

Název článku:

Ochrana betonu proti působení mrazu a CHRL

Autoři:

Grošek, Jiří, Vedoucí oblasti dopravní infrastruktury, CDV, Česká republika, jiri.grosek@cdv.cz

Nevosád, Zdeněk, Výzkumný pracovník, CDV, Česká republika, zdenek@nevosad.cz

Zavřel, Tomáš, Výzkumný pracovník, CDV, Česká republika, tomas.zavrel@cdv.cz

Tomáš Macan, Výzkumný pracovník, CDV, Česká republika, tomas.macan@cdv.cz

Abstrakt:

Betonové povrchy jsou dnes běžné téměř ve všech oborech stavitelství. Výzkumná instituce Centrum dopravního výzkumu (CDV) se dlouhodobě zabývá studiem problematiky dopadů zimní údržby a návrhům opatření k prodloužení životnosti betonových dopravních staveb. Používáme postupy dle českých i evropských norem, ale také vyvíjíme nové laboratorní zkoušky, které simulují reálné chování konstrukcí anebo účinnost navržených opatření.

Mezi velmi obávané vlivy, které na konstrukce působí, řadíme zejména společné působení mrazu a chemických rozmrazovacích látek. Jedná se především o pozemní komunikace, parkoviště, odstavné plochy, rampy, chodníky a obecně dlážděné plochy ve městech a obcích i mimo ně. Agresivní ionty v zimě sice snadno rozpustí náledí, ale na druhé straně vnikají i do betonu, kde intenzivně škodí. Po prvotním zvýšeném sprašování povrchu dochází k postupnému vydrolování částíček až kousků betonu, u monolitických betonů k tvorbě trhlin, až nakonec proces končí rychlým rozpadem betonu. Popsaný destruktivní účinek u betonů lze velmi účinně zpomalit správně aplikovanými prostředky tzv. sekundární ochrany na povrch betonu nejlépe ještě před první zimou. S těmito opatřeními máme dlouhodobé zkušenosti na několika úsecích vozovek s cementobetonovým krytem už téměř 40 let a rozšířili jsme jejich uplatnění také na jiné betonové konstrukce prostřednictvím nového výrobku. Vyvinuli jsme také novou metodiku zkoušek účinnosti sekundární ochrany betonu, kterou zavádíme do praxe.

Abstract:

Concrete surfaces are common in all fields of engineering. Transport Research Centre – CDV, has been involved in studying the issue of an impact of winter maintenance and the way to extend the life of concrete road structures. We use procedures according to Czech and European standards and develop new laboratory tests that simulate the real behavior of structures or the effectiveness of proposed measures.

Among the much-feared influences that affect the structures are the combined effects of frost and deicing chemicals. The concerned structures mainly include roads, parking areas, ramps, sidewalks and flag pavements in and outside of towns and villages in general. Aggressive ions easily dissolve the ice in winter, but on the other hand, they penetrate the concrete and cause intensive damage. After the initial increased surface dusting the particles and pieces of concrete gradually crumble. Regarding monolithic concretes, cracks are formed until the process finally ends with rapid disintegration of the concrete. The described destructive effect in concrete can be very effectively reduced by properly applied impregnation agents, so-called secondary protection, on the concrete surface, preferably before the first winter. We have long-term experience with these measures on some sections of concrete pavements for almost 40 years and we extended their application to other concrete structures through a new product as well. We have also developed a new methodology for testing the effectiveness of secondary protection of concrete, which we are putting into practice.

Úvod

Trvanlivost betonových konstrukcí je do značné míry závislá na odolnosti betonu proti střídavému působení mrazu v přítomnosti rozmrazovacích solí. V případě CB krytů vozovek je materiálová odolnost betonu zásadní pro celé návrhové období a je potřeba sledovat a reagovat na jakékoli vnější projevy degradace, které se vyskytují zejména na povrchu betonu. Normy a technické předpisy ukládají některé velmi přísné požadavky týkající se složení betonu, pokud jde o minimální obsah cementu, poměr vody a cementu a obsah vzduchu. U betonu použitého pro CB kryty vozovek jsou navíc uvedeny některé konkrétnější pokyny v normě EN 13877-1 a ČSN 73 6123-1, ve kterých se uvádí, že odolnost betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek by měla být testována podle národní normy ČSN 73 1326 metodou A nebo metodou C anebo případně podle ČSN P CEN/TS 12390-9. Pro tyto zkušební metody existují dlouhodobé zkušenosti a pro silniční betony CB I jsou zavedené limity pro nejmenší počet cyklů (100) a tomu odpovídající maximální odpad (1000 g.m^{-2}). Přesto se setkáváme s povrchy, které vykazují sníženou odolnost a způsobuje je především vliv vnějšího prostředí.

Náchylnějšími jsou ale i jiné než silniční betony, a to zejména ty, u kterých není sledována odolnost anebo jsou požadavky mnohem volnější. Jedná se o betony používané na různé konstrukční části dopravních staveb anebo obecně betony neprovzdušněné. Mezi ně řadíme v oblasti silničního stavitelství dlážděné vozovky nebo chodníky, které často vykazují zvýšený povrchový rozpad. V těchto případech je vhodné použít prostředky tzv. sekundární ochrany.

Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí jsou popsány v příslušných normách a existuje několik možností sanace tak, aby je bylo možné navrhnout a použít pro optimální systém údržby, ochrany, obnovy anebo zesílení betonových konstrukcí. Použití hydrofobních impregnací je účinnou formou údržby betonových konstrukcí. Tento typ sekundární ochrany proniká do tenké povrchové vrstvy betonů. Póry a kapiláry jsou vnitřně potaženy, avšak nejsou zaplněny a na povrchu nevytváří souvislý film nebo vrstvu. Přesto v celém objemu betonů významně ovlivňuje materiálovou životnost konstrukce. Hydrofobní impregnace regulují vlhkostní režim betonu, tj. nasakování i vypařování vody. Regulací pohybu vlhkosti strukturou betonu se nepřímo zpomaluje intenzita pronikání a roznosu ve vodě rozpuštěných agresivních látek. ČSN EN 1504-2 uvádí hydrofobní impregnace jako jednu ze základních skupin výrobků pro sanaci a údržbu betonů, vhodnou v rozsahu zásady 1 (PI – ochrana proti vnikání) a zásady 2 (RC – regulace vlhkosti).

Sekundární ochranou rozumíme používání speciálních hmot pro aplikaci na povrchu betonových prvků a konstrukcí, jejímž cílem je obnovení nebo zlepšení vlastností a prodloužení životnosti staveb. Oblíbenost těchto prostředků je v různých regionech odlišná. V ČR (tehdy Československa) se v osmdesátých letech prováděl nástřik betonových vozovek dálniční fermezí. Později pak nástřiky a nátěry vozovek a chodníků městských intravilánů, betonových podlah, ramp a vnitropodnikových ploch fermezovou emulzí. Veškeré technické reference byly velmi pozitivní. Tato historie a příznivé výsledky zejména odolností proti společnému působení mrazu a solí nás vedly k názoru, že má smysl dále rozvíjet bázi olejů. Cílem vývoje bylo udržet technické vlastnosti při zajištění ekologické nezávadnosti, vyvinout nový typ s názvem Emulze LO a odzkoušet jeho účinnost.

Hydrofobní impregnace a požadované parametry na ochranu betonu

Z pohledu české normy ČSN EN 1504-2 rozlišujeme tři systémy (metody) povrchové ochrany betonových konstrukcí, ke kterým se následně vážou zásady dle ČSN EN 1504-9 stanovující parametry, které mají být zlepšeny.

ČSN EN 1504-2 rozlišujeme:

- **hydrofobní impregnace (H),**

- impregnace (I),
- nátěr (C).

ČSN EN 1504-2 specifikuje účel prováděné údržby, oprav a sanací podle zásad, z nichž mohou být uplatněny pro betonové konstrukce dopravních staveb následující principy (zásady) ochrany uvedené v ČSN EN 1504-9:

- 1: ochrana proti průsaku (vnikání) – prostřednictvím **H**, **I** a **C**,
- 2: kontrola (regulace) vlhkosti – prostřednictvím **H** a **C**,
- 5: zvýšení fyzikální odolnosti (zlepšení povrchu) – prostřednictvím **C** a **I**,
- 6: chemická odolnost – prostřednictvím **C**,
- 8: zvýšení odolnosti (zvýšení odporu omezením obsahu vlhkosti) – prostřednictvím **H** a **C**.

Pozn.: Hlavní principy povrchové ochrany betonových konstrukcí metodou hydrofobní impregnace jsou tedy 1, 2 a 8.

Ustanovení výše uvedených norem upřesňují technické kvalitativní podmínky staveb, kapitola 31: Opravy betonových konstrukcí (TKP 31), vydané Ministerstvem dopravy. Tab. 6a TKP 31 uvádí upřesnění funkčních vlastností výrobků a systémů pro opravu a ochranu povrchu betonových konstrukcí pozemních komunikací, uvedených v Tab. 1 ČSN EN 1504-2.

Doporučené zkoušky převzaté z ČSN EN 1504-2 se v současnosti v ČR až na výjimky neprovádí. Některé z parametrů (absorpce vody a odolnost hydrofobních impregnací proti alkáliím) se nesledují, a proto s nimi není dostatek zkušeností. S vědomím této situace je pro hydrofobní impregnaci vybrána jako vhodná zásada 1 (PI – ochrana proti vnikání) a zásada 2 (RC – regulace vlhkosti). Údržbu a sanaci betonů podle zásad 5, 6 a 8 hydrofobními impregnacemi provádět obecně nedoporučujeme.

Na základě praktických zkušeností z provedených srovnání účinnosti jednotlivých přípravků sekundární ochrany betonových konstrukcí, byly vybrány a rozvinuty dva základní zkušební postupy:

- rychlost pronikání vody,
- odolnost betonu vůči cyklům CHRL.

Rychlost pronikání vody je zkouškou absorpce vody a nahrazuje postup definovaný v ČSN EN 13580. Hlavní přínos nového zkušebního postupu je v tom, že se sleduje rychlost pronikání vody paralelně do impregnovaných a neimpregnovaných krychlí. V pravidelném časovém intervalu se během prvních 2 h od začátku zkoušky sleduje množství absorbované vody. Z výsledků se následně stanovuje účinnost relativního nasycení.

Odolnost betonu vůči zmrazovacím cyklům CHRL (chemických rozmrazovacích látek) podle ČSN 73 1326, který se používá v ČR, nahrazuje postup podle ČSN EN 13581. Norma umožňuje dvě metody, kdy se standardně používá spíše metoda A, u které je nižší pracnost při přípravě měření, než u metody C.

Hloubka průniku (funkční vlastnost č. 19 podle tab. 6a TKP 31) se neprovádí, protože za vypovídající zkoušku, vyjadřující účinnost hydrofobních impregnací, se považuje odolnost betonu vůči cyklům CHRL.

Rychlost sušení hydrofobní impregnace podle ČSN EN 13579 nebyla z hlediska uplatnění vybrána jako potřebná pro hodnocení na dopravních stavbách. V případě uplatnění na vozovkách se provádí měření protismykových vlastností povrchů CB krytu vozovky podle ČSN 73 6177.

Hydrofobní impregnace pro sekundární ochranu betonových konstrukcí jsou založeny na různých materiálových bázích, které lze v zásadě rozdělit do tří základních skupin:

- přípravky na bázi olejů,
- přípravky na bázi silikátů,
- přípravky ostatních bází (zahrnují např. přípravky s rozpouštědly, krystalizačními látkami, směsné přípravky apod.).

Laboratorní testování účinnosti

„Rychlost pronikání vody“ betonem je zkouška krátkodobého sledování změn hmotnosti vsakováním vody do betonu. Výstupem zkoušky je časová funkce, která definuje relativní účinnost absorpce vody přípravku sekundární ochrany betonů vůči shodnému (referenčnímu) vzorku neošetřeného betonu. Zkouška poskytuje samostatný výsledek, který nemá obecnou korelační závislost na zkoušce odolnosti povrchu cementového betonu proti společnému působení vody a chemických rozmrazovacích látek anebo případně jiných sledovaných parametrů.

Tělesa jsou nejprve vysušena při 105°C na minimální hmotnost a zvážena. Po ochlazení na laboratorní teplotu jsou vložena na min. 7 dnů pod vodu a poté opět zvážena. Nasycení je považováno za maximální nasycení za běžných podmínek. Nasycená tělesa se uloží v laboratoři při 20°C a RV 50 % až do doby získání „rovnovážné“ vlhkosti (nejde o úplné vysušení). Následně se provede celobvodový nátěr prostředkem sekundární ochrany betonů. Po jeho úplném zaschnutí, doporučuje se prodleva alespoň dvou dnů, je těleso připraveno k vlastní zkoušce. Celé se ponoří do vody, a po dobu 2 hodin se po každých 15ti minutách vyjme, průběžně převáží a zase vrací zpět do vody. Výsledky se samostatně přepočítají na relativní hodnotu nasycení vůči stejnému vzorku srovnávacího betonu (bez sekundární ochrany).

Stanoví se hodnota relativního nasycení pro každé těleso a pro každý čas (t) dle vztahu:

$$R = 100 - \left[\frac{M_{\max,i} - m_{i,t}}{M_{\max,i} - M_{\min,i}} \times 100 \right] \quad (1)$$

kde R je hodnota relativního nasycení, v %
M_{max,i} je maximální hmotnost i-tého tělesa, v g
M_{min,i} je minimální hmotnost i-tého tělesa, v g
m_{i,t} je aktuální hmotnosti i-tého tělesa v čase t, v g

Časová řada t je stanovena pro dobu celkového ponoření:

0 min, 15 min, 30 min, 45 min, 60 min, 75 min, 90 min, 105 min a 120 min.

Účinnost jednotlivých výrobků sekundární ochrany se stanovuje relativním porovnáním rychlosti nasycení neošetřeného (referenčního) betonu vzhledem k rychlosti nasycení betonů ošetřených přípravkem sekundární ochrany.

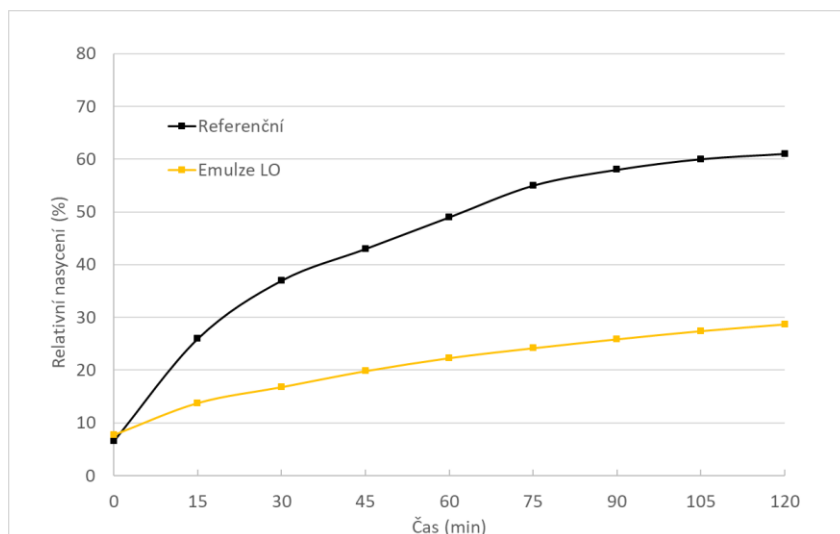
Účinnost impregnačního přípravku se stanovuje po úhrnné době ponoření vzorku (t=120 minut) a určí se ze vzorce:

$$E_{n,t} = \frac{R_{n,t} - R_{o,t}}{R_{n,t}} \times 100 \quad (2)$$

Kde E_{n,t} udává o kolik procent se sníží hodnota relativního nasycení betonu s impregnačním přípravkem vůči relativnímu nasycení neošetřeného (srovnávacího) betonu v čase t=120 minut, v %
R_{o,t} je relativní nasycení ošetřeného (impregnovaného) vzorku, v %
R_{n,t} je relativní nasycení neošetřeného (referenčního) vzorku, v %

Optimální účinnost, stanovená jako hodnota snížení relativního nasycení betonu po aplikaci sekundární ochrany, se doporučuje v rozmezí 30-70 %. Hodnoty snížení do cca 30 % a nad 70 % jsou rizikové. Velmi nízká nebo naopak velmi vysoká účinnost může zásadně negativně ovlivnit vlhkostní režim v betonu a v extrému může vést i ke snížení materiálové životnosti betonů. V takovém případě se nedoporučuje systém sekundární ochrany betonu provádět. Výsledky se zaznamenávají do tabulky nebo se

zpracovávají graficky. Příklad vyhodnocení je uveden na Obr. 1 a z rovnice (1) lze stanovit účinnost impregnačního přípravku po úhrnné době ponoření vzorku $t=120$ minut na $E_{n,t}=52\%$.



Obr. 1: Příklad vyhodnocení zkoušky „rychlost pronikání vody“ na neprovzdušněném betonu: porovnání účinnosti prostředku Emulze LO s referenčním (neošetřeným) betonem, zdroj: CDV

Po ukončení zkoušky „rychlost pronikání vody“ mohou být tělesa následně zkoušena na odolnost proti společnému působení mrazu a solí. Odolnost jsme stanovovali podle stávající ČSN 73 1326. Využijí se krychle ze zkoušky „rychlost pronikání vody“ a postupuje se dle normy se zkušebními tělesy nasáklými vodou. Doporučuje se vodní uložení při teplotě vody při teplotě vody $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ po dobu min. 4 dnů. Vzorky musí být celé ponořené po celou dobu uložení s výškou hladiny vody nad krychlí (25 ± 5) mm. Do zkušebního prostoru jsou uloženy betonové krychle v miskách, které zachycují odpad ze zkušebních vzorků. Dno misky s 3% roztokem NaCl musí být opatřeno výstupky, které udržují těleso v takové poloze, aby celá zkušební plocha byla ve styku s roztokem. Zkušební tělesa jsou ponořena na výšku (5 ± 1) mm a jsou rozloženy rovnoměrně po dně zkušebního prostoru přístroje. Po každém 25. cyklu (u provzdušněného betonu) resp. po 10. cyklu (u neprovzdušněného betonu) se zmrazování přerušuje a vzorky s miskou přemístí ze zkušebního prostoru. Vzorky se opatrně vyjmou z misky a proudem vody ze stříčky se splaví uvolněné částice ze zkušební plochy do misky. Odpadlé částice z tělesa se přepraví do vysoušecí misky a provede se vysoušení do konstantní hmotnosti při teplotě $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$. Hmotnost odpadu se zváží s přesností na 0,1 g.

Odolnost povrchu cementového betonu proti společnému působení vody a chemických rozmrazovacích látek je dána hmotností odpadu na jednotku plochy (g/m^2) a určí se ze vzorce:

$$\rho_a = \frac{\sum m}{A} \quad (3)$$

kde ρ_a je hmotnostní odpad na jednotku plochy, v g/m^2
 $\sum m$ je součet všech hmotností odpadů do n-tého cyklu, v g
 A je velikost zkušební plochy, v m^2

Účinnost sekundární ochrany betonu s impregnačním přípravkem se určí ze vzorce:

$$E = 100 - \left[\frac{\rho_{a,o}}{\rho_{a,n}} \times 100 \right] \quad (4)$$

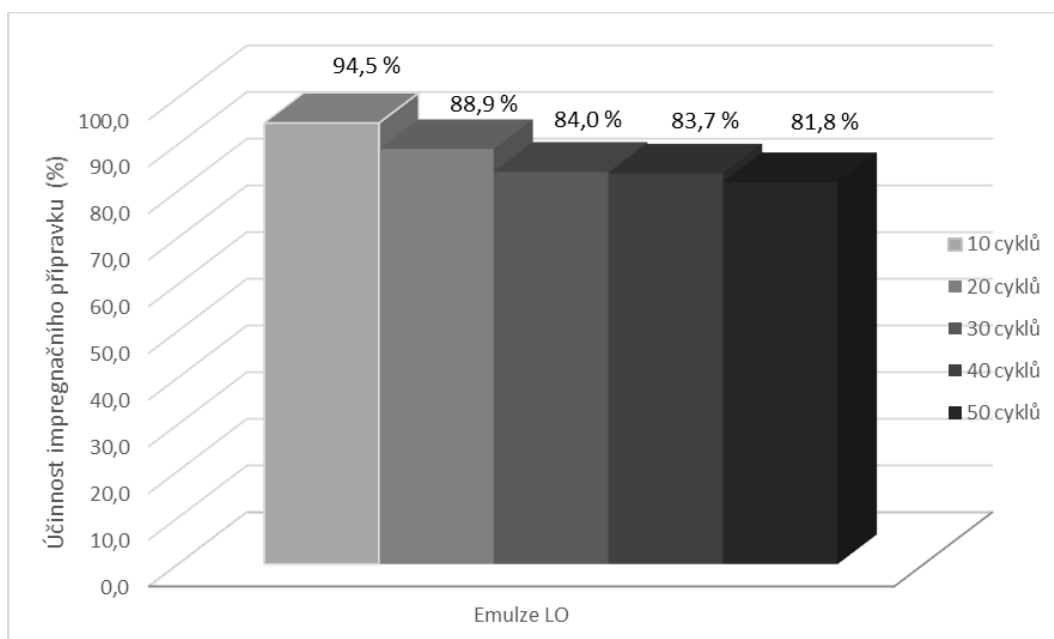
kde E je účinnost sekundární ochrany betonu s impregnačním přípravkem, %
 $\rho_{a,o}$ je hmotnostní odpad ošetřeného (impregnovaného) vzorku na jednotku plochy, g/m^2

$\rho_{a,n}$ je hmotnostní odpad neošetřeného (neimpregnovaného) vzorku na jednotku plochy, g/m^2

Doporučená účinnost sekundární ochrany pro:

- neprovzdušněný beton (50 zmrazovacích cyklů dle výše popsaného postupu): min. 75 %,
- provzdušněný beton (100 zmrazovacích cyklů dle výše popsaného postupu): min. 75 %.

Výsledky se zaznamenávají do tabulky nebo se zpracovávají graficky, příklad vyhodnocení je uveden na Obr. 2 a odolnost betonu dlažby s/bez aplikace Emulze LO na Obr. 3 a z rovnice (4) lze stanovit účinnost impregnačního přípravku po 50ti zmrazovacích cyklech na $E=81,8 \%$.



Obr. 2: Příklad vyhodnocení zkoušky „odolnosti impregnovaného betonu“ Emulzí LO na neprovzdušněném betonu, zdroj: CDV



Obr. 3: Vizuální porovnání účinnosti sekundární ochrany betonové dlažby ošetřené prostředkem Emulze LO (vpravo) s referenčním betonem (vlevo) po zkoušce „odolnosti betonu“ (50 zmrazovacích cyklů), zdroj: CDV

Zkušebnosti s aplikací Emulze LO

Údržba dopravních staveb je celkově finančně nákladnou záležitostí a správci jsou k jejich provádění povinni ze zákona. Tyto činnosti významně přispívají k udržení provozuschopnosti všech typů objektů. Dříve byly prostředky sekundární ochrany aplikovány na několika dálničních úsecích a letištních plochách s cílem prodloužení životnosti betonových ploch. Pro takové aplikace se běžně používají upravené strojní průmyslové postřikovače s šířkou záběru několika metrů. Příklady uplatnění na letišti Náměšť nad Oslavou a na zámkové dlažbě jsou patrné na Obr. 4.



Obr. 4: Příklad aplikace lněné fermeže na letišti Náměšť nad Oslavou a v intravilánu obce na chodnících se zámkovou dlažbou, zdroj: CDV

Ve spolupráci s komerčními subjekty a Správou a údržbou silnic v JM kraji jsme aplikovali v roce 2020 nový typ Emulze LO na silniční ostrůvky (betonová dlažba i prostý beton) a také na mostní konstrukce (chodníky, římsy). Cílem bylo ochránit nové betonové části před účinky klimatických vlivů. Příklady uplatnění jsou patrné na Obr. 5.



Obr. 5: Příklad ruční aplikace Emulze LO na silničních ostrůvcích a na mostních chodnících, zdroj: CDV

Problematika nižší životnosti cementobetonových krytů vozovek (CBK) na dálničních stavbách je také diskutována s Ředitelstvím silnic a dálnic ČR (komisí pro problematiku CBK). V roce 2017 byla vydána metodika generálního ředitele ŘSD s názvem: Metodika údržby CBK s cílem prodloužení jeho životnosti a v současné době je v procesu revize. Metodika upravuje návrh údržby vozovek, vycházející z vyhodnocení pasportizace poruch vizuální metodou a následně z pasportizace vizuální nebo skenovací metodou se záznamem, kterou bude zadávat provozní úsek ŘSD každý rok. Součástí bude také stanovení kritérií pro preventivní opatření k zajištění provozní způsobilosti a prodloužení životnosti prostřednictvím impregnace povrchu nástřikem. Zde se předpokládá upřesnění požadovaných parametrů jednotlivých prostředků, způsobu nanášení a kontroly jakosti jak materiálu, tak samotné

aplikace prostředku na beton. Důležitým sledovaným parametrem bude také doba, kdy je možné uvedení do provozu bez dopravních omezení (uzavírky, omezení rychlosti apod.) a v jakém časovém intervalu se budou ověřovat protismykové vlastnosti vozovky atd.

Závěr

Materiálové vady betonů se v současnosti vyskytují především u inženýrských staveb. Mimo hrozeb společného účinku mrazu a rozmrazovacích solí jsou další rozhodnou příčinou kombinace různých ve struktuře probíhajících chemických reakcí. Jednou z možností, jak zmírnit oba tyto vlivy jsou sekundární ochrany povrchů. V rámci ověřování mnoha výrobků bylo konstatováno, že vhodné jsou především hydrofobní impregnace.

Současné zkušebnictví v ČR dosud nemělo pro ověřování prostředků sekundární ochrany betonu dostatečně výstižné portfolio zkoušek. Proto byla sestavena metodika, která má za cíl umožnit vyhodnocení jejich účinnosti a doporučuje dodržení parametrů, které jsou důležité pro zvýšení životnosti konstrukce.

V rámci našich zkoušek bylo zjištěno, že není obecná závislost mezi parametry nasákavostí betonu a odolností betonů proti společnému působení mrazu a solí. Na území ČR se v minulosti velmi osvědčily sekundární ochrany na bázi lněné fermeže. Měly uplatnění pro zvýšení odolnosti proti společnému působení mrazu a solí a proti povrchovému sprašování. Jako pokračování byla vyvinuta ekologická sekundární ochrana „Emulze LO“, jako nástupce lněné fermeže. Jedná se o výrobek na bázi lněného oleje. Vhodnost prostředku byla ověřena jak na provzdušněném, tak na neprovzdušněném betonu, což otevírá potenciál pro údržbu i v intravilánech, zejména u dlážděných vozovek, chodníků a ostatních ploch. Emulze LO je ředitelná vodou a lze ji nanášet průmyslovými postřikovači, ručním postřikem i válečkováním. Emulze LO obsahuje přírodní látky, takže nezatěžuje životní prostředí. Umožňuje manipulaci bez zvláštních omezení a nenarušuje další části staveb.

Poděkování

Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Technologické agentury ČR v rámci programu DOPRAVA 2020+, projektu CK01000040 “ Opatření zvyšující životnost vozovek s cementobetonovým krytem v souvislosti s omezením přísunu alkálií z externích zdrojů”.

Literatura

ČSN EN 1504-2 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – Část 2: Systémy pro povrchovou ochranu, 2006

ČSN EN 1504-9 Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí – Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody – Část 9: Obecné zásady pro používání výrobků a systémů, 2009

ČSN 73 1326 + Změna Z1 Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek, 2003

ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody, 2014
TKP kap. 31: Opravy betonových konstrukcí, 2009

Grošek J. et al. Metodika pro posouzení hydrofobních impregnačních jako sekundární ochrany betonových konstrukcí: certifikovaná metodika. Brno : Centrum dopravního výzkumu, v.v.i., 2020. 20 s., 1 příl.

Grošek J. et al. Vývoj impregnačního přípravku pro ochranu betonových staveb, 2020