

HYDROFOBNI IMPREGNACE BETONU - PROSTŘEDEK PRO ZVÝŠENÍ ODOLNOSTI BETONU PROTI ÚČINKŮM CH.R.L.

■ HYDROPHOBIC IMPREGNATION OF CONCRETE - A MEANS TO INCREASE OF RESISTANCE AGAINST DE-ICING SALTS WITH FREEZE-THAW CYCLES

Jiří Kolísko, Daniel Dobiáš, Petr Huňka

V článku je popisována hydrofobizace jako funkční metoda pro zvýšení trvanlivosti a užitných vlastností stavebních materiálů. Jsou uvedeny experimentální zkoušky, kdy byly ověřovány funkční vlastnosti čtyř typů hydrofobizačních prostředků určených k hydrofobizaci stavebních materiálů. V článku je popsán výsledek zkoušky hydrofobní impregnace na zvýšení odolnosti povrchů betonu proti působení CH.R.L. ■ The article deals with a hydrophobic treatment of building materials serving as a functional method of improving their usable properties. Experimental tests are described, which were verified by the functional properties of four hydrophobic agents means for hydrophobic treatment of building materials. The article describes results of experimental programme, where one type of hydrophobic agent is used for increase of resistance against de-icing salts with freeze-thaw cycles.

Odolnost betonu proti působení mrazu a chemických rozmrazovacích prostředků je základním požadavkem na beton konstrukcí zejména dopravních staveb. Na objektech těchto staveb je pro konstrukce používána široká škála betonů od běžných tříd až po speciální betony vyšších pevností. Je obecně známo, že rozhodujícím katalyzátorem i příčinou degradačních procesů betonu je voda. Jednou z možností, jak porézní stavební materiál ochránit před kontaktem s vodou a vodnými roztoky solí, ale např. i před masnotou a nečistotami, je hydrofobní impregnace stavební konstrukce.

V článku je popisován výsledek experimentálního ověřování vlastností čtyř typů hydrofobních impregnací a zkoušky hydrofobní impregnace na zvýšení odolnosti povrchů betonu proti působení CH.R.L.

MECHANISMUS PŮSOBNÍ HYDROFOBIZACE

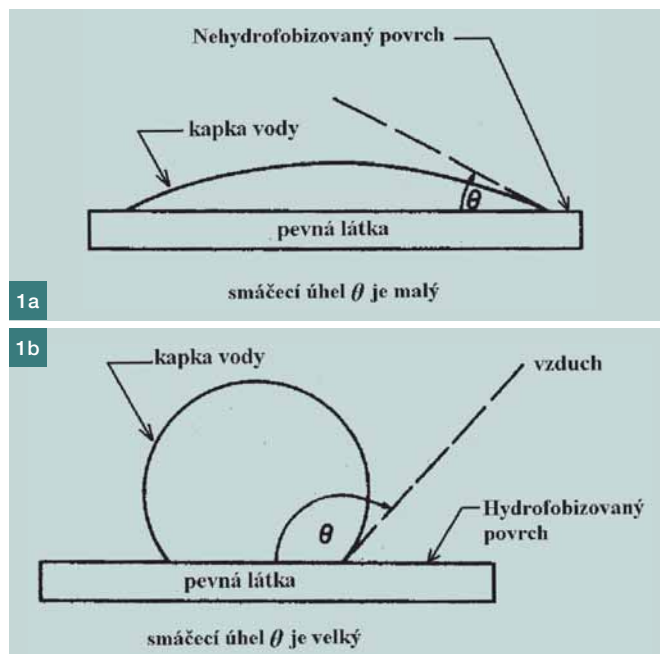
Problematika mechanismu působení hydrofobních impregnací je velmi široká. Pro ucelený pohled na věc se přesto v následujícím odstavci pokusíme popsat základní princip.

Když porézní stavební materiál přijde do styku s vodou, dochází v důsledku působení kapilárních sil k nasátí této vody do pórů stavebního materiálu. Kapilární síla F_{kap} , která působí na kapaliny v porézním materiálu (předpoklad rovné válcové kapiláry), je dána vztahem:

$$F_{\text{kap}} = 2\pi r \gamma \cos \theta,$$

kde γ je povrchové napětí kapaliny, r je poloměr pórů a θ je smáčecí úhel kapaliny na povrchu pevné látky. V našem případě je nejzajímavějším aspektem smáčecí úhel θ . Čím větší je smáčecí úhel θ , tím je kapilární síla menší.

Jak je vidět na obr. 1a, když je smáčecí úhel malý, kapilární síla je větší a kapka vody se rozprostře po povrchu pevné látky (zde silikátového materiálu, jež je vodou dobře smáčen). Naopak je-li smáčecí úhel velký, kapilární síly jsou malé a kapka vody se nerozlije, ale zůstává na povrchu zabalena do kuličky, aby její kontakt s pevnou látkou byl co nejmenší (obr. 1b).



Princip hydrofobizace tedy spočívá ve zvýšení povrchového napětí materiálů a zvětšení smáčecího úhlu vody vytvořením tenké vrstvičky hydrofobní látky na vnitřním povrchu pórů. Tato vrstvička musí být velmi tenká, okem neviditelná, aby prakticky nezmenšovala průměr pórů, tedy aby nedošlo k ucpaní pórů a zamezení paropropustnosti. Na hydrofobizovaném povrchu nemůže voda vytvořit souvislou plochu, nesmáčí povrch a snadno stéká ve formě kuliček.

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ HYDROFOBNIH IMPREGNACÍ

Požadavky na funkční vlastnosti hydrofobních impregnací

Do povědomí odborné veřejnosti teprve postupně začíná pronikat skutečnost, že požadavky na funkční vlastnosti hydrofobní impregnace aplikované na betony jsou předepsány v normě ČSN EN 1504-2. Na tuto normu navazují normy zkušební. Pro hydrofobní impregnace specifikují řadu postupů zkoušek, mezi kterými jsou nejdůležitější:

- zkouška rychlosti sušení ČSN EN 13579
- zkouška absorpce vody impregnovaným povrchem ČSN EN 13580
- zkouška odolnosti impregnovaného povrchu proti účinkům alkálií ČSN EN 13580
- stanovení hloubky průniku hydrofobní impregnace do betonu ČSN EN 1504-2.

Experimentální ověřování čtyř typů impregnací

Pro zkoušku sušením, zkoušku absorpce vody a zkoušku odolnosti proti alkáliím byly vyrobeny betonové zkušební krychle o hraně 100 mm a vodním součiniteli $w/c = 0,45$.



Obr. 1 Vliv velikosti smáčecího úhlu na smáčení pevné látky, a), b)

Fig. 1 Size effects of wetting angle on wetting solid

Obr. 2 Uložení těles při zkoušce absorpce vody Fig. 2 Storage of test specimens in the test water absorption

Obr. 3 Uložení těles při zkoušce odolnosti proti alkáliím Fig. 3 Storage of test specimens in the test for resistance to alkali

Storage of test specimens in the test for resistance to alkali

Obr. 4 Rozlomená impregnovaná zkušební tělesa pro měření hloubky průniku čtyř různých hydrofobizačních přípravků, a) až d)

Fig. 4 Breaking impregnated specimens for measuring the depth of penetration of four different hydrophobic impregnations



Dlouhodobá trvanlivost hydrofobní impregnace byla zjišťována podle ČSN EN 13580 stanovením absorpčního poměru po vystavení zkušebních těles vlivu alkálií (roztoku hydroxidu draselného) po dobu 21 dnů (obr. 3).

Hloubka průniku hydrofobní impregnace do betonu byla měřena na betonových zkušebních krychlích o hraně 100 mm a vodním součiniteli $v/c = 0,7$ (nikoliv 0,45, jak tomu bylo u předchozích zkoušek) podle ČSN EN 1504-2. Hloubka průniku se měřila s přesností 0,5 mm rozlomením impregnovaného zkušebního tělesa a postříkáním povrchu lomové plochy vzorku vodou pomocí rozprašovače. Za efektivní hloubku hydrofobní impregnace byla považována hloubka suchého (světlého) pásma (obr. 4). Výsledky jednotlivých zkoušek a normativní předpisy jsou uvedeny v tab. 1.

Zkušební krychle byly ošetřovány 28 dní podle ČSN EN 1766. Impregnace zkušebních těles byla provedena podle pokynů výrobce hydrofobizačního prostředku.

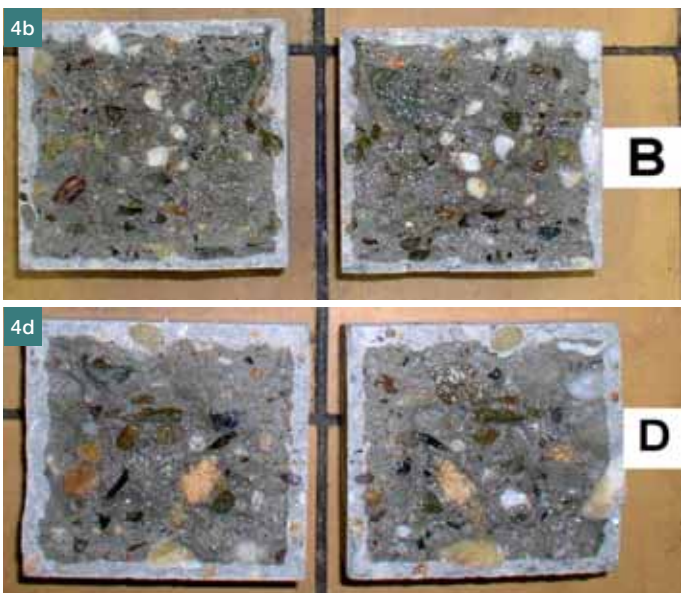
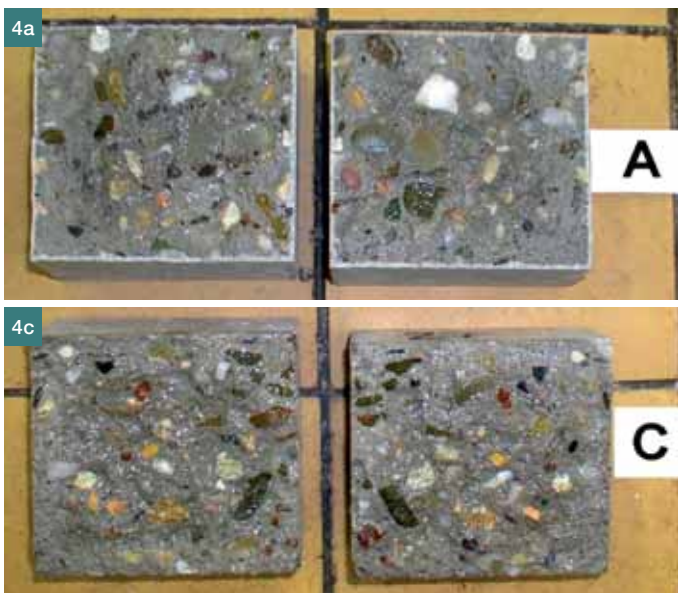
Při zkoušce sušením podle ČSN EN 13579 byla porovnávána rychlost sušení impregnovaných a neimpregnovaných zkušebních krychlí připravených ze stejné záměsi betonu. Poměr obou rychlostí je definován jako koeficient rychlosti sušení.

Při zkoušce absorpce vody podle ČSN EN 13580 byl zjišťován absorpční poměr porovnáním rychlosti absorpce vody impregnovaných a neimpregnovaných zkušebních těles. Uložení zkušebních krychlí při zkoušce je patrné z obr. 2.

Diskuse výsledků zkoušek impregnací

Z tab. 1 je zřejmé, že všem normativním kritériím vyhověly pouze hydrofobizační prostředky B a D. Také hloubka penetrace byla u těchto prostředků největší (4 až 6,5 mm u prostředku B a 8 až 9 mm u prostředku D).

Hydrofobizační prostředek A nevyhověl při zkoušce dlouhodobé trvanlivosti po vystavení zkušebních těles vlivu alká-



Tab. 1 Výsledky zkoušek ■ Tab. 1 Test results

Parametr	Hydrofobizační prostředek			
	A	B	C	D
Báze prostředku	oligomerní siloxany	silany	oligomerní siloxany	silany
Spotřeba nátěrů na zkuš. vzorky [g/m ²]	450	420	400	320
Součinitel rychlosti sušení [%]	Naměřeno	48,3	56,2	25,0
	Požadavek normy	třída I: > 30 %; třída II: > 10 %		
Absorpční poměr [%]	Naměřeno	5,9	5	18,6
	Požadavek normy	< 7,5 %		
Absorpční poměr po vystavení vlivu alkálií [%]	Naměřeno	12,4	9,1	36,3
	Požadavek normy	< 10 %		
Hloubka průniku [mm]	Naměřeno	1 až 1,5	4 až 6,5	0
	Požadavek normy	třída I: < 10 mm; třída II: ≥ 10 mm		

Tab. 2 Informativní složení betonu ■ Tab. 2 Information of concrete composition

Složka	Množství
Cement CEM I 52,5 [kg/m ³]	470
Kamenivo DTK+DDK 0/4 [kg/m ³]	770
Kamenivo HDK 4/16 [kg/m ³]	1 130
Superplastifikátor [l/m ³]	6,84
Voda [l/m ³]	160

lí, což zřejmě způsobila malá hloubka penetrace prostředku, která činila pouze 1 až 1,5 mm. Hydrofobizační prostředek C nevyhověl žádnému normativnímu předpisu, nebyla u něho naměřena ani žádná hloubka penetrace. Nátěr tohoto prostředku vytvořil pouze ochranný film na povrchu zkušebních těles.

měření hloubky průniku hydrofobizačního prostředku je třeba podotknout, že měření se dělá, jak je předepsáno v normě ČSN EN 1504-2, na tělesech jejichž vodní součinitel je 0,7, tudíž na tělesech více pórovitých, tedy více nasákových. Když jsme stejné měření hloubky penetrace provedli na tělesech, jejichž vodní součinitel byl 0,45, tedy méně pórovitých, tak změřená hloubka penetrace byla méně než poloviční oproti tělesům s vodním součinitelem 0,7. Např. u hydrofobizačního prostředku B byla v tomto případě naměřena hloubka pe-

netrace pouze 2,5 až 3,5 mm. Také měření hloubky impregnace u těchto méně pórovitých betonů už není tak transparentní, jelikož beton je velmi málo nasákový, a tudíž rozhraní mezi suchým (světlým) a mokřým pásmem není tak výrazné (na černobílých fotografiích těžko postřehnutelné).

OVĚŘENÍ Vlivu IMPREGNACE NA ODOLNOST BETONU PROTI CH.R.L.

V rámci širšího experimentálního programu bylo provedeno ověření vlivu hydrofobní impregnace A (tab. 1) na změnu odolnosti betonu proti působení mrazu a rozmrazovacích látek. Test byl proveden dle ČSN 731326 – metoda C. Pro porovnávací test byly použity vzorky (válce) připravené v průběhu běžné výroby neprovzdušněného vysokopevnostního betonu. Pevnost betonu v tlaku se pohybovala v průběhu výroby na úrovni 90 až 100 MPa. Informativní složení betonu na 1 m³ udává tab. 2.

Pro eliminaci možného vlivu zpracování povrchu při výrobě válců (150 x 300 mm) byl test odolnosti proveden na řezané ploše vzorků. Ze tří válců byly připraveny tři a tři kotouče výšky cca 50 mm. Na zkoušený povrch byla u tří válců nanesena impregnace štětcem, a to ve třech vrstvách dle doporučení výrobce. Celková průměrná spotřeba prostředku na všechny válce byla 390 g/m². Tři válce byly použity jako referenční.

Zkouška byla zahájena záměrně velmi záhy po aplikaci,

Tab. 3 Tvar těles a objemová hmotnost ■ Tab. 3 Body shape and density

Označení vzorku	Rozměry [mm]		Hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg/m ³]
	výška	průměr		
1-A	51,7	152,8	2 360,5	2 490
2-A	52,1	152,8	2 336,3	2 450
3-A	52,2	152,4	2 353,3	2 470
Průměrná hodnota:				2 470
1-B	51,6	152,7	2 338,6	2 480
2-B	52,0	151,5	2 371,4	2 540
3-B	52,8	151,4	2 352,5	2 480
Průměrná hodnota:				2 500

Tab. 4 Výsledek zkoušky Ch.R.L. ■ Tab. 4 The test result resistance against de-icing salts with freeze-thaw cycles

Označení vzorku	Povrchová nasák. 15 min. [g/m ²]	Odpad po počtu cyklech [g/m ²]				
		25	50	75	100	125
1-A	164	300	874	1 594	2 069	2 266
2-A	98	344	1 207	1 763	2 282	2 588
3-A	82	0	0	795	2 007	2 347
Průměr	115	215	693	1 384	2 120	2 400
1-B	55	0	0	0	16	33
2-B	28	0	0	0	39	189
3-B	28	0	0	0	33	156
Průměr	37	0	0	0	30	126

Literatura:

- [1] Dobiáš D., Kolísko J.: Možnosti hydrofobizace silikátových materiálů, In: Konf. Sanace a rekonstrukce staveb, Brno 2009, ISBN 978-80-02-02190-2, pp. 37–41
- [2] de Vries J., Polder R. B.: Hydrophobic Treatment of Concrete, Construction and Building Materials, 1997, vol. 11, no. 4, pp. 259–265
- [3] Kolísko J., Hromádka J.: Trvanlivost betonu mostů a tunelů, In: Sb. Dálnice D8 – stavby z betonu, Litoměřice 2010, ISBN 978-80-87158-25-8, pp. 63–68
- [4] ČSN EN 1504-2 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – Část 2: Systémy ochrany povrchu betonu
- [5] Dobiáš D., Kolísko J.: Zkoušení funkčních vlastností hydrofobní impregnace, In: Konf. Sanace a rekonstrukce staveb, Brno 2010, ISBN 978-80-02-02273-2, pp. 106-109.

a to již pět dní po nanesení. Nebyl ponechán dostatečný čas obvykle vyžadovaný dodavateli na vytvoření dokonalé vazby a penetraci prostředku do betonových povrchů. Výsledky experimentu jsou uvedeny v tab. 3 a 4.

SHRNUTÍ A ZÁVĚRY

Cílem tohoto článku nebylo přímo bezprostředně hodnotit konkrétní hydrofobizační prostředky, ale upozornit na relativně nové metody ověřování vlastností hydrofobizačních prostředků dle nových EN standardů a dále na to, že mezi jednotlivými prostředky může být velmi výrazný rozdíl. Ze čtyř testovaných prostředků označovaných dodavateli v technických listech jako hydrofobizační impregnace splnily kritéria normy EN 1504-2 pouze dva prostředky.

V technických listech hydrofobizačních prostředků je mnohdy uváděna hloubka penetrace > 10 mm (tj. třída II). Je podstatné si uvědomit, že hloubka penetrace hydrofobizačního prostředku je měřena dle postupu zkušební standardu EN 1504-2 na betonových tělesech s vodním součinitelem 0,7, tedy betonech vysoce pórovitých a zcela mimo běžnou stavební praxi. U běžných betonů s vodním součinitelem 0,4 až 0,5 lze tedy předpokládat, že hloubka impregnace bude menší. Tato hloubka je závislá na samotném typu impregnace (typ a obsah účinné látky) a samozřejmě na samotném složení betonu. Dle našich zkušeností se reálná hloubka penetrace impregnace u těchto klasických betonů pohybuje v řádu několika mm (cca 1 až 5 mm). Hloubka penetrace je časově závislá a je třeba ji stanovovat až po nějakém období (TL obvykle uvádí plnou účinnost po cca dvou až čtyřech týdnech).

Srovnávací test odolnosti povrchů betonu v prezentovaném konkrétním případě ukázal velmi výrazný pozitivní vliv hydrofobní impregnace na odolnost betonového povrchu proti působení CH.R.L. Při aplikaci impregnací je však velmi podstatná její dlouhodobá účinnost. S ohledem na vliv povětrnosti souvisí zejména se schopností propenetrovat co nejhluběji do struktury betonu, aby případná degradace vrstvy vlivem povětrnosti probíhala co nejpomaleji.

Současně je významná souvislost s odolností hydrofobní impregnace proti degradaci vlivem alkalického prostředí. S dlouhodobým chováním hydrofobních impregnací je v oblasti ochrany betonu v ČR prozatím relativně málo praktických zkušeností. Výše uvedené výsledky však potvrzují možný a významný pozitivní vliv na odolnost betonu a lze předpokládat narůstající počet aplikací ochrany povrchů hydrofobními impregnacemi.

Článek byl vytvořen za finanční podpory GAČR 103/08/1452.

Doc. Ing. Jiří Kolisko, Ph.D.
tel.: 603 214 926
e-mail: kolisko@klok.cvut.cz



Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D.
tel.: 776 201 948
e-mail: dobias@klok.cvut.cz

Ing. Petr Huřka
tel.: 606 335 118
e-mail: hunka@klok.cvut.cz



všichni: Kloknerův ústav ČVUT v Praze
Šolínova 7, 166 08 Praha 6
www.cvut.cz

SPOLEČNĚ NAJDEME ŘEŠENÍ

PLAVECKÝ AREÁL ŠUTKA

Dostavba plaveckého areálu a přístavba aquaparku



www.smp.cz

SMP
SMP CZ
Společnost skupiny VINCI
CONSTRUCTION