

CEMENTOBETONOVÉ KRYTY Z HLEDISKA PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ POVRCHU VOZOVKY ■ SKID RESISTANCE PROPERTIES OF CONCRETE PAVEMENT SURFACES

Leoš Nekula

V České republice se protismykové vlastnosti povrchů cementobetonových krytů hlavně dálnic měří již více než 40 let. Technologie úpravy těchto povrchů se během této doby měnila. V poslední době se velká pozornost věnuje obnově protismykových vlastností povrchu vozovky na starších cementobetonových krytech. Autor příspěvku se od roku 1975 zabývá měřením a hodnocením protismykových vlastností povrchů vozovek a tak v článku nabízí souhrn a hodnocení dat naměřených na vozovkách se všemi používanými úpravami povrchů cementobetonových krytů. ■ Skid resistance properties of concrete pavement surfaces in the Czech Republic have been measured for more than 40 years. The technology of surface treatment of concrete pavements has changed during this time. Recently, the attention is focused on skid resistance properties restoration. The author of this paper has been measuring and evaluating skid resistance properties of road surfaces since 1975, so the article summarizes the data measured in all types of treatment of concrete pavements surfaces.

Při zahájení výstavby dálnic v České republice byl již na prvních úsecích použit cementobetonový kryt (CBK). Od té doby jsou CBK na dálnicích stále nejpopulárnější technologií, což potvrzuje i v současné době probíhající modernizace dálnice D1. Technologie pokládky CBK se postupem času měnila, zásadní změnou bylo např. použití kluzných trnů a kotev. Tento článek se však zabývá výlučně povrchovými úpravami CBK a jejich vlivem na protismykové vlastnosti povrchu vozovky, které jsou základním předpokladem bezpečnosti silničního provozu.

Povrchová úprava CBK se od začátku výstavby dálnic několikrát změnila. Postupně byly používány tyto úpravy povrchu CBK:

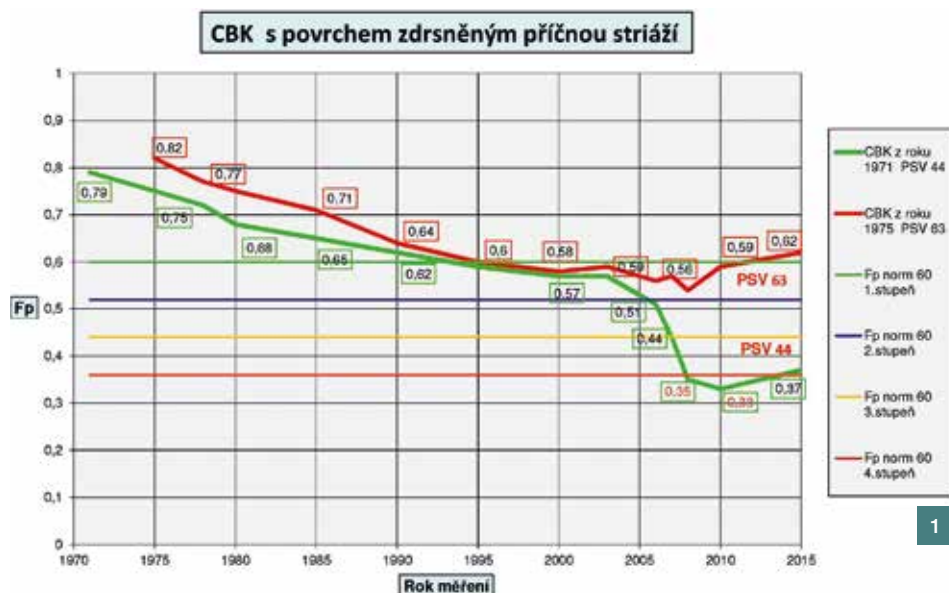
- na nově pokládaných CBK:
 - o příčná striáž,
 - o tažená juta,
 - o s obnaženým kamenivem,
- na úsecích s obnovou protismykových vlastností:
 - o tryskání paprskem tlakové vody,
 - o tryskání ocelovými kuličkami,
 - o broušení diamantovými kotouči,
 - o jemné frézování.

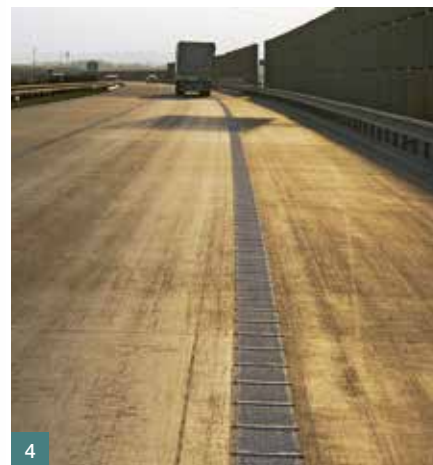
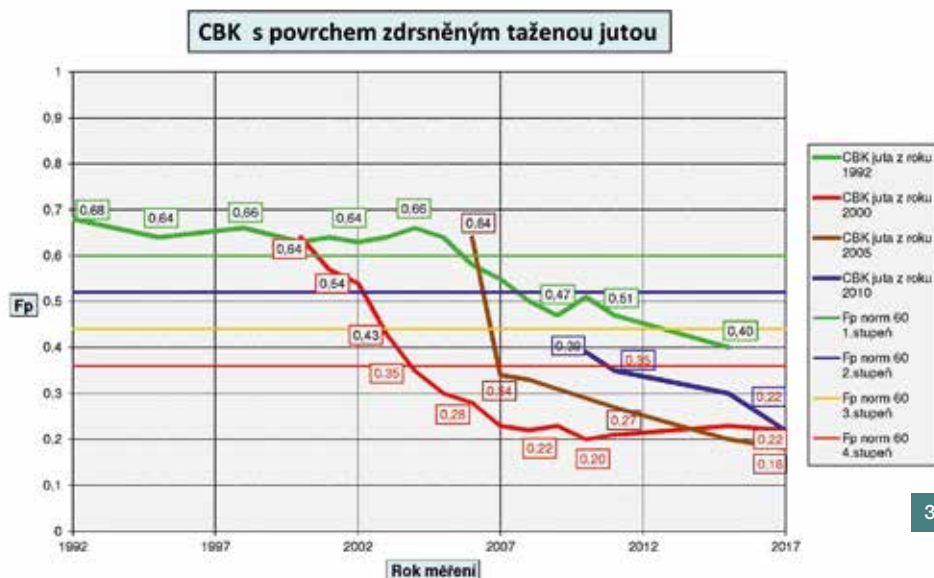
Obnova protismykových vlastností povrchů CBK se také provádí např. překrytím emulzním mikrokobercem nebo nátěrem, ale těmito technologiemi se příspěvek nezabývá.

Protože je v současnosti k dispozici dostatek dat z měření protismykových vlastností jak nových povrchů CBK, tak povrchů CBK s obnovou protismykových vlastností, tak jsem všechna naměřená data od roku 1972 pro uvedené technologie statisticky zpracoval a vyhodnotil. U některých technologií úpravy povrchů CBK zatím nelze stanovit životnost z hlediska protismykových vlastností, protože neuplynula dostatečně dlouhá doba sledování úseků. To se týká hlavně v současnosti používané technologie CBK s obnaženým kamenivem.

Několik poznámek ke zpracovaným diagramům:

- hodnoty součinitele podélného tření F_p jsou průměrem hodnot ze všech dlouhodobě sledovaných úseků dálnic a bývalých rychlostních silnic v ČR. Je potřeba si uvědomit, že intenzita dopravy na těchto úsecích je velmi různá, od průměrné hodnoty se liší i o stovky procent. To je dáno nejen současnými rozdíly mezi intenzitami dopravy na různých úsecích, ale i rozdíly v čase. Jiné intenzity byly třeba v 80. letech minulého století a jiné jsou dnes. Nejvíce se tyto rozdíly projevují u technologií obnovy protismykových vlastností povrchů CBK,
- průměrné hodnoty součinitele podélného tření F_p velmi významně ovlivňuje





- 1** CBK s povrchovou úpravou příčnou striáží (závislost součinitele tření F_p na čase)
2 CBK s povrchovou úpravou příčnou striáží a kamenivem s PSV = 44
3 CBK s povrchovou úpravou taženou jutou (závislost součinitele tření F_p na čase)
4 CBK s povrchovou úpravou taženou jutou – klasifikační stupeň 5 (havarijní stav) ■ 1 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface textured by transverse tinning 2 Concrete pavement surface textured by transverse tinning and containing aggregate with PSV = 44 3 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface textured by burlap drag 4 Concrete pavement surface textured by burlap drag – classification level 5 (disrepair)

také doba zhotovení CBK, nejvíce to platí u technologie úpravy povrchu CBK taženou jutou. Proto je zpracování u této technologie rozděleno podle doby zhotovení CBK. Zjištěné rozdíly a jejich příčina jsou přiblíženy v popisu jednotlivých technologií.

CBK S POVRCHOVOU ÚPRAVOU PŘÍČNOU STRIÁŽÍ

Tato technologie se používala od roku 1971 až do začátku 90. let minulého století. Vyznačovala se velmi dobrou makrotexturou i mikrotexturou, příčné rýhování mělo skvělé drenážní vlastnosti a rychle odvádělo srážkovou vodu z povrchu vozovky. Některé úseky CBK s příčnou striáží slouží do dnešních dnů, nyní jsou obměňovány v rámci modernizace D1 a při rekonstrukcích ostatních dálnic. Nevýhodou této technologie byla vyšší hlučnost.

Z hlediska protismykových vlastností povrchu vozovky CBK je úprava příčnou striáží velmi dobrou technologií. Je však nutné podotknout, že to platilo v době, kdy se tato technologie prováděla. Před několika lety proběhly pokusy o znovu použití této technologie. S betony současné kvality, zejm. kvůli jejich odolnosti proti ohlazení, byly však tyto pokusy neúspěšné. Životnost CBK byla podobná jako u úpravy povrchu CBK taženou jutou.

V diagramu na obr. 1 jsou vyhodnoceny dvě technologie úpravy povrchu CBK příčnou striáží položených v letech 1971 a 1975. Průběh součinitele podélného tření F_p je prakticky totožný po dobu 30 až 35 let, avšak poté následuje zásadní rozdíl, který

je způsoben ojetím cementopískové vrstvy a obnažením hrubého kameniva. Zatímco u technologie z roku 1971 (obr. 2) má použité kamenivo nevyhovující ohladitelnost (polished stone value – PSV = 44) a hodnocení protismykových vlastností prudce klesá až na klasifikační stupeň 5 – havarijní stav, tak u technologie z roku 1975 má použité kamenivo velmi dobrou odolnost proti ohlazení (PSV = 63) a protismykové vlastnosti povrchu CBK dokonce narůstají. V současnosti již je většina úseků CBK s úpravou příčnou striáží po modernizaci nebo rekonstrukci nahrazena CBK s obnaženým kamenivem. Nicméně je nutné podotknout, že úseky, které ještě nebyly nahrazeny, mají stále vyhovující protismykové vlastnosti povrchu vozovky.

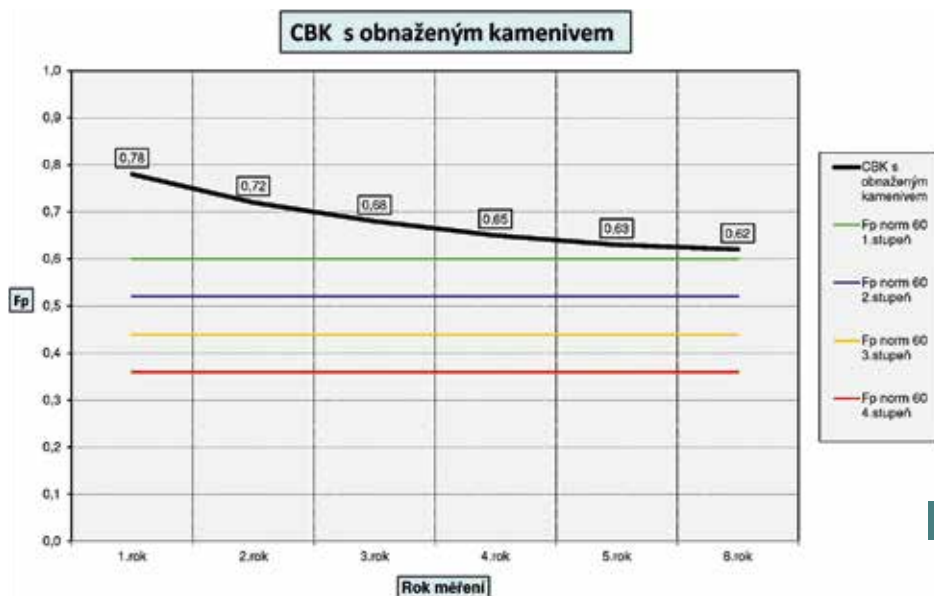
CBK S POVRCHOVOU ÚPRAVOU TAŽENOU JUTOU

Protože technologie úpravy povrchu CBK příčnou striáží nesplňovala požadavky na hlučnost, byla začátkem 90. let minulého století nahrazena technologií úpravy povrchu CBK taženou jutou. Snížení hlukových emisí bylo však dosaženo za cenu podstatného snížení hloubky makrotextury povrchu CBK, což se také projevilo zhoršením drenážních vlastností, protože podélné rýhování zabraňuje plynulému odtoku srážkové vody a na povrchu vozovky zůstává vrstva vody. To zhoršuje i bezpečnost silničního provozu.

U této technologie se nejvíce projevuje vliv doby, kdy se úseky prováděly, a proto jsou v diagramu závislosti součinitele tření F_p na čase čtyři

různá časová období, resp. roky 1992, 2000, 2005 a 2010 (obr. 3). První úseky provedené od roku 1992 měly sice horší makrotexturu, ale velmi dobrou mikrotexturu vytvořenou v cementopískové vrstvě taženou jutou. V té době betony ještě měly dobrou odolnost proti ohlazení, a tak velmi dobré protismykové vlastnosti (klasifikační stupeň 1) povrchu CBK upraveného taženou jutou trvaly téměř 15 let. Potom sice nastal rychlejší pokles, ale ani po 25 letech není hodnocení tak nízké jako u úseků, které byly položeny později.

Již na úsecích z roku 2000 je vidět, že ihned po pokládce dochází k rychlému poklesu hodnot součinitele tření F_p , a z výchozí hodnoty $F_p = 0,64$ (klasifikační stupeň 1) klesá během čtyř let na hodnotu 0,35 (klasifikační stupeň 5).



5 6

5 CBK s povrchovou úpravou obnažením kameniva (závislost součinitele tření F_p na čase)

6 CBK s povrchovou úpravou obnažením kameniva 7 CBK s obnovou protismykových vlastností tryskáním paprskem tlakové vody (závislost součinitele tření F_p na čase) 8 CBK otryskaný paprskem tlakové vody 9 CBK s obnovou protismykových vlastností tryskáním ocelovými kuličkami (závislost součinitele tření F_p na čase) 10 CBK otryskaný paprskem tlakové vody ■ 5 Dependence of friction coefficient F_p on time for surface of exposed aggregate concrete pavement 6 Surface of exposed aggregate concrete pavement 7 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface blasted with high-pressure water 8 Concrete pavement surface blasted with high-pressure water 9 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface blasted with steel balls 10 Concrete pavement surface blasted with steel balls

Úseky z roku 2005 vykazují tento pokles za jeden rok, avšak úseky z roku 2010 jsou nevyhovující již v prvním roce po pokládce (obr. 4).

Z uvedených dat jednoznačně vyplývá, že technologie úpravy povrchu CBK taženou jutou není technologií, která by nebyla schopna zajistit požadované protismykové vlastnosti. Úseky z roku 1992 zajistily požadované hodnocení protismykových vlastností povrchu CBK po dobu delší než 20 let. Ostatní úseky z let 2000 až 2010 již byly prováděny v době, kdy se změnila technologie výroby cementů, a tím výrazně klesla odolnost betonu proti ohlazení. To se projevilo i na

experimentálních úsecích, kde byly ověřovány technologie úpravy povrchů CBK s výraznou makrotexturou, např. příčné drážkování s negativní texturou, u nichž byla výrazná, cca 3 mm hluboká textura vyhlazena během necelého roku až na hodnocení klasifikačním stupněm 5 – havarijní stav. Bohužel úseků s úpravou povrchu CBK taženou jutou hodnocených klasifikačním stupněm 5 – havarijní stav jsou v ČR stovky kilometrů. Tyto úseky jsou velmi nebezpečné pro bezpečnost silničního provozu, zvláště za mokra, kdy hrozí nebezpečí smyku nebo aquaplaning. I za sucha je ale na těchto úsecích delší brzdná dráha.

CBK S POVRCHOVOU ÚPRAVOU OBNAŽENÍM KAMENIVA

Přestože již delší dobu bylo známo, že úprava povrchu CBK taženou jutou nespĺňuje požadavky na protismykové vlastnosti, tak ze strany investora nebyla vůle přejít na technologii CBK s obnaženým kamenivem, která se např. v Rakousku nebo Německu již delší dobu používala. Teprve v roce 2009 bylo rozhodnuto tuto technologii vyzkoušet na nepojížděném odpočívce a další tři roky trvalo, než byl položen první úsek na dosud nepojížděném úseku tehdy rychlostní silnice R1 – Pražský okruh. První pojížděný pokusný úsek byl položen na podzim 2012 na dálnici D1 ve staničení 214,403 – 214,624 a měření prokázalo velmi dobré protismykové vlastnosti povrchu vozovky. Po necelých šesti letech provozu je na tomto úseku

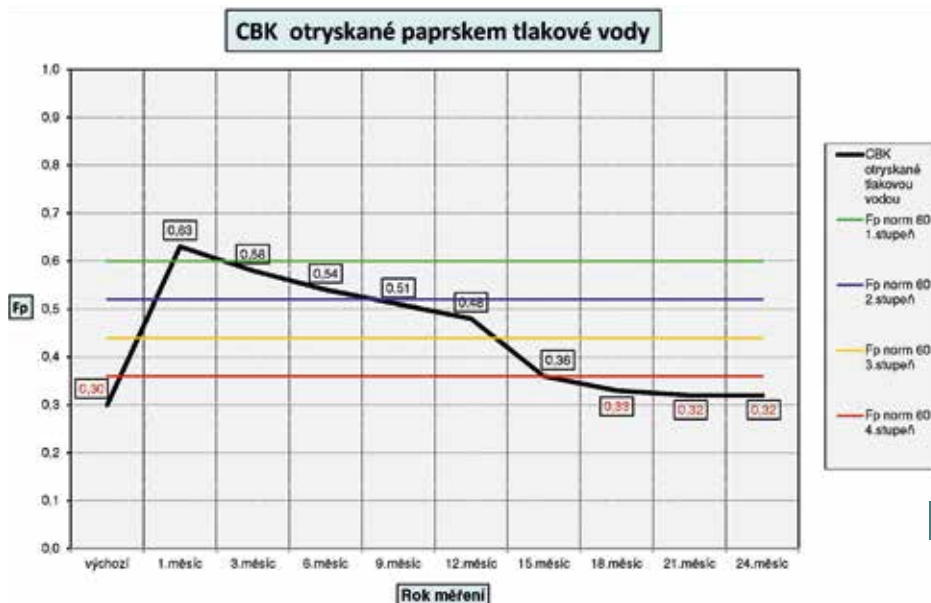
stabilně hodnocení klasifikačním stupněm 2, což je stále splněný požadavek pro přejímku nového povrchu.

Poté, co se na obou úsecích zhotovených v roce 2012 prokázalo zvládnutí technologie CBK s obnaženým kamenivem (obr. 6), bylo rozhodnuto tuto technologii používat jak při výstavbě nových úseků dálnic, tak při modernizaci dálnice D1 a rekonstrukcích ostatních úseků dálnic s CBK.

Do současnosti již bylo položeno mnoho úseků dálnic s CBK s obnaženým kamenivem. Na většině těchto úseků je dlouhodobě prováděno měření protismykových vlastností povrchu vozovky. Všechna naměřená data jsou zpracována v diagramu na obr. 5, ze kterého vyplývá, že na novém povrchu je s velkou rezervou splněn požadavek na hodnocení klasifikačním stupněm 1, a na úsecích ve stáří šesti let je průměrná hodnota součinitele podélného tření F_p stále hodnocena klasifikačním stupněm 1. Životnost CBK s obnaženým kamenivem z hlediska protismykových vlastností je dána kvalitou ohladitelnosti použitého obnaženého hrubého kameniva. V tomto ohledu je tato technologie srovnatelná s asfaltovými povrchy.

OBNOVA PROTISMYKOVÝCH VLASTNOSTÍ POVRCHŮ CBK S POVRCHOVOU ÚPRAVOU TAŽENOU JUTOU

Na úsecích dálnic a bývalých rychlostních silnic, kde byla použita technologie úpravy povrchu CBK taženou jutou a kde jsou dnes nevyhovující nebo havarijní protismykové vlastnosti, je nezbytné provést obnovu



7 8

protismykových vlastností povrchu vozovky. Aby se vyzkoušely dostupné technologie obnovy protismykových vlastností, byly na dálnici D1 v úseku cca km 237–247 vybrány úseky dlouhé 500 m s hodnocením protismykových vlastností klasifikačním stupněm 5 – havarijný stav a na nich byly technologie provedené různými firmami odzkoušeny. Na úsecích probíhalo měření protismykových vlastností, ze začátku v měsíčním intervalu, později v tříměsíčním intervalu.

Tryskání paprskem tlakové vody

Technologie tryskání paprskem tlakové vody (obr. 8) byla již v minulosti použita k obnově protismykových vlastností povrchů CBK s povrchovou úpravou taženou jutou na Pražském okruhu, na dálnici D47 a také v tunelech. Také tyto

úseky byly měřeny a data byla využita ke zpracování diagramu na obr. 7.

Pro posouzení všech technologií obnovy protismykových vlastností je důležité, jak velká intenzita dopravy na opravovaném úseku je. U technologie tryskání paprskem tlakové vody to platí dvojnásobně, protože tato technologie obnovuje jen mikrotexturu, která se na betonech s nízkou odolností proti ohlazení opět rychle vyhladí, a hodnocení protismykových vlastností klesá zpět k nevyhovujícímu nebo havarijnímu stavu.

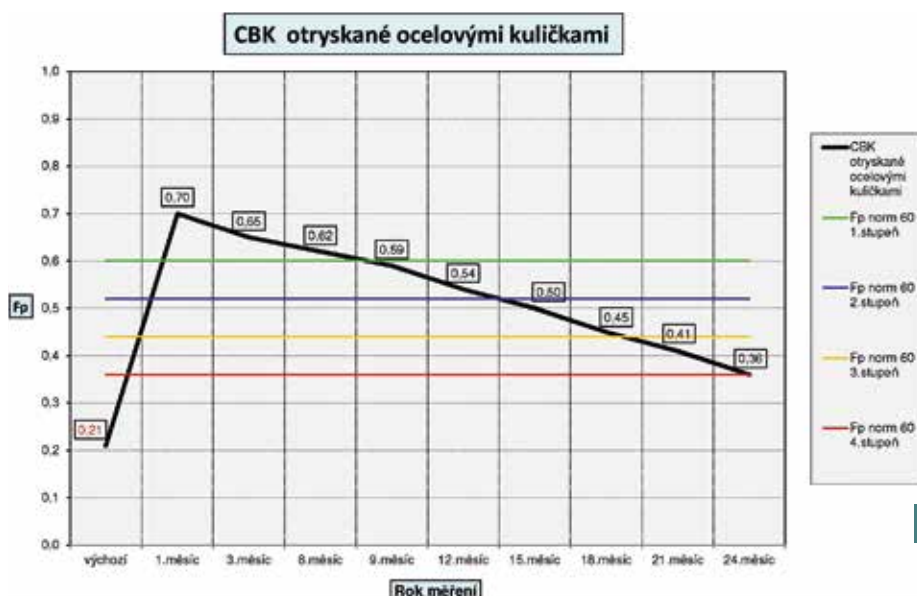
Tryskání ocelovými kuličkami

Technologie obnovy protismykových vlastností povrchu CBK tryskáním ocelovými kuličkami na rozdíl od tryskání paprskem tlakové vody obnovuje částečně také makrotexturu povrchu

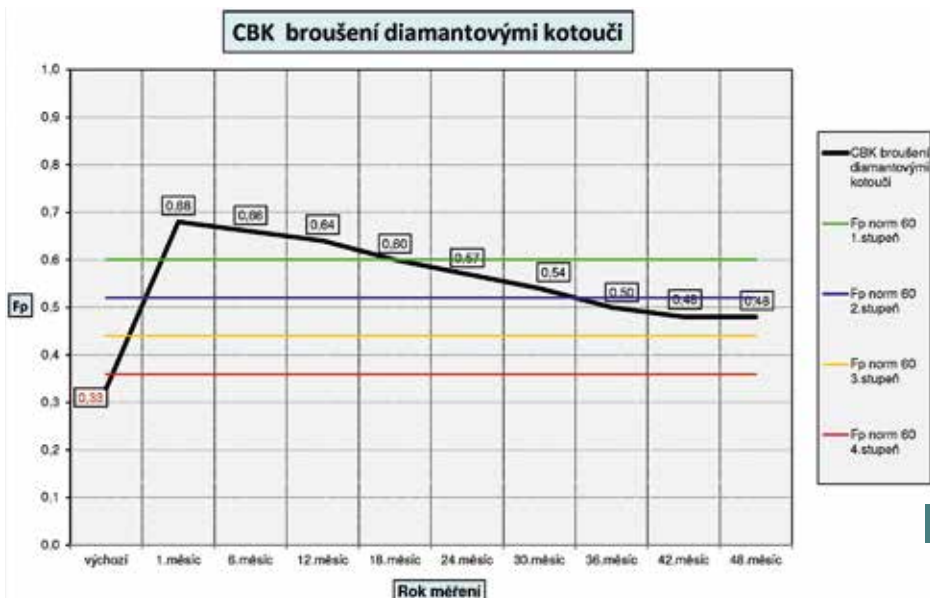
CBK (obr. 10). Životnost obnovy protismykových vlastností je ale stejně jako u tryskání paprskem tlakové vody závislá na intenzitě dopravy a odolnosti betonu proti ohlazení. To je nutné brát v úvahu při posuzování průměrných hodnot součinitele podélného tření F_p zobrazených v diagramu na obr. 9. Takže pokud je v diagramu průměrná životnost obnovy protismykových vlastností povrchu CBK dva roky, tak je pravděpodobné, že na extrémně zatížených úsecích dnešní dálnice D0 – Pražský okruh může být životnost kratší.

Broušení diamantovými kotouči

Zatímco předešlé dvě technologie, tryskání paprskem tlakové vody a tryskání ocelovými kuličkami, jsou označovány jako „nedestruktivní“, tak



9 10



11 12

následující dvě technologie mají označení jako „destruktivní“. Tyto názvy vyplývají z toho, že tryskání obnovuje protismykové vlastnosti povrchu CBK v cementopískové vrstvě, ale technologie broušení a frézování již obnažují i hrubé kamenivo. Proto tyto technologie velmi dobře obnovují také makrotexturu povrchu CBK a vyznačují se delší životností obnovy protismykových vlastností.

Úspěšnost technologie obnovy protismykových vlastností broušením diamantovými kotouči (obr. 12) je závislá na kvalitě provedení. Pokud se použijí opotřebované diamanty, tak se na povrchu vytvoří podélné „vlnky“, které neobnoví protismykové vlastnosti na požadovanou úroveň. Nové diamanty však vytvoří podélný ostrý trojúhelníkový profil, jehož horní ostrá hrana se

nepravidelně odlamuje a vytváří velmi dobrou mikrotexturu s velmi dobrými protismykovými vlastnostmi, jak je vidět na diagramu na obr. 11. Životnost obnovy protismykových vlastností povrchu CBK broušením diamantovými kotouči zatím dosáhla čtyř roků, hodnocení pokleslo na klasifikační stupeň 3, což je hodnocení požadované na konci záruční doby a splňující požadavek na provozní způsobilost.

Jemné frézování

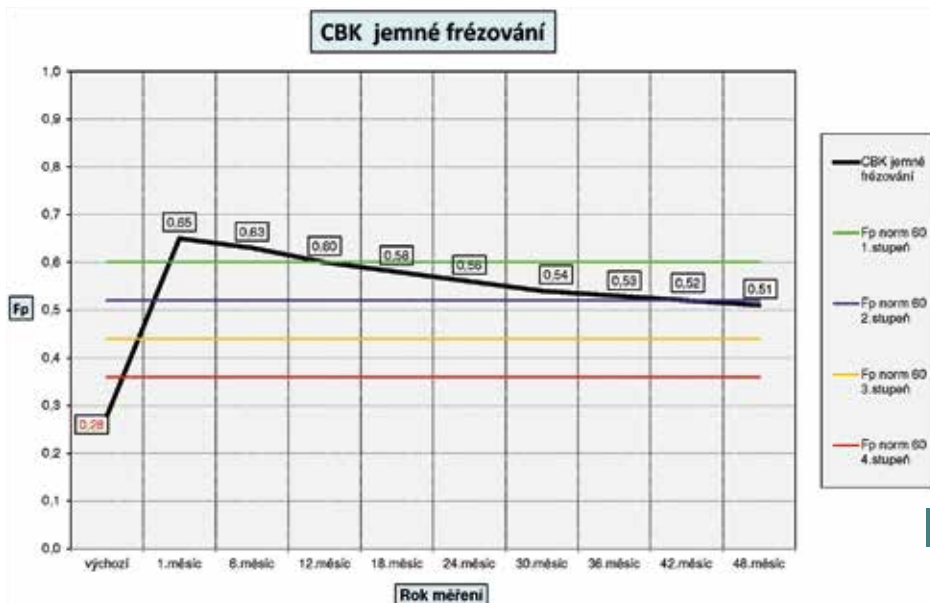
Druhá z tzv. „destruktivních“ technologií obnovy protismykových vlastností povrchů CBK je jemné frézování (obr. 14). Tato technologie je z hlediska obnovy protismykových vlastností povrchu CBK neúčinnější, protože se obnaží hrubé kamenivo, a tím se obnoví jak makrotextura, tak i mikrotextura

11 CBK s obnovou protismykových vlastností broušením diamantovými kotouči (závislost součinitele tření F_p na čase) 12 CBK broušený diamantovými kotouči 13 CBK s obnovou protismykových vlastností jemným frézováním (závislost součinitele tření F_p na čase)

14 CBK s obnovou jemným frézováním

11 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface treated by diamond grinding 12 Concrete pavement surface treated by diamond grinding

13 Dependence of friction coefficient F_p on time for concrete pavement surface treated by fine milling 14 Concrete pavement surface treated by fine milling



13 14

povrchu vozovky na hodnocení klasifikačním stupněm 1, z čehož vyplývá, že i protismykové vlastnosti povrchu CBK jsou hodnoceny klasifikačním stupněm 1. V diagramu na obr. 13 je vidět nárůst hodnocení z klasifikačního stupně 5 na stupeň 1 a v následujících letech pozvolný pokles na hranici klasifikačních stupňů 2 až 3. Zkušenost z měření úseků, kde se jemné frézování používalo k odstranění nerovností CBK (především schodky mezi deskami), ukazuje, že protismykové vlastnosti povrchu CBK zůstávají dlouhodobě na této hranici a nikde neklesají pod úroveň provozní způsobilosti. Výjimkou by mohly být CBK, kde bylo použito kamenivo s nízkou odolností proti ohlazení, jak je vidět v diagramu na obr. 1 a na fotografii na obr. 2.

ZÁVĚR

Ze zpracování a vyhodnocení naměřených dat součinitele podélného tření F_D vyplývá několik závěrů.

Pro pokládku nových CBK na nových nebo rekonstruovaných úsecích dálnic se v současnosti používá jediné řešení úpravy jejich povrchů, a to povrchová úprava CBK obnažením kameniva. Jak již bylo výše uvedeno, resp. vzhledem k současné kvalitě betonů, při jejich nízké odolnosti proti ohlazení, již není možné vrátit se k v minulosti úspěšným technologiím úpravy povrchů CBK příčnou stříhací nebo po jistou dobu i taženou jutou. Zatím nevíme, jak se budou vyvíjet protismykové vlastnosti povrchů CBK s obnažením kamenivem v době předpokládané stavební životnosti. Zkušenosti ze zahraničí říkají, že pokud je použito kvalitní kamenivo s velmi dobrou odolností proti ohlazení, tak by životnost protismykových vlastností mohla být podobná jako životnost stavební (kterou zatím také neznáme, jen ji předpokládáme). Pokud by přece jen kleslo hodnocení protismykových vlastností povrchů CBK na klasifikační stupeň 4 až 5, tak je možné, stejně jako na asfaltových úpravách, využít např. emulzní mikrokoberc, který dokáže prodloužit jak stavební životnost, tak životnost protismykových vlastností o 10 až 15 let i na velmi zatížených úsecích dálnic. K dispozici jsou zkušenosti z dálnice D11.

Technologie obnovy protismykových vlastností povrchů CBK lze rozdělit na „nedestruktivní“ a „destruktivní“. Jako „nedestruktivní“ označujeme tryskání

paprskem tlakové vody a tryskání ocelovými kuličkami. Obě tyto technologie zároveň musíme označit jako krátkodobé, protože životnost obnovy protismykových vlastností nepřesáhne většinou dva roky. Proto jsou tyto technologie spíše vhodné pro úseky s nižším dopravním zatížením. Tryskání paprskem tlakové vody na extrémně zatížených úsecích dálnic, hlavně těžkými vozidly, je zcela nevhodné, protože životnost obnovy protismykových vlastností může být jen několik měsíců. I u technologie tryskání ocelovými kuličkami se musí počítat s opakovaním tryskání nejspíše do dvou let. Obě technologie nejsou vhodné k obnově protismykových vlastností povrchů CBK v tunelech, kde při nízké makrotextuře dochází k rychlému zanesení povrchu mastnými nečistotami.

Tzv. „destruktivní“ technologie, broušení diamantovými kotouči nebo jemné frézování, se zatím pro obnovu protismykových vlastností u nás nepoužívají, avšak v zahraničí je hlavně broušení diamantovými kotouči velmi rozšířené. Převládá obava, že „destruktivní“ technologie příliš naruší povrch CBK s možností následné koroze povrchu CBK. U jemného frézování bylo limitujícím faktorem poškozování příčných spár, ale tento problém byl snad již vyřešen. Přitom hlavně broušení diamantovými kotouči se velmi často využívá pro odstraňování podélných nerovností i na nových površích CBK. Tyto zásahy do povrchu CBK jsou i několik desítek let staré a zatím nebyly příčinou následné koroze nebo jiné poruchy povrchu CBK.

Pokud chceme na delší dobu obnovit protismykové vlastnosti povrchu vozovky, a tím zvýšit bezpečnost silničního provozu, tak se např. na Pražském okruhu tzv. „destruktivním“ metodám asi nevyhneme. Z pohledu protismykových vlastností CBK je dobrým řešením broušení nebo frézování povrchu CBK a následné překrytí mikrokobercem. Není myslitelné, aby se obnova protismykových vlastností povrchů CBK tryskáním prováděla každý rok, protože jakákoliv uzavírka na Pražském okruhu znamená okamžitě kolaps dopravy ve velké části Prahy.

Ing. Leoš Nekula
Měření PVV – Leoš Nekula
l.nekula@seznam.cz

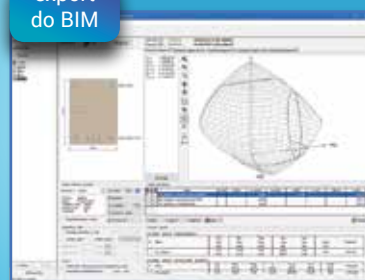


FINEC

Statika a dimenzace stavebních konstrukcí

export do BIM

Edice 2019



Nové cenově výhodné balíčky

- Statické výpočty a posouzení betonových, ocelových, dřevěných a zděných konstrukcí.
- Podpora Eurokódů včetně národních příloh pro Českou republiku a Slovensko.
- Cenově dostupné programy.
- Jednoduché ovládání.
- Pravidelné aktualizace dvakrát za rok.

GEO5

Geotechnické programy

export do BIM

Edice 2019



Nové moduly pro IG průzkum

Dokumentace:

- Tvorba podrobné geologické dokumentace, (vrty, kopané sondy, hydrogeologické vrty, CPT, SPT, dynamické penetrace ...).
- Databáze šablon geologických protokolů.
- Import zkoušek z programu GEPRODO.
- Možnost tvorby vlastních výstupních protokolů pomocí editoru šablon.

Řezy:

- Tvorba podélného geologického profilu včetně zobrazení zadaných vrtů.
- Export do formátu DXF.

fine

tel.: +420 233 324 889
E-mail: hotline@fine.cz

www.fine.cz