VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

TAČR

TA04010143-2016V002

Ošetření povrchu pro zamezení průniku kapalin

Zpracovali:

Ing. Pavel Dohnálek, Ph.D.

Ing. Václav Pumpr, CSc.

Prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

Doc. Ing. Jiří Bydžovský, CSc.

Ing. Vít Černý, Ph.D.

Ing. et Ing. Michaela Dvořáková

Ing. Pavel Krejčí

a kolektiv.

Obsah

Úvod 3

1. Označení testovaného vzorku 3

2. Metodika prováděných zkoušek 3

2.1. Nasákavost 4

2.2. Stanovení vodotěsnosti povrchové úpravy 4

2.3. Hloubka penetrace 5

2.4 Stanovení odolnosti proti obrusu Böhme 5

2.5. Měření protismykových vlastností povrchu – Zkouška kyvadlem 6

3. Ověření vlastností funkčního vzorku 9

4. Vyhodnocení 12

5. Závěr 12

Úvod

Na základě smlouvy o poskytnutí podpory číslo 2014TA04010143 byly ověřeny parametry funkčního vzorku pro ošetření povrchu pro zamezení průniku kapalin, vyrobeného v poloprovozních podmínkách v rámci řešení projektu TA04010143 "Výzkum a vývoj nového systému podlah na silikátové bázi pro extrémní mechanické a chemické zatížení".

1. Označení testovaného vzorku

EPP4B - Dvousložkový penetrační nátěr na bázi epoxidových pryskyřic pro vlhké podklady.

2. Metodika prováděných zkoušek

Odkazy na dílčí normativní předpisy, podle kterých se při zkouškách postupovalo, jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka č. 1: Provedené zkoušky s odkazy na relevantní normativní předpisy

Zkouška	Označení normy	Velikost zkušebních těles (mm)
2.1 Nasákavost	ČSN 73 1316 (731316) Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vzlínavosti betonu	40 x 40 x 160
2.2 Vodotěsnost povrchových vrstev	ČSN 73 2578 (732578) Zkouška vodotěsnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí	150 x 150 x d
2.3 Hloubka penetrace	Nenormová zkouška – postup podle interní metodiky	150 x 150 x 150
2.4 Odolnost proti obrusu metodou Böhme	ČSN EN 13892-3 Zkušební metody potěrových materiálů - Část 3: Stanovení odolnosti proti obrusu metodou Böhme	71 x 71 x d
2.5 Protismykové vlastnosti povrchu	ČSN EN 13036-4 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch – Zkušební metody – Část 4: Metoda pro měření protismykových vlastností povrchu – Zkouška kyvadlem	min. 100 x 300

Aplikace povrchové úpravy byla provedena v laboratorním prostředí o teplotě (20 ± 2) °C a relativní vlhkosti (65 ± 5) %.

2.1. Nasákavost

Nasákavost zkušebních těles byla stanovena dle normy ČSN 73 1316. Zkušební tělesa o rozměrech 40 mm x 40 mm x 160 mm byla uložena do vodního prostředí po dobu 72 hodin a po vyjmutí zvážena. Následně byla zkušební tělesa vysušena při teplotě (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti. Nasákavost NV v % byla vypočtena z následujícího vztahu:

$$NV = \frac{(m_n - m_s)}{m_s} \times 100$$

Kde *NV* je nasákavost v [%], m_n je hmotnost vzorku po zkoušce nasákavosti [g], a m_s je hmotnost vysušeného vzorku [g].

2.2. Stanovení vodotěsnosti povrchové úpravy

Podstatou zkoušky vodotěsnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí je změření množství vody, které nasákne do povrchu zkoušeného vzorku během stanovené doby. Měření je nutno provádět na minimální ploše 100 mm x 100 mm, proto bude tato metoda prováděna na zkušebních vzorcích o rozměrech 150 x 150 x d mm. Sadu vzorků pro zkoušku jedné povrchové úpravy tvoří tři zkušební tělesa.

Princip měření:

Plastový zvon, na jehož obvodu je aplikován silikonový tmel se přimáčkne na testovaný vzorek a pomocí dvou svorek dojde k jeho upevnění. Do zvonu se umístí dělená pipeta a celá soustava se opatrně naplní vodou tak, aby došlo k odstranění všech vzduchových bublin. Po pěti minutách dojde k opětovnému doplnění vody po rysku. Po dalších třiceti minutách dojde k odečtení konečného výsledku s přesností na 0,1 ml.
Vodotěsnost povrchové úpravy V_{30} v l/m^2 se stanoví ze vztahu:

$$V_{30} = \frac{\Delta l}{A}$$

kde Δl je úbytek vody za 30 minut v litrech a A představuje smáčenou plochu v m^2.

2.3. Hloubka penetrace

Podstatou zkoušky je měření hloubky a rovnoměrnosti penetrace povrchového nátěru. Zkouška spočívá v aplikaci hydrofobního/olejofobního nátěru na povrch zkušebního tělesa a následného podélného řezu vzorku po 28 dnech. Poté je na řeznou plochu aplikován UV vlhkostní indikátor a je sledována hloubka penetrace pod UV lampou.

2.4 Stanovení odolnosti proti obrusu Böhme

Odolnost proti obrusu je deklarována pomocí metody Böhme podle ČSN EN 13892-3, kdy se zkušení tělesa o rozměru (71 ± 1,5) mm x (71 ± 1,5) mm x *d* min. tloušťky 30 mm upnou do zkušebního stroje na brusnou dráhu, na níž se sype brusivo. Brusný kotouč se otáčí a zkušební těleso zatížené silou (294 ± 3) N je broušeno v daném počtu cyklů. Pro stanovení úbytku tloušťky se musí těleso umístit na měřící stolek. Šablona se umístí do vyznačené polohy nad zkušebním tělesem tak, aby bylo možné identifikovat devět měřících bodů. K měření se použije číselníkový úchylkoměr s přesností 0,01 mm. Brusivem je umělý korund.

- Zkušební tělesa jsou krychle o délce hrany (71 ± 1,5) mm a výšky min. 30 mm.
- Zkušební těleso musí být vysušeno při teplotě (110 ± 5) °C do ustálené hmotnosti.
- Pro stanovení zmenšení objemu se stanoví objemová hmotnost před zkouškou s přesností měření 0,1 mm a vážením s přesností 0,1 g.
- Před zkoušením se stanoví tloušťka zkušebního tělesa.
- Zkušební těleso musí být podrobeno zkoušení v 16 cyklech, každý o 22 otáčkách.
- Odolnost proti obrusu Böhme po 16 cyklech se stanoví jako zmenšení objemu zkoušeného tělesa ΔV v cm^3 /50 cm^2, podle vztahu:

$$A = \Delta \mathrm{V} = \frac{\Delta m}{\rho} = \Delta l \times 5$$

Kde Δl je průměrný úbytek tloušťky po 16 cyklech v [mm], Δm je úbytek hmotnosti po 16 cyklech v [g] a ρ je objemová hmotnost tělesa v [g/cm3]. Zatřídění do tříd podle odolnosti proti obrusu.

Obrázek 1: Zkouška odolnost proti obrusu metodou Böhme

Zatřídění do tříd podle odolnosti proti obrusu podle Tabulky č. 4

Tabulka č. 4: Odolnost proti obrusu v třídách Böhme pro cementové potěrové materiály

Třída	A22	A15	A12	A9	A6	A3	A1,5
Množství obrusu v $cm^3/50\ cm^2$	22	15	12	9	6	3	1,5

2.5. Měření protismykových vlastností povrchu – Zkouška kyvadlem

U pojížděných povrchů, které jsou opatřeny povrchovými úpravami, je nezbytné stanovit měření odolnosti povrchu vůči smyku. Účelem zkoušky je zjištění mikrotextury povrchu a jeho protismykových vlastností pomocí kyvadla TRRL (TRRL je zkratka původce kyvadla Transport and Roads Research Laboratory). Zkouška je prováděna pomocí přenosného kyvadla s třecí patkou ze standartní pryže na jeho konci (PTV – Pendulum Test Value). Podstatou zkoušky je zjištění hodnoty PTV ze ztráty kinetické energie vlivem tření patky kyvadla na stanovené dráze zkoušeného povrchu.

Obrázek 2: Kyvadlový přístroj pro měření drsnosti povrchu vozovky podle EN 1097-8

Zkušební zařízení:

Stojan kyvadla s třemi stavitelnými opěrami (šrouby), rameno kyvadla, třecí patka s pryží (57 nebo 96), nádoba (střička, rozprašovač) s čistou vodou sloužící k navlhčení třecí patky a zkoušeného povrchu, teploměr nebo pyrometr pro zjištění teploty zkoušeného povrchu s přesností ±0,5 °C, zařízení pro měření sklonu zkoušeného povrchu, např. vodováha (min. 1m) a ocelové pravítko s přesností 1m, doplňkové

Podmínky měření:

Zkoušený povrch nesmí přesahovat sklon o více než 10%, teplota ovzduší nesmí být mimo rozmezí + 5 °C až + 40 °C, teplota vody používaná pro zvlhčení měřeného povrchu nesmí být odlišná o více než 15 °C.

Princip měření:

1. Zkoušený povrch se před měřením očistí pomocí ručního kartáče a čisté vody.

2. Zkušební vzorek o rozměrech 100 x 200 mm se umístí pod zkušební zařízení.

3. Stanovení teploty zkoušeného povrchu.

4. Ustavení stojanu kyvadla: nosný rám kyvadla je opatřen libelou a třemi stavitelnými opěrami, pomocí kterých je nutné rám vyrovnat do horizontální roviny. Bublinka se musí nacházet ve středu libely.

5. Ustavení ramena kyvadla: před zahájením měření je potřeba ověřit správnou funkčnost kyvadla prokmitem naprázdno. Při zvednuté třecí patce se ručička kyvadla musí zastavit na 0. V opačném případě je možné pomocí třecího kroužku upravit

velikost tření dle potřeby. Utažením třecího kroužku (ve směru hodinových ručiček) se tření zvýší a dokmit kyvadla sníží. Zkouška prokmitem naprázdno se provádí minimálně dvakrát před každým měřením.

6. Nastavení délky prokluzu třecí patky: po povolení fixačního šroubu se výška ramene kyvadla nastaví pomocí šroubu svislého posuvu tak, aby se třecí patka dotýkala při prokmitu celou svou šířkou po stanovené délce 126±1 mm. Po nastavení délky prokluzu je nezbytné opět utáhnout fixační šroub. Tomuto úkonu je nutné věnovat zvláštní pozornost z důvodu velkého vlivu na výsledky měření.

7. Na povrchu zkoušeného povrchu musí být během měření zajištěno dostatečné množství vody, které vytvoří souvislý film.

8. Měření: na ramenu kyvadla se uvolní táhlo, které spustí třecí patku do pracovní polohy. Pomocí aretačního tlačítka se uvolní rameno kyvadla z výchozí polohy a proběhne tzv. prokmit. Rameno kyvadla je nutné při zpětném pohybu dolů zachytit a zabránit tak zpětnému tření patky s povrchem. Prokmit se provede 5x na jednom místě, přičemž se měření nesmí lišit o více než 3 jednotky. V případě kdy se výsledky liší o více než 3 jednotky, postup se opakuje tak dlouho, než tři po sobě jdoucí měření nejsou konstantní.

9. Závěrečná kontrola: po ukončení měření se opět kontroluje vodorovná poloha nosného rámu kyvadla a délka prokluzu třecí patky.

10. Vyhodnocení: Hodnota PTV pro dané místo se získá jako průměrná hodnota z 3 dílčích měření.

Tabulka 1: Hodnocení součinitele tření povrchu vozovky zjištěné kyvadlem PTV [2]

Klasifikační stupeň		PTV
Velmi dobré protismykové vlastnosti	1	≤ 70
Dobré protismykové vlastnosti	2	69 – 60
Vyhovující protismykové vlastnosti	3	59 – 50
Nevyhovující protismykové vlastnosti	4	49 – 40
Havarijní stav	5	≤ 39

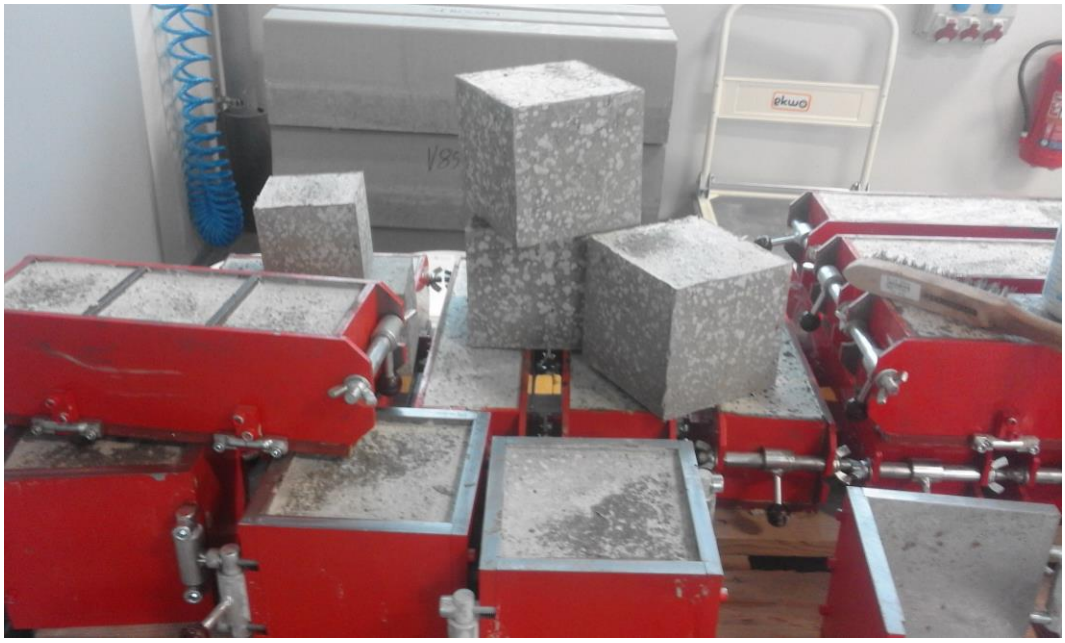
3. Ověření vlastností funkčního vzorku

Dvousložkový penetrační nátěr EPP4B na bázi epoxidových pryskyřic byl připraven důkladným mísením složek v poměru A : B = 5 : 1 (váhově). Následně byl aplikován na soudržný, neprašný odmaštěný povrch zkušebních těles s maximální vlhkostí 8 %. Podle savosti povrchu se nátěr provádí v jedné nebo dvou vrstvách štětcem nebo válečkem. Penetrace nemá tvořit na povrchu film. Zpracovatelnost připravené kompozice je při 20 ºC orientačně do 240 minut. Minimální prováděcí teplota, při které lze penetrační nátěr aplikovat, je 10 ºC.

Tabulka č. 8: Výsledky stanovení fyzikálně-mechanických parametrů funkčního vzorku

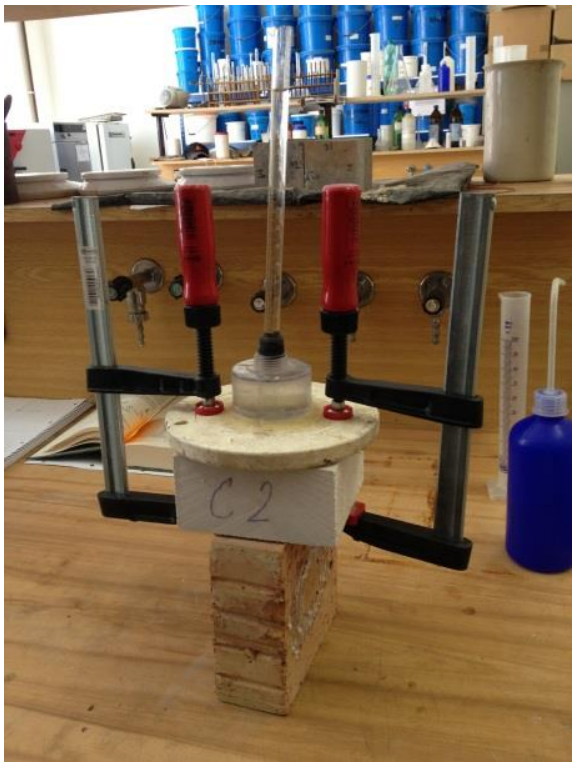
Zkouška	Jednotka	Výsledek	Zatřídění
2.1 Nasákavost	[%]	0,02	-
2.2 Vodotěsnost povrchových vrstev	[l/m^2]	0	-
2.3 Hloubka penetrace	[mm]	1,2	-
2.4 Odolnost proti obrusu metodou Böhme	[cm^3/50cm^2]	13,9	A15
2.5 Protismykové vlastnosti povrchu	[-]	56	klasif. stupeň 3 (vyhovující)

Obrázek 3: Výroba zkušebních těles o rozměru 40x40x160 mm pro stanovení nasákavosti



Obrázek 4: Odbednění zkušebních těles o rozměru 100x100x100 mm pro stanovení odolnosti vůči obrusu a zkušebních těles 150x150x150 mm pro stanovení hloubky penetrace a nasákavosti povrchových vrstev

Obrázek 5: Zkouška odolnosti vůči obrusu metodou Böhme



Obrázek 6: Stanovení nasákavosti povrchových vrstev po ošetření dvousložkovým penetračním nátěrem na bázi epoxidových pryskyřic

4. Vyhodnocení

Testovaná povrchová úprava má významný vliv na nasákavost zkušebních vzorků vyrobených z vyvinutého cementového potěru Panzecrete 8. U neošetřeného tělesa (referenčního) dosahovala nasákavost cca 10%. V případě zkušebních těles ošetřených povrchovou úpravou ve formě nátěru na bázi epoxidové pryskyřice dosahovala hodnot 0,02 %. Vodotěsnost povrchu ošetřeného epoxidovým nátěrem je excelentní za předpokladu, že je vrstva souvisle nanesena na celém povrchu (v tomto případě je nasákavost povrchových vrstev rovna nule). Povrchová úprava neovlivňuje protismykové vlastnosti povrchu a jsou klasifikovány jako vyhovující (dle normy ČSN EN 13036-4 hodnoceno klasifikačním stupněm 3). Odolnost vůči obrusu byla v porovnání s referenčním zkušebním vzorkem zvýšena v povrchové vrstvě v tloušťce 1-2 mm o cca 20 %.

5. Závěr

Na základě výsledků lze konstatovat, že nově vyvinutý dvousložkový nátěr na bázi epoxidové pryskyřice vyniká svými ošetřujícími a utěsňujícími vlastnostmi a je vhodný pro aplikaci v průmyslových provozech s vysokým chemickým a částečně i mechanickým zatížením.

V Brně dne 16. 12. 2016

Ing. Michaela Dvořáková

zodpovědný zpracovatel