnicu na cestu I/18 a veľké obojstranné odpočívadlo „Malý Šariš“. Na obrázku 1 je znázornená situačná mapa s trasou diaľnice D1 a úseku Svinia – Prešov západ.

Investor stavby je Národná diaľničná spoločnosť, a.s. a je financovaná je zo zdrojov Európskej investičnej banky, NDS a štátneho rozpočtu. Zhotoviteľom stavby je spoločnosť Inžinierské stavby, a.s. a dozor vykonáva DIWI Consult International GmbH, Germany.



Obrázok 1 Trasa diaľnice D1 a úseku Svinia – Prešov západ

3. Merané parametre a špecifikácia betónu

Ako už bolo spomenuté v úvode, spoločnosť BetónRacio, s.r.o. vykonávala na úseku Svinia – Prešov západ, diaľnice D1, činnosť skúšobníctva a kontroly kvality čerstvého a zatvrdnutého betónu, ktorá pozostávala zo skúšania konzistencie a obsahu vzduchu v čerstvom betóne a skúšok pevnosti v tlaku, pevnosti v ťahu za ohybu, odolnosti proti vplyvu vody a chemických rozmrazovacích látok, odolnosti proti mrazu a vodotesnosti. Všetky skúšky boli vykonané v súlade s príslušnými normami.

Prevažná časť konštrukcií realizovaných z betónu, ktorého kvalita bola sledovaná, tvorili základové pätky, úložné prahy, pilóty, mostné rímky, lamely ale aj oporné a záverné múry a odvodňovacie žľaby. Na obrázku 2 je znázornený objekt 205 - Most nad potokom Malá Svinka (vľavo) a jedna z jeho konštrukcií - pilier (vpravo). Na výstavbu konštrukcií boli v prevažnej miere používané nasledovné betóny:

- STN EN 206-1 - C 25/30 – XC2, XF2 (SK) – Cl 0,4 – Dmax 16 – S4,
- STN EN 206-1 - C 30/37 – XC4, XD2, XF4, XA1 (SK) – Cl 0,1 – Dmax 16 – S4 a
- STN EN 206-1 - C 35/45 – XC4, XD3, XF4, XA1 (SK) – Cl 0,1 – Dmax 16 – S4.

Zo špecifikácie podľa STN EN 206-1 [3] vyplýva, že všetky betóny boli navrhnuté ako mrazuvzdorné a betóny triedy C 30/37 a C 35/45 mali deklarovanú aj odolnosť proti vplyvu agresívneho prostredia. Konzistencia betónov bola nastavená na stupeň S3 podľa skúšky sadnutia kužeľa (Abrams 160 – 210 mm). Ako vstupné suroviny pri výrobe uvedených betónov slúžil portlandský cement CEM I 42,5 N - VSH, a.s. Turňa nad Bodvou, prírodné hutné ťažené kamenivo s frakciou 0/4 - Milhošť a 8/16 - Maglovec a ako plastifikačná prísada superplastifikátor na báze polykarboxylátu, Berament HT2 - BetónRacio, s.r.o. Trnava.

Dodávka čerstvého betónu na jednotlivé objekty stavby bola zabezpečovaná z dvoch



Obrázok 2 Most nad potokom Malá Svinka (vľavo) a mostný pilier (vpravo)

betonármi Inžinierskych stavieb, a.s., a to z CB Fričovce a CB Lubotice. Namerané výsledky jednotlivých vlastností pochádzajú z obdobia konca roku 2006 a celého roku 2007, pričom skúšky betónov z CB Fričovce boli vykonané v období 11/2006 až 11/2007 a skúšky betónov z CB Lubotice v období 05/2007 až 10/2007.

4. Výsledky skúšok

Konzistencia a obsah vzduch predstavovali hlavné charakteristiky skúšané na čerstvom betóne. Meraním boli pravidelne potvrdzované deklarované hodnoty týchto parametrov. Namerané hodnoty konzistencie i hodnoty obsahu vzduchu sa nachádzali vždy v intervale prípustnom podľa normy a požiadaviek stavebného dozoru. Hodnoty konzistencie sa vyskytovali v rozmedzí 160 až 210 mm. Hodnoty obsahu vzduchu sa pohybovali v intervale medzi 4,1 až 6,8 %, pričom ojedinele sa vyskytli aj hodnoty pod 4,0 % [4].

Na odobratých vzorkách boli zisťované vlastnosti zatvrdnutého betónu, medzi ktoré patrí odolnosť proti vode a chemických rozmrazovacím látka, odolnosť proti mrazu, vodotesnosť a pevnosť v tlaku za ohybu.

Pre zatvrdnutý betón sa v rámci kontroly pravidelne vykonávali predovšetkým skúšky pevnosti v tlaku. V tabuľke 1 je uvedené súhrnný počet skúšok pevnosti v tlaku podľa triedy betónu a výrobné čerstvého betónu. Skúšobné vzorky boli vyrobené z transportbetónu odobratého na stavenisku a samotné skúšky boli vykonané v skúšobných laboratóriách spoločnosti BetónRacio, s.r.o. v Trnave, resp. vo Veľkom Šariši.

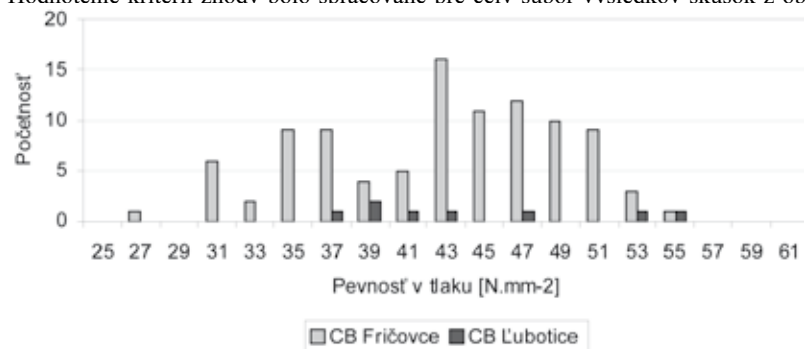
Tabuľka 1 Počet vykonaných skúšok pevnosti v tlaku

Trieda betónu	Fričovce	Lubotice
C 25/30 – XC2, XF2 (SK) – Cl 0,4 – Dmax 16 – S4	98	8
C 30/37 – XC4, XD2, XF4, XA1 (SK) – Cl 0,1 – Dmax 16 – S4	95	23
C 35/45 – XC4, XD3, XF4, XA1 (SK) – Cl 0,1 – Dmax 16 – S4	80	22

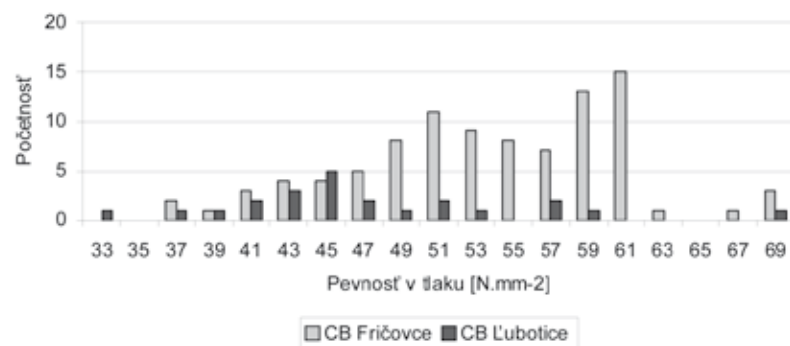
Vzhľadom na pravidelnosť skúšok a dostatočné množstvo nameraných výsledkov bola pevnosť v tlaku analyzovaná metódou hodnotenia kritérií zhody podľa STN EN 206-1. Na grafoch 1, 2 a 3 sú znázornené výskyt, resp. početnosť výsledkov v zvolených intervaloch (rozsah 2 N.mm-2) pre jednotlivé triedy betónov v danej výrobni. Ako je vidno na týchto zobrazeniach, rozptyl hodnôt je pomerne široký, čo značí o relatívne vysokej miere nerov-

nomernosti procesu betónovania. Je to zapríčinené predovšetkým vplyvom výroby čerstvého betónu, ale aj vplyvom dopravy a iných technologických faktorov, ako aj vplyvom rôznych klimatických činiteľov [2].

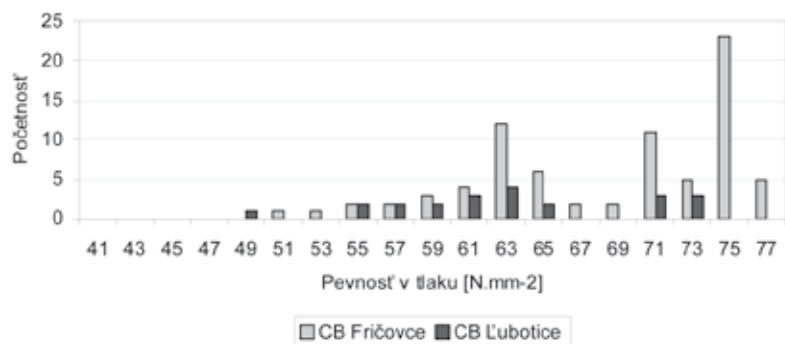
Hodnotenie kritérií zhody bolo spracované pre celý súbor výsledkov skúšok z oboch



Graf 1 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 25/30



Graf 2 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 30/37



Graf 3 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 35/45

betonármi spolu. V tabuľke 2 sú uvedené výsledky hodnotenia pre jednotlivé triedy betónov v daných obdobiach. V prípade betónov triedy C 25/30 v hodnotenom období do 19.03.2007 nebolo splnené kritérium 1, pretože nebola splnená podmienka $f_{cm,15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$ ($36,3 \leq 30 + 1,48 \cdot 5,67 = 38,4$). V ostatných prípadoch boli splnené obe kritériá. V tabuľke 2 sú taktiež uvedené priemerné hodnoty pevnosti v tlaku pre jednotlivé triedy betónu. Pre betóny C 25/30 a C 30/37 dosahujú priemerné hodnoty pevnosti 140 % a pre betón C 35/45 dokonca až 150 % z charakteristickej pevnosti v tlaku.

Tabuľka 2 Prehľad hodnotenia kritérií zhody podľa STN EN 206-1

Trieda betónu	35 výsledkov v hodnotenom období do	Hodnotenie kritéria zhody		Priemerná pevnosť v tlaku [N.mm-2]
		Kritérium 1 $f_{cm,15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$	Kritérium 2 $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	
C 25/30	19.03.2007	Nesplnené	Splnené	42,2
C 25/30	21.05.2007	Splnené	Splnené	
C 25/30	30.10.2007	Splnené	Splnené	
C 30/37	24.05.2007	Splnené	Splnené	51,8
C 30/37	26.07.2007	Splnené	Splnené	
C 30/37	11.10.2007	Splnené	Splnené	
C 35/45	22.05.2007	Splnené	Splnené	67,4
C 35/45	23.08.2007	Splnené	Splnené	
C 35/45	12.11.2007	Splnené	Splnené	

5. Záver

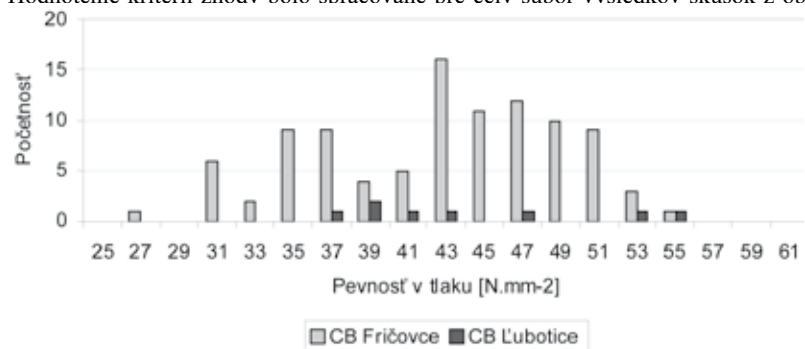
Pravidelnými skúškami vlastností čerstvého betónu bolo zaručené zabezpečenie požadovanej kvality konštrukcií. Na základe nameraných výsledkov sa prijímali operatívne opatrenia, aby nedochádzalo k znižovaniu kvality a vzniku porúch. Znížením rozptylu výsledkov pevnosti je možné zvýšiť ekonomickú efektívnosť výroby betónu, pretože by bolo možné zredukovať množstvo cementu, kvôli nižšej bezpečnostnej rezerve. Potvrdzujú to aj výsledky hodnotenia kritérií zhody. Skúšanie vlastností čerstvého betónu vykonáva spoločnosť BetónRacio, s.r.o. na úseku Svinia – Prešov západ aj v súčasnej dobe.

Literatúra

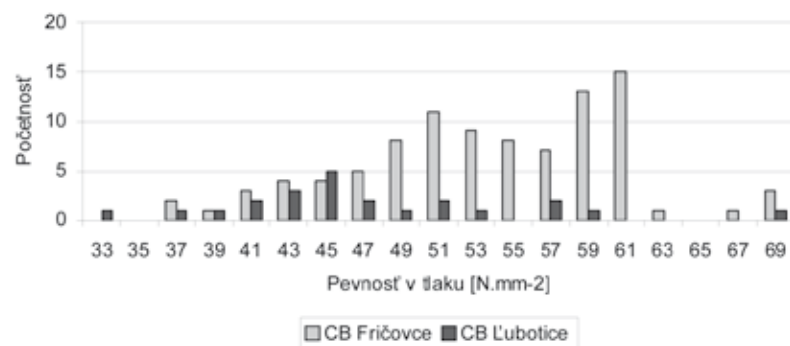
- [1] ŠPAK, M.: Technologické aspekty ovplyvňovania vlastností a štruktúry cementových kompozitných materiálov. Dizertačná práca. Stavebná fakulta TU Košice. Košice 2007
- [2] ŠPAK, M., ĎURICA, T.: Vplyv technologických faktorov na vlastnosti čerstvého a zatvrdnutého betónu. In: 8. vedecká konferencia Stavebnej fakulty TU v Košiciach. Zborník prednášok. TU Košice, Košice 2007
- [3] STN EN 206-1: 2002: Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
- [4] Protokoly o skúške vlastností betónu z roku 2007. BetónRacio, s.r.o., Trnava 2007

nomernosti procesu betónovania. Je to zapríčinené predovšetkým vplyvom výroby čerstvého betónu, ale aj vplyvom dopravy a iných technologických faktorov, ako aj vplyvom rôznych klimatických činiteľov [2].

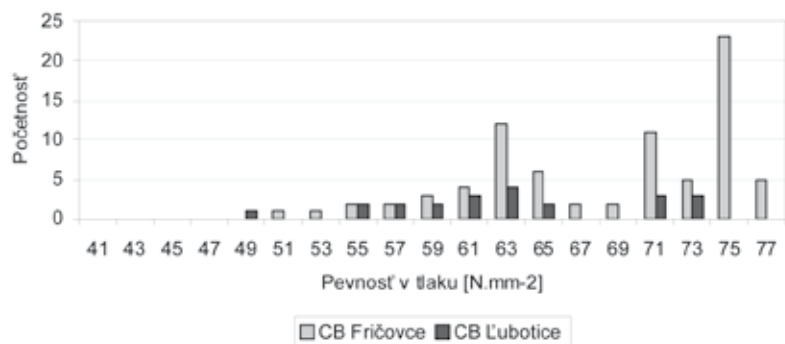
Hodnotenie kritérií zhody bolo spracované pre celý súbor výsledkov skúšok z oboch



Graf 1 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 25/30



Graf 2 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 30/37



Graf 3 Výskyt pevností v tlaku pre betón C 35/45

betonármi spolu. V tabuľke 2 sú uvedené výsledky hodnotenia pre jednotlivé triedy betónov v daných obdobiach. V prípade betónov triedy C 25/30 v hodnotenom období do 19.03.2007 nebolo splnené kritérium 1, pretože nebola splnená podmienka $f_{cm,15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$ ($36,3 \leq 30 + 1,48 \cdot 5,67 = 38,4$). V ostatných prípadoch boli splnené obe kritériá. V tabuľke 2 sú taktiež uvedené priemerné hodnoty pevnosti v tlaku pre jednotlivé triedy betónu. Pre betóny C 25/30 a C 30/37 dosahujú priemerné hodnoty pevnosti 140 % a pre betón C 35/45 dokonca až 150 % z charakteristickej pevnosti v tlaku.

Tabuľka 2 Prehľad hodnotenia kritérií zhody podľa STN EN 206-1

Trieda betónu	35 výsledkov v hodnotenom období do	Hodnotenie kritéria zhody		Priemerná pevnosť v tlaku [N.mm-2]
		Kritérium 1 $f_{cm,15} \geq f_{ck} + 1,48\sigma$	Kritérium 2 $f_{ci} \geq f_{ck} - 4$	
C 25/30	19.03.2007	Nesplnené	Splnené	42,2
C 25/30	21.05.2007	Splnené	Splnené	
C 25/30	30.10.2007	Splnené	Splnené	
C 30/37	24.05.2007	Splnené	Splnené	51,8
C 30/37	26.07.2007	Splnené	Splnené	
C 30/37	11.10.2007	Splnené	Splnené	
C 35/45	22.05.2007	Splnené	Splnené	67,4
C 35/45	23.08.2007	Splnené	Splnené	
C 35/45	12.11.2007	Splnené	Splnené	

5. Záver

Pravidelnými skúškami vlastností čerstvého betónu bolo zaručené zabezpečenie požadovanej kvality konštrukcií. Na základe nameraných výsledkov sa prijímali operatívne opatrenia, aby nedochádzalo k znižovaniu kvality a vzniku porúch. Znížením rozptylu výsledkov pevnosti je možné zvýšiť ekonomickú efektívnosť výroby betónu, pretože by bolo možné zredukovať množstvo cementu, kvôli nižšej bezpečnostnej rezerve. Potvrdzujú to aj výsledky hodnotenia kritérií zhody. Skúšanie vlastností čerstvého betónu vykonáva spoločnosť BetónRacio, s.r.o. na úseku Svinia – Prešov západ aj v súčasnej dobe.

Literatúra

- [1] ŠPAK, M.: Technologické aspekty ovplyvňovania vlastností a štruktúry cementových kompozitných materiálov. Dizertačná práca. Stavebná fakulta TU Košice. Košice 2007
- [2] ŠPAK, M., ĎURICA, T.: Vplyv technologických faktorov na vlastnosti čerstvého a zatvrdnutého betónu. In: 8. vedecká konferencia Stavebnej fakulty TU v Košiciach. Zborník prednášok. TU Košice, Košice 2007
- [3] STN EN 206-1: 2002: Betón. Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda.
- [4] Protokoly o skúške vlastností betónu z roku 2007. BetónRacio, s.r.o., Trnava 2007

STYČNÍKOVÉ DESKY S PROLISOVANÝMI TRNY

Václav Kučera TZÚS Praha

Evropské normy poměrně rychle pronikají do české normalizace. Jedna z novinek jsou i normy pro zkoušení styčnickových desek s prolisovanými trny. Tyto desky mají široké uplatnění ve spojích dřevěných konstrukcí. Eurokód 1955-1-1 požaduje, aby výrobce těchto desek stanovil charakteristické únosnosti pro desky, které vyrábí. Styčnickové desky s prolisovanými trny nejsou sjednoceny na určité typy, ale ponechává se na výrobcí jaké desky bude vyrábět a jaké charakteristické únosnosti pro ně stanoví.

Pro provedení zkoušek s prolisovanými trny nabídla EU tyto normy:

- ČSN EN 1075 Dřevěné konstrukce – Zkušební metody – Spoje se styčnickovými deskami a prolisovanými trny.

- prEN 14545 Timber structures – Connectors, - Requirements

Druhá norma zatím nevyšla jako EN, protože výrobci se zřejmě nemohou dohodnout, ale její schválení se očekává v dohledné době. Výrobci není mnoho a konkurenční boj zřejmě tvrdý, takže každý výrobce se snaží získat náskok na trhu a i na základě neschválené normy se snaží v předstihu provést zkoušky těchto styčnickových desek, aby měl podklad pro Eurokód 1995 1-1. V ČR je jediný výrobce, který postupoval stejně a již od začátku roku 2006 si objednal zkoušky těchto desek za účelem zjištění charakteristických hodnot únosnosti. Jak je nebo spíše není všeobecně známo, posuzování shody podle Nařízení vlády č. 190/2002 Sb se provádí v různých modulech. Pro styčnickové desky je předepsán modul 2+. Proč zrovna modul 2+ nelze, jako mnoho jiných věcí v této oblasti, logicky vysvětlit. Modul 2+ ukládá výrobcí provést nebo nechat provést zkoušku typu a notifikované osobě provést kontrolu systému řízení kvality. Povinnosti jsou stanoveny naopak než účastníci jsou schopni vykonávat. Výroba styčnickových desek je strojírenská výroba, ve strojírenském závodě. Strojírenský závod má malé předpoklady provádět zkoušky stavebních prvků a notifikovaná osoba v oblasti stavebnictví není asi nejvhodnější pro inspekci strojírenské výroby. Takže výrobci nezbude než zadat zkoušky u někoho kdo je pro tuto činnost akreditován a notifikovaná osoba prověří řízení kvality v rámci, svých možností. Pro ty kdo nestačí sledovat vývoj v oblasti kvality, tak původní termín byl „kontrola kvality“, další termín byl „systém řízení jakosti“, následoval termín „systém řízení výroby“ a současný, dosud ne zcela běžně známý termín je „systém řízení kvality“. Pro úplnost před rokem 1989 se jednalo o „komplexní systém řízení jakosti“.

Protože problematika zkoušek styčnickových desek s prolisovanými trny má určité specifické rysy jsou uvedeny některé základní pojmy, tak jak je používají citované normy.

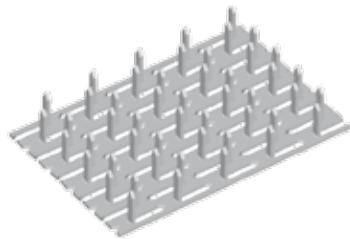
- kovová styčnicková deska s prolisovanými trny (punched metal plate fastener): spojovací prostředek vyrobený z plechu nominální tloušťky nejméně 0,9 mm a nejvíce 2,5 mm, s trny prolisovanými v jednom směru a ohnutými kolmo k rovině kovové desky (obr. 1.)

- hlavní osa styčnickové desky (major axis of fastener): směr, ve kterém styčnicková deska vykazuje nejvyšší únosnost v tahu na jednotku šířky. (Schéma prolisování styčnickové desky v řadě případů vytváří dva hlavní vzájemně kolmé směry, s rozdílnými charakteristikami únosnosti)

- účinná plocha styčnickové desky (effective area of fastener): kontaktní plocha styčnickové

desky a dřevěného prvku, zmenšená o 5 mm od okrajů a o 10 mm ve směru vláken od čel dřevěných prvků, viz obrázek 2

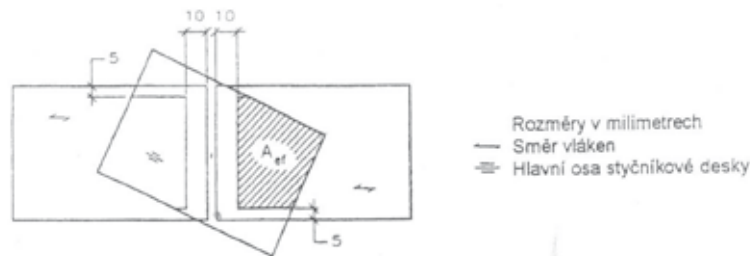
- pevnost připojení styčnickové desky (anchorage capacity per unit area)¹): největší zatížení přenášené spojem na jednotku účinné plochy styčnickové desky



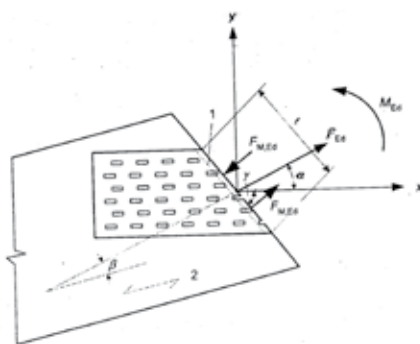
Obr. 1: Styčnicková deska s prolisovanými trny

- charakteristická hustota dřeva (characteristic density): 5% kvantil základního souboru, přičemž hmotnost a objem odpovídají rovnovážné vlhkosti při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 65 %

- návrhová tloušťka jádra styčnickové desky (design core thickness of fastener): nominální tloušťka styčnickové desky, zmenšená o tloušťku povlaku a také o zápornou toleranci tloušťky jádra. Geometrické parametry těchto desek jsou na obr.3.



Obr.2: Účinná plocha styčnickové desky



Obr.3: Geometrické parametry desky

V obrázku 3 značí:

- x - hlavní směr desky;
- y - směr kolmý na hlavní směr desky;
- α - úhel mezi x-směrem a silou (tah: $0^\circ < \alpha < 90^\circ$, tlak: $90^\circ < \alpha < 180^\circ$);
- β - úhel mezi směrem vláken a silou;
- A_{ef} - plocha celkového styčného povrchu mezi deskou a dřevem, zmenšená o 5 mm od okrajů dřeva a o vzdálenost ve směru vláken od konce dřeva rovnající se 6-ti násobku jmenovité tloušťky spojovacího prostředku;
- l - rozměr desky měřený podél spáry spoje.

Únosnost desky je charakterizována následujícími pevnostními charakteristikami:

$f_{\alpha 0,0}$ únosnost připojení na jednotku plochy pro $\alpha = 0^\circ$ a $\beta = 0^\circ$,

$f_{\alpha .90,90}$ únosnost připojení na jednotku plochy pro $\alpha = 90^\circ$ a $\beta = 90^\circ$;

$f_{t,0}$ únosnost v tahu na jednotku šířky desky pro $\alpha = 0^\circ$;

$f_{c,0}$ únosnost v tlaku na jednotku šířky desky pro $\alpha = 0^\circ$;

$f_{v,0}$ únosnost ve smyku na jednotku šířky desky v x-směru;

$f_{t,90}$ únosnost v tahu na jednotku šířky desky pro $\alpha = 90^\circ$;

$f_{c,90}$ únosnost v tlaku na jednotku šířky desky pro $\alpha = 90^\circ$;

$f_{v,90}$ únosnost ve smyku na jednotku šířky desky v y-směru;

k_1, k_2, α a konstanty.

Při zkoušce styčnickové desky se uplatní pevnost resp. hustota dřeva, geometrické parametry styčnickové desky a pevnost oceli, z které je deska vyrobena. Dřevo je výrazně anizotropní materiál, který v různých směrech má různé moduly pružnosti, rovněž styčnicková deska je anizotropní z důvodu prolisovaných otvorů.

U dřeva se na pevnosti spoje podílí hustota dřeva a směr působení síly vzhledem ke směru vláken. U styčnickové desky má na její únosnost vliv směr síly vzhledem k orientaci hlavních os desky.

Pro zkoušky styčnickových desek se požaduje dřevo s relativně nízkou hustotou dřeva, a to hodnotou hustoty 350 kg/m³.

Styčnickové desky se zkouší ze dvou hledisek:

- Únosnost desky z hlediska vytažení trnů ze dřeva. V ČSN EN 1075 se únosnost tohoto typu nazývá „únosnost v přídržnosti“.

- Únosnost desky z hlediska porušení vlastní ocelové desky tahem, tlakem nebo smykem.

Způsob zkoušení a hodnocení jednotlivé zkoušky je uvedeno v ČSN EN 1075. Hodnocení souboru zkoušek a stanovení výsledku hodnocení, tj. stanovení charakteristické hodnoty je uvedeno v prEN 14545.

Příloha B uvedené normy stanoví pro určení charakteristické hodnoty následující postup:

- Provést zkoušky styčnickových desek v jednotlivých směrech. Norma předepisuje pro jednotlivé směry minimální počet zkoušek.

- Z výsledků zkoušek stanovit pro jednotlivé směry výběrový průměr a výběrovou směrodatnou odchylku.

- Stanovit „globální variační koeficient“ podle vzorce:

$$COV_c = \sqrt{\frac{(\sum (n_i - 1) \times (COV_i)^2)}{(\sum n_i - J)}}$$

kde: n_i je počet výsledků pro jednotlivé směry orientace desek
 J variační koeficient v jednotlivých směrech orientace desek
 J počet směrů orientace desek.

- Stanovit směrodatnou odchylku s_y pro jednotlivé směry podle vzorce:

$$s_y = \bar{y} \times COV_g$$

kde y je průměr z výsledků zkoušek pro jednotlivé směry.

Charakteristická hodnota pro jednotlivé směry je pak dána výrazem podle ČSN EN 14358:

$$f_{x,\alpha,\beta,0,05} = \bar{y} - k_s \times s_y$$

Kde součinitel k_s je tabelován v uvedené normě a má být použit pro neznámou směrodatnou odchylku.

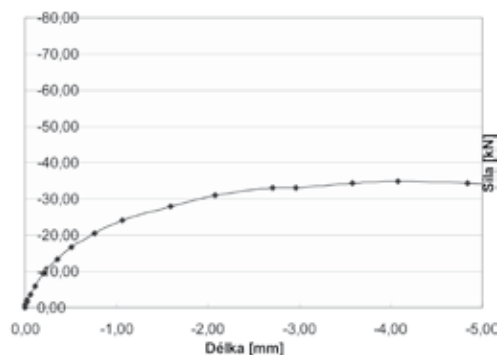
Během jednoho roku, kdy jsme zkoušky prováděli došlo k několika změnám uvedené předběžné normy. Klesaly požadované minimální počty zkoušek. Např. pro zkoušku desky ve smyku požadovala původní verze v každém směru minimálně 10 zkoušek, další verze 5 zkoušek a poslední verze pouze 3 zkoušky. Rovněž se změnila pravá strana výrazu pro tzv. „globální variační koeficient“, a pod odmocninou na pravé straně místo „COV_i“ je rozptyl výsledků zkoušek v jednotlivých směrech „s_x“. Způsob hodnocení je velmi problematický a ze statistického hlediska sporný. Mlčky se předpokládá, že pro každý zkoušený směr mají výsledky log-normální rozdělení, které při malém počtu zkoušek v jednotlivých směrech nelze ani prověřit. Norma tento předpoklad ani neuvádí. Mlčky se také předpokládalo, že výběry v jednotlivých směrech, tj. výsledky zkoušek v různých směrech, jsou ze základních souborů, které mají stejný rozptyl. Bez těchto předpokladů nelze vzorec pro „globální variační koeficient“ použít. Žádná z verzí uvedené předběžné normy se neobtěžovala na tyto předpoklady upozornit. Rovněž výraz „globální variační koeficient“ je naprosto nevhodný a zavádějící, protože nejde o variační koeficient, ale rozptyl.

Při diskuzi s objednatelkou zkoušky převládá názor, že je třeba postupovat striktně podle normy, a pokud hodnocení je nepřesné, tak je „nepřesné podle normy“, což je údajně velmi výrazná polehčující okolnost.

Potřebný rozsah zkoušek je značný. Podle normy bylo nutno pro jeden typ desky provést celkem cca 120 zkoušek. Přehledně jsou zkoušky pro jeden typ uspořádány ve stromovém grafu.

V grafu je ve druhém sloupci druh namáhání, ve třetím sloupci označení desky a ve čtvrtém sloupci číslo zkoušky. Pro každou jednotlivou zkoušku byla stanovena závislost síly a přetvoření a určena únosnost ve smyslu zkušební normy.

Na obr. 5 je pro ilustraci graf závislosti síly a přetvoření pro desku rozměrů 105x105 mm odkloněnou o 300 od směru vláken. Síla je v kN a přetvoření v mm.



Obr. 5

Hodnocení souboru zkoušek a stanovení charakteristických hodnot únosnosti se provedlo podle přílohy B prEN 14545.

Zkoušky styčnickových desek s prolisovanými trny jsou poměrně nákladná záležitost. Kromě našeho ústavu, který prováděl vlastní zkoušky se podíleli další účastníci. Pan Ing. Bohumil Koželuh CSc. navrhl metodiku zkoušek, Výzkumný ústav dřevařský, pracoviště Březnice, vybral a připravil dřevěné přířezy pro výrobu vzorků, objednatel

vyrobil vzorky, tj. provedl nalisování styčnickových desek a společnost FINE s.r.o., pan ing. Miloš Vodolán konzultoval po celou dobu výsledky zkoušek a jejich hodnocení.

typ	Namáhání	Směr síly	Číslo vzorku		
B15	připojení	D-0 105/105	21a;22a;23a; 24a;25a;26a		
		D-30 105/105	21b;22b;23b;24b;25b;26b		
		síla-rv D 60 105/105	21c;22c;23c;24c;25c;26c		
		D-90 105/105	21d;22d;23d;24d;25d;26d		
		síla-nrv	D-0 70/105	41a;42a;43a;44a;45a;46a,	
			D-0 70/147	41b;42b;43b;44b;45b;46b	
			D-90 105/84	41c;42c;43c;44c;45c;46c	
			D-90 140/84	41d;42d;43d;44d;45d;46d	
		deska	smyk	D-0 140/105	111a;114a;154a;164a;174a,
				D-15 140/105	111b;114b;154b;164b;174b,
				D-30 140/168	111c;114c;154c;164c;174c,
				D-45 140/168	111d;114d;154d;164d;174d,
D-60 140/168	112a;115a;155a;165a;175a,				
D-75 140/147	112b;115b;155b;165b;175b,				
	D-90 140/147			112c;115c;155c;165c;175c,	
	D-105 140/147			112d;115d;155d;165d;175d,	
	D-120 140/168			113a;116a;156a;166a;176a,	
D-135 140/168	113b;116b;156b;166b;176b,				
	D-150 140/168			113c;116c;156c;166c;176c,	
	D-165 140/105			113d;116d;156d;166d;176d,	
	tah	D-0 70/504	51b;52b;53b;54b;55b;56b		
D-90 140/84		61b;62b;63b;64b;65b;66b			
tlak		D-0 70/126	71c;72c;73c;74c;75c;76c		
		D-0 70/168	71d;72d;73d;74d;75d;76d		
D-90 105/84	81c;82c;83c;84c;85c;86c				
	D-90 140/84	81d;82d;83d;84d;85d;86d			
poznámka	síla-rv	Síla působí rovnoběžně s vlákny			
	síla nrv	Síla působí nerovnoběžně s vlákny			
	D XX-	Deska působí pod úhlem XX vzhledem ke směru síly			

Obr.4: Stromový graf zkoušek pro desku BV15

Na příkladu těchto zkoušek se dá ukázat, jak se mění pojetí technické normalizace, proti tomu, jak byla chápána normalizace dosud. V minulosti se pohlíželo na technickou normu jako na předpis, který určoval parametry výrobku tak, aby výrobek byl bezpečný. Nezávislý akreditovaný subjekt pak potvrdil, že výrobek má předepsané vlastnosti a potvrdil shodu výrobku s technickým předpisem vydáním certifikátu nebo jiného obdobného dokumentu. Evropská normalizace v oblasti stavebnictví zařazuje velmi mnoho stavebních výrobků do

modulu 2+ . Do tohoto modulu jsou zařazeny např. prefabrikáty, dřevěné vazníky apod. Zkoušku typu v tomto modulu provádí a hodnotí výrobce a notifikovaná osoba prověřuje pouze systém řízení kvality a vydá certifikát o systému řízení kvality, nikoli o výrobku.. Některé evropské normy mají ustanovení jaké zkoušky se mají v rámci systému řízení kvality provádět, jiné nikoli. Možnosti notifikované osoby zasahovat výrobcí do systému řízení kvality jsou omezené a uplatnění tržních principů v činnosti notifikovaných osob jakékoli zásahy omezující výrobce prakticky vylučuje. Stát nemá, nebo má jen velmi omezené, možnosti chránit veřejnost před nevhodnými stavebními výrobky. Důvody proč to tak je nejsou z technické oblasti, ale z oblasti politické a sociologické. Možné vysvětlení je např. v článku Marka Skovajsy uvedeného v literatuře.

Použité normy a literatura

Normy

1. ČSN EN 1990 Eurokód:Zásady navrhování konstrukcí
2. ČSN EN 1995 1-1 Eurokód: Navrhování dřevěných konstrukcí. Část 1-1 Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
3. ČSN EN 1075 Dřevěné konstrukce — Zkušební metody - Spoje se styčnickovými deskami a prolisovanými trny
4. prEN 14545 Timber structures – Connectors, - Requirements
5. ČSN EN 26891 Dřevěné konstrukce –Spoje s mechanickými spojovacími prostředky Všeobecné zásady pro zjišťování charakteristik únosnosti a přetvoření
6. ČSN EN 28970 Dřevěné konstrukce. Zkoušení spojů s mechanickými spojovacími prostředky. Požadavky na hustotu dřeva
7. ČSN EN 14358 Dřevěné konstrukce – Výpočet 5% kvantilů charakteristických hodnot a kritéria přijatelnosti pro výběr
8. ČSN 01 0250 Statistické metody v průmyslové praxi
9. ISO 12491 Statistical methods for quality control of building materials and components

Literatura

1. Jaroslav Hátle, Jiří Likeš: Základy počtu pravděpodobnosti a matematické statistiky. SNTL Praha 1972
2. Alexander Linczényi: Inžinierska štatistika . alfa Bratislava 1973
3. Marek Skovajsa: Slabá společnost v zajištění slabého státu. Lidové noviny 2.8.2008 (viz také: www.lidovky.cz

POHLEDOVÝ BETON – KVALITA POVRCHU

Ing. Vítězslav Vacek, CSc.

1 Úvod

Trendem posledních let i u nás se stalo uplatnění „pohledového betonu“. Jeho dosud ne zcela ustálená definice přináší v realizaci staveb řadu nedorozumění a problémů při hodnocení jakosti – především kvality povrchu. Vzhled povrchu betonové konstrukce je odrazem celé použité technologie od složení čerstvé směsi, způsobu vyztužení, typu bednění, postupu ukládky, způsobu zpracování, ošetřování, postupu pracovních záběrů po konstrukci. Každý z těchto momentů má své technické i kvalitativní meze a kombinace těchto vstupů se následně odrazí i na výsledném vzhledu povrchu.

V následujícím textu se je pokusím ukázat tyto souvislosti z pohledu zhotovitele betonových konstrukcí, převážně pozemních staveb a mostů.

2 Pohledový beton

Ještě před osmi lety takové slovo nebylo ve slovníku spisovné češtiny. Co znamená ten „pohledový“ – má to být pohledný, vzhledný, na pohled přijatelný; takový, který snese vizuální hodnocení vzhledu? Podvědomě asi cítíme jisté vyšší nároky na vzhled, ale jaké vlastně?

Podle návrhu naší směrnice, připravované pro tento případ v intencích rakouského a německého předpisu, je pohledovým betonem viditelný betonový povrch, jehož specifický vzhled je předem definován. Současně platné normy jako EN 206 a ČSN P ENV 13 670 se rovněž obecně dotýkají vzhledu povrchu betonu a jeho případné úpravy, vždy s poukazem na projektovou specifikaci. ČSN P ENV 13 670-1 dokonce definuje v bodě 3.11 pojem povrchová úprava, který je natolik obecný, že zahrnuje i to, co si dnes někteří z nás představují pod pojmem pohledový beton.

Přínosem připravované směrnice by mohlo být zvýšení obecného povědomí o této problematice, v jisté míře i náhrada nedostatečných projektových specifikací a v důsledku toho pak snad i omezení množství zbytečných nedorozumění mezi partnery při realizaci staveb.

Stávající hodnocení vzhledu si často zachovává subjektivní charakter, ale snahy o objektivizaci se postupně prosazují - už např. při kvantifikaci limitů množství drobných vad apod. Dokonce se objevují i vyhodnocovací systémy, které nepracují s pouhým nahodilým měřením např. velikostí trhlin nebo vzduchových lunkrů, ale snímají povrch scannerem a statisticky pak vyhodnocují získané soubory měření.

Ještě nedávno byl pohledový beton synonymem pro dále neupravený odbedněný líc konstrukce. Naturální vzhled byl žádaným do doby, než se seznaly vady povrchu vzhledově nežádoucí. Dnes už se více uvažuje o úpravě povrchu, která by pokud možno co nejméně omezila charakteristický přirozený vzhled betonu (zhruba analogie moření dřeva). V případě, že se nedaří dosáhnout takového výsledku, přichází úprava povrchu, která má již schopnost podklad zakrýt a sama vytvořit žádaný vzhled.

Současná vlna renesance snahy využít betonové konstrukce nejen jako nosné části stavebního objektu, ale zhodnotit i její vzhled v celkovém estetickém výrazu a působení stavby, není první a nejspíše ani poslední. Velmi často je motivována mylnou představou, že jde pouze o „neskrývání“ vzhledu konstrukce a její ponechání v „přirozeném stavu“, které nevyžaduje žádné další nároky na realizaci a s nimi spojené náklady.

3 Trocha historie

V dobách, kdy se objevují první trvanlivé a únosné stavební konstrukce, tj. stavby především z kamene, které si mohou dovolit jen někteří privilegovaní stavebníci, dochází k rozvoji řemeslného a velmi kvalitního způsobu opracování a skládání kamenných bloků. S rozvojem poptávky dalších, méně movitých stavebníků a někdy i v souvislosti s nedostupností dostatečně kvalitní suroviny, pak nastává éra první levnější výstavby. Konstrukce již není provedena z masivních bloků, ale je např. plášťová s výplní, obkladem a nakonec omítkou, která někdy kámen imituje, jindy již jen naznačuje tvarem a postupně třeba i jen malbou na hladké ploše.

Mimo kámen se zdivo provádí i z jiných nepálených nebo pálených kusových staviv. Pokračující vývoj v hledání levné, pevné a dobře tvarovatelné stavební materie nakonec s vynálezem cementu vyústí v používání betonu. Zprvu je tu doba okouzlení novými možnostmi, nastává uplatnění v řadě nových konstrukcí. Tehdejší technologické možnosti nevedou většinou k nijak valně vzhledným dílům a k jejich překrytí se tak dál používají zavedené postupy používané dříve u méně kvalitního zdiva. Vysledovat se tak dají i doby dostatku, kdy se v novodobých slohových periodách projeví i tendence ke zdobnosti a jisté vyšší míře uměleckého výtvarného pojetí a zpracování. Užívají se postupy napodobující umělý kámen, užívá se kamenických technologií jako páskování, špicování, pemrlování apod., aby betonová konstrukce dostala poněkud honosnější šat.

Technická revoluce přináší nové požadavky hlavně na průmyslové stavby, zejména haly, kde železový beton nejprve kopíruje dřevěné konstrukční systémy a posléze nachází vlastní přednosti ve schopnosti vytváření větších prvků, volnějších dispozic.

U konstrukci současných pozemních staveb se postupně profiluje betonový sloup stěna a deska, v podzemních částech nejčastěji formovaná jako uzavřená vana. Z důvodu úspor zemních prací a záborů se dnes často zakládá v zajištěné jámě a obvodová stěna je pak betonována jako jednostranně bedněná. Vedle monolitu se dále rozvíjejí i konstrukce prefabrikované a jejich kombinace.

Dnes beton nacházíme mimo obvyklé aplikace i v nejvyšších mrakodrapech, přehradách, obrovských mostech, podmořských tunelech i ropných plošinách nebo kontejnerech na jaderný odpad. V každém z těchto případů budou jiné nároky na kvalitu povrchu z řady různých hledisek.

Beton plní svou funkci v běžných i velmi agresivních podmínkách a zdá se, že meze jeho uplatnitelnosti jsou dnes již velmi blízko fyzickým možnostem materiálu samého. Vývoj však i zde pokračuje dál a posouvá cementový beton modifikovaný dalšími technologickými úpravami i do podmínek, kde by obyčejný beton s ohledem na svou podstatu uspokojivě odolávat nemohl. I tyto trendy se projevují na kvalitě jeho povrchu.

Potřebná míra kvality pro konkrétní účely použití je charakterizována celou řadou vlastností. Mezi základní z nich patří např. i celistvost, homogenita a hutnost, které lze do značné míry u většiny konstrukcí hodnotit již pohledem po odstranění bednění

4 Přirozené vlastnosti cementového betonu

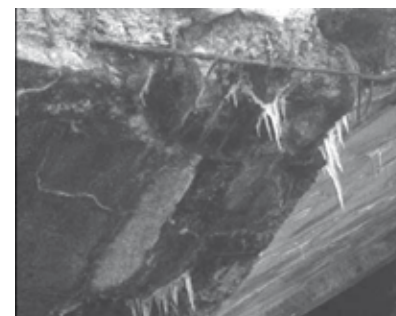
Beton jako umělý kámen s vápenato křemičitým tmelem, je pouze takto geologicky charakterizovaným slepencem. Jako takový podléhá přirozené degradaci účinky prostředí jímž je vystaven. Nelze jej tedy dost dobře porovnávat s horninou vyvrelou ani přeměněnou a musíme si sebekriticky přiznat, že příroda umí vyrobit řadu odolnějších slepenců než my.



Obr. 1 Postupně chátrání starší i novější betonové konstrukce ve vnějším prostředí



Obr. 2 Libeňský most přes Vltavu s povrchovou imitací kamene



Obr. 3 Detail mezipodesty schodiště



Obr. 4 Poškozená výplň zábradlí

ODPOROVÁ TENZOMETRIE JAKO NÁSTROJ PRO MĚŘENÍ DEFORMAČNÍCH VLASTNOSTÍ BETONOVÝCH PRVKŮ A KONSTRUKČNÍCH ŽELEZOBETONOVÝCH DÍLCŮ

Ing. Petr Daněk, Ph.D. (1)

Ing. Petr Žitt (2)

Ing. Barbara Kucharczyková (3)

(1) VUT FAST, Veveří 98, 612 00 Brno; 541 147 492; danek.p@fce.vutbr.cz

(2) VUT FAST, Veveří 98, 612 00 Brno; 541 147 528; zitt.p@fce.vutbr.cz

(3) VUT FAST, Veveří 98, 612 00 Brno; 541 147 527; kucharczykova.b@fce.vutbr.cz

Anotace

Odporová tenzometrie je velice silný a účinný nástroj pro měření deformačních vlastností betonových prvků a konstrukčních železobetonových dílců při provádění a vyhodnocování zatěžovacích zkoušek prakticky jakéhokoliv typu prvku a způsobu zatěžování. Při jejich užití je nespornou výhodou přímé kontaktní měření deformací sledované oblasti. Odporová tenzometrie je schopna při správně zvoleném typu tenzometru, způsobu aplikace na sledovaný prvek a s důsledně provedenou zatěžovací zkouškou s vysokou přesností určit napětí v materiálu na základě jeho fyzikálně mechanických vlastností.

1. Chyby měření

Obecně lze považovat použití odporových tenzometrů za velmi efektivní způsob měření poměrných deformací za předpokladu měření okamžitých změn poměrného přetvoření.

Rozlišovací schopnost tenzometru je běžně $\pm 1 \times 10^{-6}$ (1 $\mu\text{m}/\text{m}$). Za předpokladu kvalitní a správně kalibrované měřicí aparatury můžeme vyloučit chyby způsobené nesprávným nastavením a kalibrací. Přesnost měření deformací je pak ovlivněna řadou faktorů a nemůže být výrobcem uvedena jako vlastnost snímače. Pokusme se proto o krátké shrnutí možných zdrojů chyb.

Prvním zdrojem chyb je tzv. základní chyba tenzometru, což je vlastní citlivost tenzometru. Je uváděna u každého tenzometru jako pásmo nejistoty konstanty K v tzv. tenzometrické rovnici

$$\frac{\Delta R}{R} = K \varepsilon \quad (1)$$

kde: ΔR je změna odporu tenzometru,
 R je odpor tenzometru,
 K je tzv. „ k – faktor“ tenzometru a
 ε je poměrné přetvoření tenzometru.

Pásmo nejistoty je ± 1 %.

Dalšími zdroji chyb v případě lepených tenzometrů mohou být chyby vyplývající z nedokonalé přilnavosti tenzometru k měřenému materiálu a chyba vyplývající ze směřové

odchyly tenzometru.

První z těchto chyb lze odhadnout na $\pm 2\% \pm \Delta \epsilon$, kde hodnota $\Delta \epsilon$ je dána offsetem měřicí techniky a nedokonalostí teplotní kompenzace.

Chyba instalace vzniká nepřesným umístěním tenzometru. Při směrové odchylce od ideální osy menší než 5° je chyba menší než -1% (v případě jednoosé napjatosti).

Posledním zdrojem chyb je nedokonalá teplotní kompenzace. Ani v případě použití třídrátového způsobu zapojení a při znalosti chybové teplotní křivky tenzometru není možné snížit chybu měření pod $\pm 2 \times 10^{-6}$. Avšak v případě provádění laboratorních krátkodobých zkoušek, kde se během provádění experimentu předpokládá stejná teplota, je tato chyba zanedbatelná.

2. Aplikace odporových tenzometrů

Pro sledování poměrných deformací betonových dílců se ukazují jako nejvhodnější odporové tenzometry firmy Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM), a to 100/120 LY41. Jedná se o tenzometry s aktivní měřicí délkou 100 mm. To je pro měření na betonu (vzhledem k jeho struktuře – nehomogenní materiál, frakce kameniva) optimální velikost s ohledem na požadavek minimální délky rovné alespoň pětinásobku maximální frakce kameniva. Užitím delších tenzometrů, které přináší jednak větší potíže při lepení a také jsou samozřejmě nákladnější, již nedosáhneme výrazného zpřesnění výsledků.

Pro lepení tenzometrů používáme dvousložkové lepidlo firmy HBM X60. V žádném případě nelze nanášet lepidlo na mokrý povrch tělesa, které bylo např. ve vodním uložení do doby zkoušky. Před zahájením lepení je nutno místo na zkušebním tělese řádně vysušit nejlépe horkovzdušnou pistolí. To sice může do jisté míry ovlivnit chování betonu, ale vzhledem k tomu, že se jedná pouze o povrchovou vrstvu je toto zkrácení zanedbatelné.

3. Měřicí aparatura

Vlastní měření je prováděno pomocí osmikanálové ústředny Spider 8 připojené k PC, které umožňuje nastavování jednotlivých vstupních kanálů a vzorkovací frekvence (až 9000 Hz) dále v reálném čase zobrazuje měřené hodnoty a ukládá data na harddisk, což umožňuje dlouhou dobu záznamu i při velkých frekvencích snímání. Vzhledem k tomu, že se většinou jedná o krátkodobé zkoušky prováděné v laboratořích, kde nedochází k velkým teplotním změnám, stačí odporové tenzometry připojovat dvoudrátově. V případě nutnosti přesné teplotní kompenzace se provádí třídrátové zapojení s kompenzačním tenzometrem umístěným na nezátíženém prvku ze stejného materiálu jako je měřená konstrukce.

4. Problematika měření poměrných deformací v tažené oblasti

Měření odporovými tenzometry v tažené oblasti sebou nese jistá úskalí:

Do vzniku prvních tahových trhlin je měření bezproblémové a zcela vypovídající.

V případě vzniku trhliny pod nalepeným odporovým tenzometrem dochází k jeho přetržení, snímač přestává měřit → přesné určení okamžiku vzniku trhliny

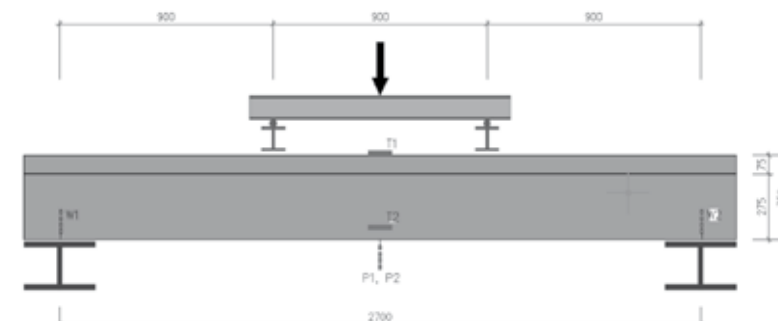
V případě, že trhliny vzniknou okolo tenzometru, nedojde k jeho porušení, ale dochází k uvolnění napětí v betonu a tenzometr indikuje snížení poměrného přetvoření → otázkou zůstává co vlastně v době po vzniku trhlin v betonu měříme.

Z výše uvedeného vyplývá, že měření poměrného přetvoření odporovými tenzometry v tažené oblasti betonu je spolehlivé do vzniku prvních tahových trhlin. Dále si musíme být vědomi zmíněných úskalí. Při plánování experimentu je tudíž třeba řádně rozmyslet umístění odporových tenzometrů abychom dosáhli požadovaných výstupů.

Měření v tlačené oblasti betonu je bezproblémové, nehrozí přetržení snímače a měření podává dobré výsledky do doby než dojde k drcení betonu – což nastává většinou při destrukci celého zkoušeného prvku.

5. Geometrie, zatěžovací zkouška

Zkušební prvek o plošných rozměrech 1,5 x 3 m byl při zatěžovací zkoušce prostě podepřený v obou volných koncích. Zatěžovací schéma bylo zvoleno jako čtyřbodový ohyb. Zatěžování prvku bylo prováděno kontinuálně v předem stanovených krocích s časovou prodlevou pro monitorování vzniku a četnosti trhlin v betonu. Během testů byly veškeré měřené hodnoty deformací a sil snímány měřicí ústřednou Spider8 HBM s frekvencí ukládání dat 5Hz. Síla byla vnášena hydraulickým válcem o maximální nosnosti 250 tun s měřením síly pomocí tenzometrického siloměru. Deformace TT panelu byly snímány uprostřed rozpětí nosníku potenciometrickými snímači dráhy. V místě podepření byly deformace sledovány indukčnostními snímači. Měření přetvoření betonu v tažené a tlačené oblasti zajišťovaly odporové tenzometry HBM100m a přetvoření výztuže odporovými tenzometry HBM 10mm.



Obr. 1 Schéma nosníku s jednotlivými snímači

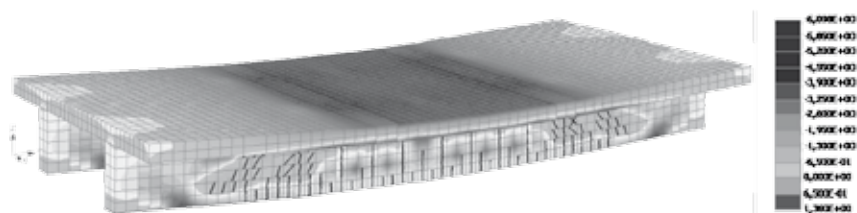
Snímače:	W1, W2	indukčnostní snímače, pokles podpor
	P1, P2	potenciometrické snímače dráhy, rozpětí uprostřed
	T1	odporový tenzometr, tlačaná oblast betonu
	T2	odporový tenzometr, spodní tažená výztuž žebra

6. Výstupy z měření

Reálným výstupem měření odporovými tenzometry přímo na konstrukci je poměrně přetvoření měřené v závislosti na zatěžovací síle vyvozené při testech.

Není vhodné přímé porovnání experimentálních a numerických hodnot deformací, proto na základě stanovených pružnopevnostních charakteristik betonu a oceli jsou stanoveny dílčí hladiny napjatosti v materiálech odpovídající naměřeným hodnotám poměrných přetvoření během zatěžování.

Experimentálně stanovené napětí v dílčích řezech (materiálech) konstrukčního prvku jsou porovnávány s numerickým MKP modelem přesně popisujícím daný experiment jak z hlediska geometrie prvku, tak materiálových charakteristik betonu a oceli.



Obr. 2 Napětí σ_y v betonu MKP modelu

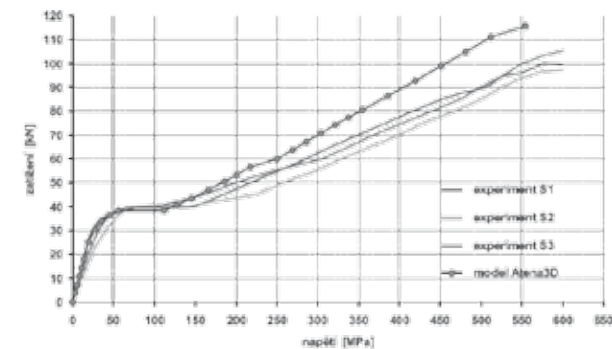
7. Zhodnocení výsledků měření

V grafech 1 a 2 jsou uvedeny hodnoty napětí betonu v tlaku, betonu v tahu a hodnoty napětí na tažené výztuži.

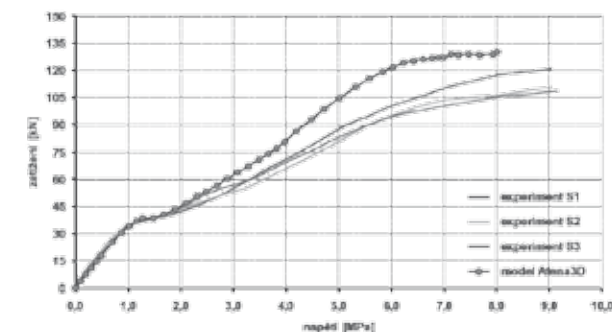
V případě měření poměrných deformací oceli pomocí odporových tenzometrů je z příslušného grafu patrna poměrně vysoká shoda experimentálních výsledků s numerickým modelem.

V případě vyhodnocení poměrných deformací v tlačené oblasti betonu je částečná nepřesnost (nesoulad) v porovnání experimentálních a numerických hodnot pravděpodobně způsobena nepřesně interpretovaným modulem pružnosti betonu v MKP modelu. Je zde patrné dosažení vyšších hodnot napětí, což podporuje myšlenku o vyšší hodnotě zadaného modulu pružnosti betonu než je jeho reálná hodnota.

V případě hodnot odporových tenzometrů umístěných v dolní tažené oblasti betonu nelze v rozumné míře stanovit z tohoto měření reálné přetvoření. Při vzniku trhliny v místě osazeného tenzometru je toto měření natolik znehodnoceno, že výsledky nelze prezentovat.



Graf. 1 Porovnání hodnot napětí v tažené výztuži (experiment – Atena3D)



Graf. 2 Porovnání hodnot napětí v tlačěném betonu (experiment – Atena3D)

Příspěvek byl zpracován díky podpoře projektů GAČR č. 103/06/0685, projektů MŠMT č. 0021630511 a č. 1M06005.

METODY STANOVENÍ PEVNOSTÍ V TAHU LEHKÝCH BETONŮ

Ing. Barbara Kucharczyková (1)
Ing. Petr Daněk, Ph.D. (2)
Ing. Petr Žitt (3)

(1) VUT-FAST, ÚSZK, Veveří 95, 602 00 Brno, kucharczykova.b@fce.vutbr.cz
(2) VUT-FAST, ÚSZK, Veveří 95, 602 00 Brno, danek.p@fce.vutbr.cz
(3) VUT-FAST, ÚSZK, Veveří 95, 602 00 Brno, zitt.p@fce.vutbr.cz

Anotace

S příchodem nových požadavků na výsledné fyzikálně mechanické vlastnosti betonových konstrukcí je nutno upravovat nejen technologii výroby a navrhování betonových směsí, ale také i vzájemné vztahy mezi výslednými vlastnostmi vyrobeného kompozitu. V článku jsou uvedeny metody, běžně využívané pro stanovení pevnosti betonu v tahu, aplikované na lehkém konstrukčním betonu. Porovnány byly výsledky získané ze zkoušky v tahu ohybem, příčném tahu a prostém tahu. Dále je zde uvedena zkouška, z níž je možno pevnost v tahu odhadnout. V závěru bude uvedeno srovnání dosažených výsledků s výsledky získanými výpočtem z dostupných teoretických vztahů.

1. Úvod

Lehký konstrukční beton je poměrně novým stavebním materiálem, u nás využívaným nejčastěji pro rekonstrukce stávajících budov. V posledních letech však stoupá poptávka po tomto materiálu i v oblasti výstavby nosných železobetonových konstrukcí z lehkého betonu. Při návrhu těchto konstrukcí je nutno si uvědomit odlišnost chování lehkého betonu od betonu obyčejného. Zatímco obyčejný konstrukční beton má již ve stavební praxi svou tradici a jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti jsou poměrně dobře prozkoumány, lehký konstrukční beton je v dnešní době novinkou a jeho fyzikálně mechanické vlastnosti je nutno neustále upřesňovat. Navrhování betonových konstrukcí z lehkého betonu je u nás definováno normami ČSN 731203 [1] a ČSN EN 1992 [2]. Pevnostní a přetvárné charakteristiky uvedené v těchto normách jsou většinou vztaženy k charakteristikám obyčejných betonů shodné třídy. Tyto obecně definované vztahy mohou však vykazovat značné odchylky od skutečnosti a to právě vzhledem k možnostem návrhu lehkých betonů shodné pevnostní třídy s rozdílným složením a strukturou.

2. Složení čerstvé betonové směsi, výroba a ošetřování zkušebních těles**2.1 Návrh složení čerstvého betonu**

Srovnány byly výsledky dvou lehkých betonů různých složení. Jedná se o cementové kompozity s maximálním zrnem kameniva 8mm. Zpracovatelnost čerstvého betonu byla ověřována zkouškou rozliti kužele a udržována v případě směsi č.1 na stupni F3 (rozliti 430-480 mm), u směsi č.2 se jednalo o konzistenci stupně F4 až F5, tzn. hodnota rozliti kužele byla mezi 540 – 570 mm.

Dle provedených pevnostních zkoušek ztvrdlého betonu byla v souladu s ČSN EN 206 [3] stanovena značka betonu. Beton vyrobený dle směsi č.1 odpovídá značce LC 40/44 – D1,8, s modulem pružnosti 25 GPa, beton vyrobený dle směsi č.2 odpovídá značce LC

35/38 – D1,8 s modulem pružnosti 19 GPa. Složení odzkoušených čerstvých směsí je uvedeno v Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1 Složení čerstvé betonové směsi č.1

materiál na 1 m ³	jednotka	množství
Liapor CZ/4-8/600	m ³	0,33
HTK 4-8 - Tovačov	m ³	0,11
DTK 0-4 - Bratčice	kg/m ³	540
CEM I/42,5 R	kg/m ³	450
Popílek Třinec	kg/m ³	20
Křemičité úlety	kg/m ³	40
Polykarboxylát Sika Viscocrete 1035	kg/m ³	5
voda	l	228*
*včetně vody absorbované zrný kameniva		

Tab. 2 Složení čerstvé betonové směsi č.2

materiál na 1 m ³	jednotka	množství
Liapor CZ/4-8/600	m ³	0,44
DTK 0-4 - Bratčice	kg/m ³	580
CEM I/42,5 R	kg/m ³	400
Popílek Třinec	kg/m ³	50
Polykarboxylát Sika Viscocrete 1035	kg/m ³	5
voda	l	193
*včetně vody absorbované zrný kameniva		

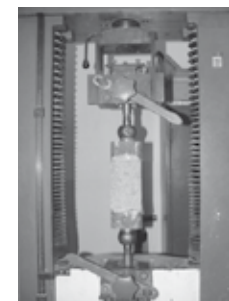
2.1 Výroba a ošetřování zkušebních těles

Pro účely experimentu byly vyrobeny trávce o rozměru 100x100x400 mm a krychle o hraně 150 mm. Trávce byly vyrobeny v ocelových a krychle v plastových formách, plněných ve dvou vrstvách a hutněných na vibračním stole po dobu 7-10 s. Po 24 hodinách byla tělesa odformována, uložena do připravené nádoby s dřevěnými rošty a překryta vodou nasáklou jutou a PE fólií. Pro vytvoření prostředí o 85-ti procentní vlhkosti byla na dně nádoby udržována stálá hladina vody. Nádoba byla umístěna v laboratoři s teplotou 25 ± 1°C a relativní vlhkostí 50 ± 5 %. Zkušební tělesa byla takto ošetřována až do doby provádění pevnostních zkoušek.

3. Zkušební metody pro stanovení pevnosti v tahu

3.1 Stanovení pevnosti v prostém tahu

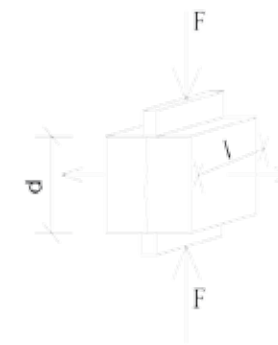
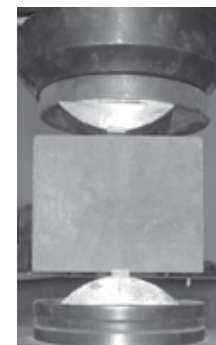
Postup pro pevnost v prostém je definován normou ČSN 731318 - Stanovení pevnosti betonu v tahu [4]. Pro tuto zkoušku byl použit hranol o rozměru 100x100x200 mm. Těleso bylo na obou čelních stranách upevněno pomocí speciálního lepidla mezi dva ocelové bloky s kloubovými koncovkami, které se při zkoušce upevňují do čelistí zkušebního lisu. Tímto uchycením je zaručeno osové namáhání zkušebního vzorku a těleso je porušeno prostým tahem. Uspořádání zkoušky je znázorněno na Obr. 1.



Obr. 1 Uspořádání zkoušky pro stanovení pevnosti v prostém tahu

3.2 Stanovení pevnosti v příčném tahu

Stanovení pevnosti v příčném tahu je definováno normou ČSN EN 12390-6 - Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 6: Pevnost v příčném tahu zkušebních těles [5]. Pro zkoušku byly použity zlomky trámů získané po zkoušce v tahu ohybem. Na desce lisu byly upevněny doplňkové válcové segmenty o poloměru 75 mm a délce zkušební tělesa. Mezi zkušební těleso a ocelové segmenty byla umístěna vložka z tvrdého dřeva. Tělesa byla zatěžována konstantní rychlostí 4 kN/s. Uspořádání zkoušky je znázorněno na Obr. 2.

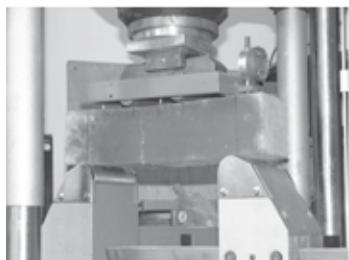


Obr. 2 Uspořádání zkoušky pro stanovení pevnosti v příčném tahu

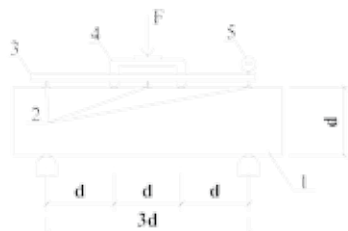
3.3 Stanovení pevnosti v tahu čtyřbodovým ohybem

Zkušební postup je definován normou ČSN EN 12390-5 - Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles [5]. Pro kontinuální záznam deformací bylo zkušební zařízení doplněno o snímač deformací umístěný v plochém přípravku. Uspořádání zkoušky je znázorněno na Obr. 3.

- 1 – zkušební trámec
- 2 – hliníkové destičky
- 3 – plochý kovový přípravek
- 4 – příčnick
- 5 – digitální indikátor



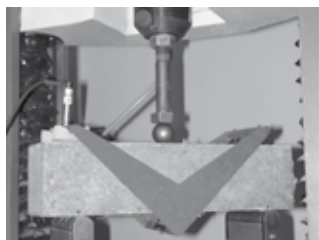
Obr. 3 Uspořádání zkoušky pevnosti v tahu čtyřbodovým ohybem



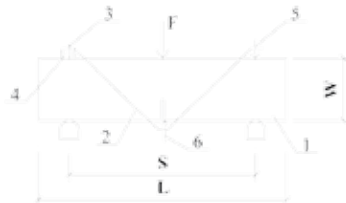
- 1 – zkušební trámec
- 2 – hliníkové destičky
- 3 – plochý kovový přípravek
- 4 – příčník
- 5 – digitální indikátor

3.4 Stanovení pevnosti v tahu z lomové zkoušky

Metoda není normována. Tato zkouška je běžně používána pro stanovení lomových parametrů cementových kompozitů. Na základě zkušeností a dosažených výsledků lze tuto zkoušku požit pro stanovení odhadu pevnosti v tahu cementových kompozitů. Výsledky získané touto zkouškou v určitých případech velice úzce korespondují s výsledky získanými ze zkoušky čtyřbodovým a třibodovým ohybem trámce bez zářezu či zkoušky příčným tahem. Podstatou zkoušky je provedení „řízeného lomu“ trámce, tzn., pomocí dodatečně vytvořeného zářezu definujeme místo vzniku trhliny a porušení trámce. Princip zkoušky spočívá v zatěžování vzorku třibodovým ohybem, přičemž zkušební trámec je opatřen zářezem o hloubce $1/3$ výšky průřezu W v polovině jeho délky L . Vzdálenost podpor $S = 300$ mm. Průhyb byl snímán indučnostním snímačem, s frekvencí záznamu 5 Hz při rychlosti zatěžování 0,03 mm/min. Zatěžovací síla působila v místě zářezu. Uspořádání zkoušky je znázorněno na Obr. 4.



Obr. 4 Uspořádání zkoušky pevnosti v tahu metodou třibodového ohybu trámce se zářezem



- 1 – zkušební trámec
- 2 – rámová konstrukce kovového přípravku průhyboměru
- 3 – indučnostní snímač svislých deformací
- 4 – pružná podložka
- 5 – 2 rektifikační šrouby
- 6 – jeden rektifikační šroub v místě měření průhybu

4. Dosažené výsledky

Hodnota pevnosti v příčném tahu byla určena celkem na 24 tělesech. Výsledky zkoušek pro jednotlivé kompozity doplněné o hodnotu směrodatné odchylky a variačního koeficientu jsou uvedeny v Tab. 3 a Tab. 4.

Tab. 3 Hodnoty pevností pro jednotlivé zkoušky kompozitu č.1 (LC 40/44)

druh zkoušky	stáří [dny]	střední hodnota [MPa]	výběrová sm. odchylka [MPa]	variační koeficient [%]
pevnost v tlaku na krychlich	28	55,0	2,52	4,31
pevnost v příčném tahu	28	3,48	0,50	14,5
pevnost v tahu čtyřbodovým ohybem	28	3,42	0,168	4,92
pevnost v tahu z lomové zkoušky	28	3,46	0,31	8,94

Tab. 4 Hodnoty pevností pro jednotlivé zkoušky kompozitu č.2 (LC 35/38)

druh zkoušky	stáří [dny]	střední hodnota [MPa]	výběrová sm. odchylka [MPa]	variační koeficient [%]
pevnost v tlaku na krychlich	28	45,5	2,04	4,48
pevnost v příčném tahu	28	2,84	0,20	7,06
pevnost v prostém tahu	28	1,64	0,09	5,68
pevnost v tahu z lomové zkoušky	28	2,70	0,29	10,6

5. Pevnost v tahu určená výpočtem

5.1 Stanovení pevnosti v tahu dle ČSN 731203 a ČSN 732402

Výše uvedené normy nelze použít pro stanovení odhadu pevnosti v tahu námi vyrobených betonů, neboť v normě jsou uvedeny charakteristiky betonů pouze do pevnostní značky LB30, a není předepsán teoretický výpočetní vztah, udávající závislost či koeficient určující vztah mezi pevností v tahu obyčejného a lehkého betonu.

5.2 Stanovení pevnosti v tahu dle vztahů uvedených v odborné literatuře

Autoři Z. Šmerda a B. Vitek publikovali v roce 1976 výsledky tuzemského výzkumu vlastností lehkého konstrukčního betonu [6], které byly doplněné o zahraniční poznatky. Literatura uvádí výpočetní vztahy pro odhad jednotlivých druhů pevností (prostý tah, příčný tah, tah ohybem), které ve většině případů vychází z předpisů CEB [7], [8]. Pro výpočet pevnosti v osovém tahu je doporučen vztah (1), pro pevnost v příčném tahu vztah (2) a pro pevnost v tahu ohybem vztah (3).

$$R_{bt,c} = (0,48 - 0,0003 \cdot R_{bk}) \cdot \sqrt[3]{R_{bk}^2} \quad [\text{kp/cm}^2] \quad (1)$$

$$R_{bt,p} = 0,5 \cdot \sqrt[3]{R_{bk}^2} \quad [\text{kp/cm}^2] \quad (2)$$

$$R_{bt,oh} = \sqrt[3]{R_{bk}^2} \quad [\text{kp/cm}^2] \quad (3)$$

R_{bk}krychelná pevnost betonu [kp/cm²]

5.3 Stanovení pevnosti v tahu dle ČSN EN 1992

Výše uvedená norma uvádí empirické vztahy, které vyjadřují závislost pevnosti v tahu lehkého a obyčejného betonu. Hodnota pevnosti v dostředném tahu určena dle níže uvedených vztahů (4), (5) a (6) je doporučena pro návrh a posouzení betonových konstrukcí vyrobených z hutného betonu z pórovitého kameniva. Pro zbývající dvě pevnosti v tahu – pevnost v příčném tahu a pevnost v tahu ohybem – norma uvádí níže uvedené vztahy (7) a (8), platné pro obyčejné betony.

$$(4) \quad \eta_1 = 0,4 + 0,6 \cdot \frac{\rho}{2200}$$

$$(5) \quad f_{ctm} = 0,3 \cdot f_{ck}^{2/3}$$

$$(6) \quad f_{lctm} = \eta_1 \cdot f_{ctm}$$

$$(7) \quad f_{ct} = 0,9 \cdot f_{ct,sp}$$

$$(8) \quad f_{ctm,fl} = \max\{(1,6 - h/1000)f_{ctm}; f_{ctm}\}$$

- ρ horní mez objemové hmotnosti třídy lehkého betonu [kg/m³]
 f_{ck} charakteristická hodnota pevnosti v tlaku zjištěná na válcích [MPa]
 f_{ctm} střední hodnota pevnosti v dostředném tahu obyčejného betonu dané pevnostní třídy [MPa]
 η_1 koeficient, kterým se upravuje pevnost v tahu lehkého betonu oproti pevnosti obyčejného betonu
 f_{lct} pevnost lehkého betonu v dostředném tahu [MPa]
 f_{ct} přibližná hodnota pevnosti obyčejného betonu v dostředném tahu odvozená z pevnosti v příčném tahu [MPa]
 $f_{ct,sp}$ hodnota pevnosti obyčejného betonu stanovená příčným tahem [MPa]
 $f_{ctm,fl}$ hodnota pevnosti obyčejného betonu v tahu ohybem [MPa]
 h celková výška prvku [mm]

Tab. 5 Hodnoty pevností dle jednotlivých teoretických výpočtů pro LC 40/44

LC 40/44	ČSN 731203	ČSN EN 1922	Odborná literatura
charakteristická pevnost v tlaku [MPa]	44,0	40,0	44,0
pevnost v příčném tahu [MPa]	-	3,46	2,87
pevnost v prostém tahu [MPa]	-	3,12	1,99
pevnost v tahu ohybem [MPa]	-	4,68	5,75

Tab. 6 Hodnoty pevností dle jednotlivých teoretických výpočtů pro LC 35/38

LC 35/38	ČSN 731203	ČSN EN 1922	Odborná literatura
charakteristická pevnost v tlaku [MPa]	38,0	35,0	38,0
pevnost v příčném tahu [MPa]	-	3,18	2,61
pevnost v prostém tahu [MPa]	-	2,85	1,90
pevnost v tahu ohybem [MPa]	-	4,28	5,21

Pozn.: Hodnoty pevností v příčném tahu a tahu ohybem dle ČSN EN 1992 [2] byly odvozeny z vypočtené hodnoty pevnosti obyčejného betonu v příčném tahu a tahu ohybem dle vztahu (7) a (8) vynásobením koeficientem η_1 . Pro výpočet hodnot pevností dle odborné literatury [6] byly hodnoty krychelné pevnosti Rbk dosazovány kp/cm² dle přepočtu 1kp/cm² = 0,09806MPa a výsledky byly zpět převedeny na MPa.

6. Shrnutí dosažených výsledků

Tab. 7 Srovnání hodnot pevností získaných experimenty a teoretickými výpočty

LC 40/44	ČSN 731203	ČSN EN 1922	Odborná literatura	Experimentálně zjištěné hodnoty
pevnost tlaku [MPa]	44,0	40,0	44,0	55,0
pevnost v příčném tahu [MPa]	-	3,46	2,87	3,48
pevnost v prostém tahu [MPa]	-	3,12	1,99	-
pevnost v tahu ohybem [MPa]	-	4,68	5,75	3,46

Tab. 8 Srovnání hodnot pevností získaných experimenty a teoretickými výpočty

LC 35/38	ČSN 731203	ČSN EN 1922	Odborná literatura	Experimentálně zjištěné hodnoty
pevnost v tlaku [MPa]	38,0	35,0	38,0	45,5
pevnost v příčném tahu [MPa]	-	3,18	2,61	2,84
pevnost v prostém tahu [MPa]	-	2,85	1,90	1,64
pevnost v tahu ohybem [MPa]	-	4,28	5,21	2,70

7. Závěr

Z výše uvedených výsledků lze vyvodit následující závěry:

- navrhování konstrukcí z hutného lehkého betonu dle hodnot doporučených normou ČSN 731203 [1] je možné v případě, že pro návrh nebude použit lehký beton pevnostní značky vyšší než LB30. V opačném případě je nutnost experimentálního ověření tahové pevnosti použitého betonu.

- pevnost v dostředném tahu (prostém tahu) stanovena výpočtem dle ČSN EN 1992 [2] nadhodnocuje skutečnost přibližně o 40%. Pokud však porovnáme hodnoty pevnosti v příčném tahu, pak lze říci, že bylo dosaženo poměrně dobré shody. Teoretický výpočet nadhodnocuje skutečnost o cca 10% u betonu LC 35/38, u betonu značky LC 40/44 lze konstatovat shodu mezi teoretickým výpočtem a experimentem. Hodnoty pevností v tahu ohybem stanovené výpočtem opět nadhodnocují skutečnost a to cca o 35% u betonu LC 35/38 a o 25% u betonu LC 40/44.

- pokud srovnáme hodnoty sledovaných pevností stanovené dle výpočtu uvedených v odborné literatuře [6], můžeme konstatovat, že výpočetní vztahy jsou velmi vhodné pro stanovení odhadu tahové pevnosti obou sledovaných betonů. Vypočtená hodnota pevnosti v prostém tahu se liší od experimentálně zjištěné hodnoty o pouhých 13% což je vzhledem k variabilitě měření poměrně uspokojivý výsledek. Výborné shody bylo dosaženo i u pevností v příčném tahu stanovené pro beton LC 35/38, u betonu LC 40/44 je vypočtená hodnota přibližně o 17% nižší než hodnota experimentálně určená. Výpočetní vztah pro pevnost v tahu ohybem se však nejeví jako příliš vhodný, nadhodnocuje skutečnost přibližně o 50% u betonu značky LC 35/38 a o 40% u betonu značky LC 40/44.

Výše uvedené shrnutí dokazuje, že vývoj nových materiálů sebou přináší potřebu definování nových výpočetních vztahů pro přibližné určování fyzikálně mechanických vlastností výsledných kompozitů na základě experimentální analýzy.

Příspěvek byl zpracován díky podpoře projektů GAČR č. 103/06/0685, projektů MŠMT č. 0021630511.

8. Literatura

- [1] ČSN 731203 Navrhování konstrukcí z lehkého betonu z pórovitého kameniva, Český normalizační institut, 1992
- [2] ČSN EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby, Český normalizační institut, 2007
- [3] ČSN EN 206-1 Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda, Český normalizační institut, 2001
- [4] ČSN 73 1318 Stanovení pevnosti betonu v tahu, Český normalizační institut, 1986
- [5] ČSN EN 12390 Zkoušení ztvrdlého betonu, Český normalizační institut, 2001
- [6] Šmerda, Z., Vitek, B. Konstrukční lehký beton, Odborné publikace pro projektanty a statiky, Praha, 1976
- [7] Bulletin d'Information CEB, „Structures en Beton Legers“, 1972
- [8] Guide for Structural Lightweight Aggregate Concrete, ACI Journal, 1967



ČVUT V PRAZE **KLOKNERŮV ÚSTAV**

Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Ředitel: Doc. Ing. Tomáš Klečka, CSc.

Tel.: +420 224 353 529 Fax: +420 224 353 530

<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: +420 224 353 537

STAVEBNICTVÍ a interiéř

ČASOPIS O VÝROBCÍCH, MATERIÁLECH A TECHNOLOGIÍCH

...časopis, nad kterým neztrácíte čas.



1
na trhu již
od roku 1992

<http://si.vega.cz>

- kalendář akcí
- více než 2 500 článků
- 100 000 návštěv měsíčně
- denně aktuální zprávy ze stavebnictví



MATERIÁLY PRO STAVBU




Odborný časopis určený projektantům, technikům stavebních firem, architektům, stavebním inženýrům a všem zájemcům o novinky v oblasti stavebnictví. Přináší informace především o stavebních materiálech a výrobcích a způsobech jejich použití. Upozorňuje na poruchy vzniklé chybnou volbou technologie či nesprávným postupem a navrhuje možnosti jejich nápravy.

Vydává
Vydavatelství Business Media CZ, s. r. o.
Nádražní 32, 150 00 Praha 5
Tel.: 225 351 133
www.imaterialy.cz

www.az-podlahy.cz

podlahy *a interiéry*

Dvoutměsíčník
pro odborníky
a jejich zákazníky



**Zaměřený na tematiku
bytových i komerčních
interiérů s důrazem
na obor podlah**

Časopis je v prodeji na stáncích v ČR a na Slovensku.

Vydává:

Vydavatelství LENNY s.r.o.

U Nového Suchdola 8, 160 00 Praha 6

tel./fax: 220 512 467, mobil: 777 302 591-2, 774 302 595

e-mail: lenny@dl.cz, www.az-podlahy.cz

Roční předplatné 270 Kč (360 Sk)

Vyřizuje: Postservis, bezplatná infolinka České pošty:

800 10 44 10, www.periodik.cz,

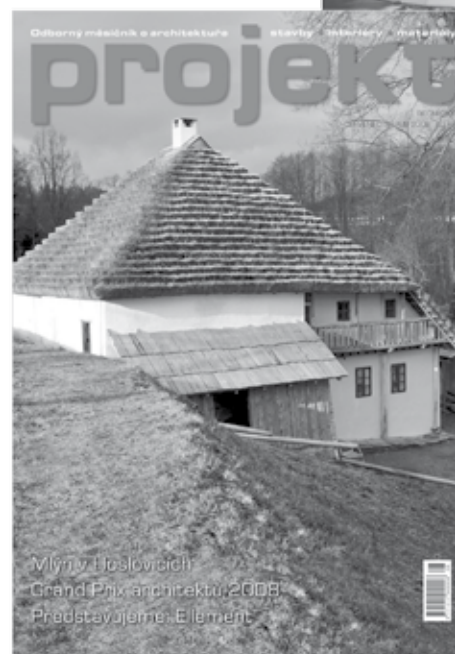
e-mail: postabo.prstc@cpost.cz

fax: 284 011 847

projekt

Odborný
měsíčník o
architektuře

- stavby
- interiéry
- materiály



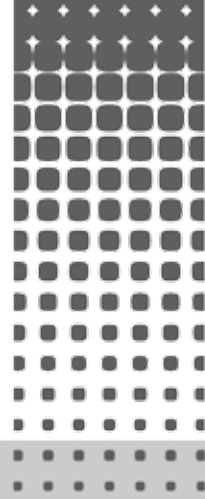
Časopis **projekt** je nezbytným
průvodcem každého profesionála
v oboru stavebnictví

- představuje současnou špičkovou architekturu a její osobnosti
- sleduje trendy v designu a interiérové tvorbě
- zabývá se též dopravními projekty, urbanismem a zahradní architekturou
- přináší aktuální informace z oblasti stavební legislativy a finančního poradenství
- zaměřuje se na nové stavební technologie a materiály

www.mf.cz/projekt

INZERCE – TEL. 225 276 320

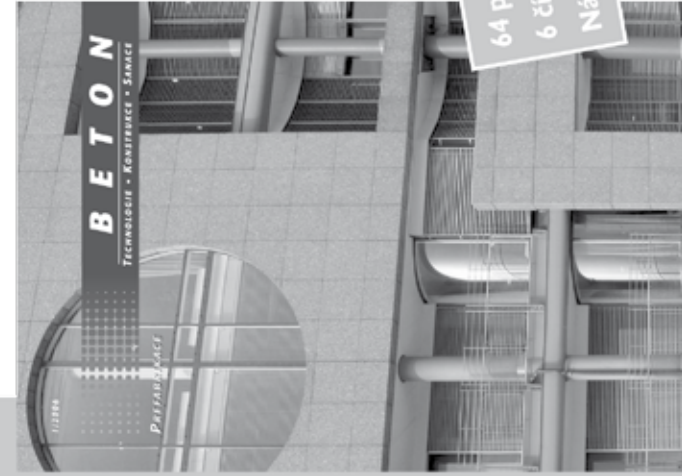
PŘEDPLATNÉ – TEL. 800 104 410



B E T O N

TECHNOLOGIE • KONSTRUKCE • SANACE

časopis o současném betonovém stavitelství



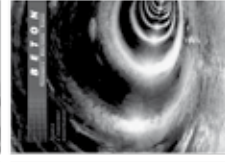
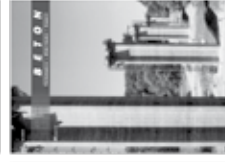
AKTUÁLNÍ ODBORNÉ ČLÁNKY A NOVÉ INFORMACE O

- technické úrovní a kvalitě betonového stavitelství v ČR
- betonu jako ekologickým a recyklovatelným stavebním materiálu s jedinečnými vlastnostmi

ČASOPIS PRO

- architektky ● stavební inženýry ● pracovníky státní správy a samosprávy ● univerzit ● odborných škol ● výzkumných a-zkušebních pracovišť ● investorských organizací ● grantových agentur ● developerských společností

64 plnobarevných stran
6 čísel ročně
Náklad 3000 výtisků



www.betoniks.cz

redakce@betoniks.cz

BETON IKS, s.r.o., Šatovská 1, 110 00 Praha 1, tel./fax: 274 812 906

Ekologické nátěrové systémy nové generace pro stavebnictví a průmysl

- fasádní barvy – silikátové, akrylátové, silikonové
- impregnace, stěrky, ušlechtilé a mozaikové omítkoviny, lepidla, tmely
- certifikovaný zateplovací systém AWD BRILLUX
- sřížkané tapety a floky, interiérové a dekorační nátěry
- kompletní nátěrové systémy na dřevo, ocel, barevné kovy, plasty a střechy
- nátěry na podlahy, sanační systém na beton, značkovací barvy na komunikace
- materiály na sanaci historických objektů
- systémové nářadí pro zedníky, fasádníky, lakýrníky, malíře, tapetáře
- průmyslové barvy – práškové, vodní, epoxidové
- poradenská služba, výběr materiálu a technologie, kalkulace, komplexní realizace zakázek

Brillux
...víc než barva



BRILLCOLOR spol. s r. o., specializovaný velkoobchod Barvy-Laky-Omítkoviny BRILLUX
198 21 Praha 9-Kyje, Nedokončená 337, tel. / fax: 272 704 819, 272 700 490, 604 214 435
www.brillcolor.cz, e-mail: brillux@brillcolor.cz

Obchodní zastoupení:

PARKETCENTRUM s. r. o., Špálova 25, 323 17 Plzeň, tel. / fax: 377 537 858
info@parketcentr.cz, www.parketcentr.cz

PAVLÍNA DLOUHÁ, Kpt. Jaroše 482, 264 01 Sedlčany, tel. / fax: 318 875 422, mobil: 602 458 568
brillux.d@worldonline.cz, mujweb.cz/www/brillux.d

JAN HRABÁK, Tyršova 1435, 268 01 Hořovice, tel. / fax: 311 514 891, mobil: 602 172 366

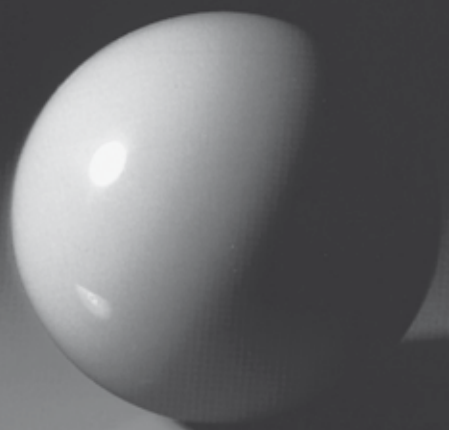
DRDA - STAIS s. r. o., Škroupova 79, 266 01 Beroun III. - Závodí, tel.: 311 622 431

JAROSLAV JAROŠ LAK-MAL, K sídlišti 289, 549 54 Police nad Metují, tel.: 491 543 807, mobil: 607 736 295

SPOINT s. r. o., Nám. Míru 462, 686 01 Uherské Hradiště, tel. / fax: 572 552 107, 632 555 572

Povrchové úpravy

Odborný
časopis
pro průmysl,
stavebnictví
a řemeslníky



Nátěrové hmoty
Vybavení lakoven
Tmely, lepidla, konzervace
Kompletní technologické linky
Předúpravy a chemikálie
Ekologie a odpady
Předpisy, zákony, normy
Projektování, poradenství

Redakce:

Drobná 14, 102 00 Praha 10-Štěrboholy, tel.: 602 269 921; tel./fax: 272 700 168
E-mail: zeman.press@seznam.cz, www.povrchoveupravy.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 nejdéle 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 záchranářského 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





TDS Brno – SMS, s.r.o.

Mariánské nám. 1, 617 00 Brno, Morava, Česká republika (CZ)

* Člen AIO, TDS, CWS ANB (člen EWF, IW a IAB) *

* Member of AIO, TDS, CWS ANB (member of EWF, IW and IAB) *

Technická, školicí, 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

- ❖ 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 6 – jakost při svařování a souvisejících výrobních zvláštních procesech 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 a provozu 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 karoséri 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), mezinárodních konstruktérů svařovaných konstrukcí výrobků (IDWS)
 - odborná způsobilost výrobního kontrolora – „V-K“ a svářečského kontrolora - „W-K“ (vizuální a makroskopická i mikroskopická kontrola, zkoušení kapilární metodou, zkoušení těsností), techniků pro přenášení atestových značek, svářečského dozora (E/IWS, T, E), technika DT a NDT laboratorů, manažera a auditora systému managementu kvality, bezpečnostního technika, technického inspektora – 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 systému managementu jakosti a systému řízení jakosti výroby dle ČSN EN ISO 9001 : 2001, ČSN EN ISO 17 021, systému environmentálního managementu dle ČSN EN ISO 14 001 : 1997 a systému 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 konstrukcí výrobků i zařízení (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.

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 DIČ : 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			

SLUNEČNÍ SIMULACE a UV TESTERY



Q - SUN

**komplexní sluneční simulace
světlem xenonové výbojky,**

- regulace teploty, intenzity osvitů, teploty černého panelu
- možnost regulace relativní vlhkosti vzduchu
- možnost postřiku vzorků vodou
- registrace dosažené dávky osvitů
- programování cyklických testů



QUV TESTER

**simulace UV složky slunečního
záření k určení vlivu světla na
degradaci materiálů**

- regulace intenzity osvitů a teploty komory a černého panelu
- programování cyklických testů
- osvit lampami UVA340, UVB313, CW
- možnost kondenzační zkoušky
- možnost postřiku vzorků vodou

prodej, servis, poradenství: **LABIMEX CZ s.r.o.,**

Na Zámecké 11, 140 00 Praha 4

tel: 00420 241 740 120 email: prazak@labimex.cz, info@labimex.cz

fax: 00420 241 740 138 mobil: 00420 602 366 407 www.labimexcz.cz

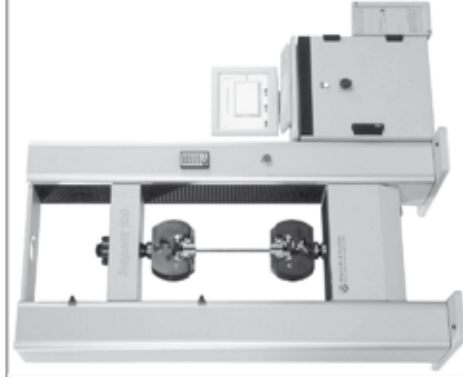
METROTEST

Metrotest s. r. o., T. G. Masaryka 2104, 272 01 Kladno, tel. +420 312 249 515 * fax +420 312 249 516 * e-mail: office@metrotest.cz

www.metrotest.cz

Dodává a provádí servis v ČR a SR:

Tvrdoměry na kovy a plasty vyráběné firmou Emcotest Prüfmaschinen GmbH, Rakousko
Univerzální zkušební stroje INSPEKT společnosti Hegewald&Peschke GmbH, Německo
Přenosné souřadnicové měřicí stroje (ramena) CimCore, USA
Souřadnicové měřicí stroje od výrobce International Metrology Systems, Velká Británie
Profilprojektory britského výrobce Starrett Precision Optical



České vysoké učení technické v Praze
ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008

Sborník příspěvků z Konference
ZKOUŠENÍ A JAKOST VE STAVEBNICTVÍ 2008
Masarykova kolej ČVUT v Praze 20. - 21. 10. 2008

Editori:

Doc Ing. Jiří Dohnálek, CSc.
Ing. Petr Tůma, Ph. D.

Sazba a tisk:

All design graphics s.r.o. – www.alldesign.cz

Náklad:

300 ks

Rok vydání:

2008

Kontaktní adresa:

KLOKNERŮV ÚSTAV ČVUT
Šolínova 7, 166 08 Praha 6

Publikace neprošla jazykovou úpravou.

ISBN 978-80-01-04123-9