Sborník technických listů CESTI 2015

Příloha č. 3 průběžné zprávy za rok 2015

Číslo projektu:	TE01020168
Název projektu:	Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)
Manažerka projektu:	prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Úvod

Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI) je projekt zaměřený na technické inovace v oblasti dopravní infrastruktury. Je členěn na 8 pracovních balíčků (označení WP1 – WP8). Stěžejními objekty výzkumu jsou silniční a kolejová dopravní infrastruktura, mosty a tunely. Neméně důležité jsou průřezové pracovní balíčky, které předcházející témata propojují a řeší environmentální hlediska, aspekty bezpečnosti a spolehlivosti konstrukcí a problematiku systémů efektivního hospodaření v dopravní infrastruktuře. Zvláštní pracovní balíček je vyčleněn pro řízení projektu a diseminaci jeho výsledků.

Technické listy CESTI obsahují podrobnější odborné a technické informace o postupu prací při řešení jednotlivých činností (označení X.Y) a dílčích cílů projektu (označení X.Y.Z) v uplynulém roce. Typicky je vytvořen jeden technický list pro každý dílčí cíl, který byl přímo řešen alespoň po dobu tří měsíců. V odůvodněných případech, kdy byla aktivita v rámci plnění daného dílčího cíle tematicky pestrá a vyprodukovala větší množství zajímavých výstupů, bylo pro jeden dílčí cíl vypracováno více technických listů. U balíčku WP3, který má specifickou strukturu, jsou technické listy vypracovány za činnosti, nikoliv za dílčí cíle.

Sborník technických listů CESTI 2015 zkompilovali Ing. Petr Bílý a Ing. Marcela Pavlíková, CSc., Fakulta stavební ČVUT v Praze. Za odbornou a jazykovou úroveň odpovídají autoři jednotlivých technických listů.

Obsah

WP1 Pozemní komunikace – inteligentní a trvanlivá technologická řešení s vysokou technickou účinností

1.1 Asfaltové vrstvy pro vozovky s vylepšenými funkčními parametry a vysokou výkonností

1.1.4 Únavové charakteristiky asfaltových směsí typu VTM a RBL 8
1.1.5 Porovnání účinnosti aditiv pro nízkoteplotní asfaltové směsi zkušebními úseky 10
1.1.6a Asfaltová směs s pojivem typu PMB a s příměsí aramidových vláken FORTA FI 12
1.1.6b Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti druhé generace 14
1.1.6c Asfaltové směsi s vyšším obsahem pojiva pro podkladní vrstvy vozovek (směsi typu „Rich Bottom Layer“) 16
1.1.7 Posouzení vlivu vybraných přilnavostních přísad včetně jejich teplotní stability 18

1.2 Trvanlivé CB kryty včetně inovativních pojiv a aplikací pro rychlé opravy

1.2.2 Nové typy betonů pro CB kryty vozovek s využitím směsných cementů a vedlejších energetických produktů 21

1.3 Technická řešení obnovy a souvislé údržby založená na konceptu plně recyklovatelné vozovky

1.3.1 Hloubková analýza asfaltového R-materiálu z hlediska vlastností zdegradovaného asfaltového pojiva 23
1.3.2 Vliv rejuvenátoru v asfaltové emulzi pro směsi recyklace za studena na charakteristiky výsledné směsi 25
1.3.3 Posouzení vícenásobné recyklovatelnosti u asfaltových směsí prováděných za horka 27

1.4 Návrhy vozovek s využitím probabilistických predikčních modelů a parametrů užitného chování

1.4.1 Rozvoj uplatnění efektivních nástrojů a podmínek pro modelování dopravních staveb ve 3D včetně vizualizace 30
1.4.2 Únavová analýza cementobetonového krytu vozovek pozemních komunikací 32
1.4.3 Využití postupů full-scale testing pro přesnou simulaci užitného chování konstrukcí vozovek 34
1.4.4 Limity stávajících metodik návrhu vozovek v ČR a na Slovensku z pohledu uvažování delšího návrhového období 36

1.5 Technologické inovace podkladních vrstev, zlepšování zemin, stabilizace a využití geosyntetik

1.5.1 Ucelený katalog poruch odvodnění pozemních komunikací a řešení pro specifické problémy odvodnění 39

1.6 Systémy a inovativní řešení odvodnění konstrukcí vozovek

1.6.1 Limitní faktory využitelnosti vybraných typů vedlejších energetických produktů v zemních tělesech pozemních komunikací 41

WP2 Progresivní přístup k technickým, technologickým a ekonomickým hlediskům kolejové infrastruktury

2.1 Popis rozhodujících aspektů ovlivňujících náklady, popis technických problémů a jejich příčin
2.1.3 Sledování vybraných aspektů ovlivňujících náklady staveb 43

2.2 Statické a dynamické analýzy drážních staveb, modelování konstrukcí a součástí kolejové jízdní dráhy
2.2.2 Zjištění tuhosti jízdní dráhy po délce vysokorychlostní výhybky pomocí výpočtového modelování 45

2.3 Management stavební činnosti a údržbových prací – rozvoj pokročilých technologických postupů, strategie
2.3.1 Analýza problémů ve vztahu mezi investorem, zhotovitelem a správcem staveb železniční infrastruktury 47
2.3.2 Sledování zkušebního úseku Rohatec 49

2.4 Návrh nových konstrukcí a výrobků drážních staveb
2.4.1 Zkušební úsek se stabilizačním geokompozitem uloženým pod kolejové lože v úseku Domažlice – Havlovice 51
2.4.2 Metodika sledování a hodnocení periodických vlnovitých vad pojížděné plochy kolejnice 53
2.4.3 Vývoj výhybky J60-1:33,5-8000/4000/14000-PHS 55
2.4.4 Pevná jízdní dráha a konstrukce přechodové oblasti 57
2.4.5 Využití nedestruktivních metod stanovení modulu pružnosti popílkového stabilizátu ke zjištění porušenosti zkušebních těles 59

2.5 Implementace nových konstrukcí a výrobků, technologií a strategií drážních staveb
2.5.1 Zkoušení statické tuhosti podložek pod patu kolejnice 61
2.5.2 Monitoring zkušebního úseku v žst. Ústí nad Orlicí 63
2.5.3 Organizace výlukové činnosti 65
2.5.4 Vyhodnocení zkušebních úseků s podpražcovými podložkami 67

WP3 Mosty - efektivnější konstrukce s vyšší spolehlivostí a delší životností

3.2 Vývoj a zkoušení nových materiálů pro aplikaci na mostních stavbách
3.2a Prefabrikát opěrné zdi z vláknobetonu 69
3.2b Vliv redukované soudržnosti předpínací výztuže 71

3.3 Příprava metodiky pro stanovení stavu existujících mostů
3.3a Příprava metodiky pro stanovení stavu existujících mostů (část 1 – mosty ocelové) 73
3.3b Stanovení modulu pružnosti zdiva pomocí jednolanového napínacího lisu – postup měření 75

3.3c Stanovení modulu pružnosti zdiva pomocí jednolanového napínacího lisu – vyhodnocení měření 77

3.4 Dlouhodobé sledování mostních konstrukcí
3.4a Sledování vlivu reálných tuhostí nadpodporové části ocelobetonových mostů na deformace 79
3.4b Dlouhodobé sledování estakády přes Masarykovo nádraží 81

3.5 Ověřování materiálů pro opravy a rekonstrukce mostů
3.5 Výroba a zkoušky zábradelních panelů z UHPC 83

3.6 Příprava a realizace experimentální stavby z UHPC
3.6 Lávka pro pěší z UHPC přes Opatovický kanál 85

3.7 Vývoj postupů pro údržbu a opravy častých závad menších mostů
3.7a Vývoj postupů pro údržbu a opravy častých závad menších mostů 87
3.7b Řešení dobetonávky dilatačních závěrů, kde beton tvoří zároveň pojížděnou část vozovky 89

3.8 Problematika numerického modelování složitých mostních konstrukcí
3.8 Smykové vlastnosti vláknobetonu + ztráty předpětí od dotvarování na komorových mostech se zahrnutím nejistot vlivů prostředí 91

3.9 Vývoj konstrukčních detailů pro spolehlivou a dlouhodobou funkci mostů
3.9 Vývoj konstrukčních detailů pro spolehlivou a dlouhodobou funkci mostů 93

3.10 Vývoj postupů pro vyhodnocení celkových nákladů mostní konstrukce
3.10a Odhad jednotkové investiční ceny mostních konstrukcí 95
3.10b Nástroj pro optimalizaci spřažených ocelobetonových mostů 97

3.11 Vývoj technických požadavků pro návrh, realizaci a zkoušení vozovek na mostě
3.11 Vývoj technických požadavků pro návrh, realizaci a zkoušení vozovek na mostě 99

3.12 Vývoj pokrokových technologických postupů pro výstavbu mostů
3.12 Řešení ztraceného bednění u spřažených konstrukcí pomocí tenkostěnných vláknobetonových desek s hybridní výztuží 101

3.14 Příprava technických podmínek pro železniční svršek na mostech
3.14 Technické podmínky pro železniční svršek na mostě 103

WP4 Tunely – pokročilé technologie a efektivní technická

4.1 Příprava TP minimalizace rizik při výstavbě tunelů
4.1.3 Koncept TP – minimalizace rizik při výstavbě tunelů 105

4.2 Vývoj vláknobetonu a jeho aplikace na konstrukci
4.2.1 Beton vyztužený rozptýlenou ocelovou výztuží – drátky. Únosnost drátků v závislosti na jejich orientaci. 107

4.3 Vývoj vodonepropustného betonového ostění
4.3.2 Specifikace betonu a vliv krystalizace 109
4.3.3 Vysýchání a smršťování betonu 111
4.3.4 Technické podmínky pro vodonepropustné betonové konstrukce – část 1 113

4.4 Vývoj spřaženého primárního a sekundárního ostění
4.4.1 Spřažené primární a sekundární ostění 115

4.5 Vývoj pokrokových tunelových ostění pro mechanizované tunelování
4.5.1 Zajištění vodo-nepropustnosti segmentového ostění 117

4.6 Vývoj jednoplášťového tunelového ostění ze stříkaného betonu
4.6.1 Aplikace stříkaného betonu 119
4.6.2 Personální certifikace operátorů trysky 121
4.6.3 Řízení jakosti stříkaného betonu 123
4.6.4 Jednoplášťová ostění u konvenčních ražeb 125

WP5 Ochrana životního prostředí a zelená dopravní infrastruktura

5.1 Nástroje a metody modelování vlivu dopravy a dopravní infrastruktury na životní prostředí
5.1.2 Vývoj nástroje pro posuzování recyklačních technologií asfaltových vozovek s důrazem na uhlíkovou stopu 127

5.2 Nástroje a technická řešení omezování hlukové zátěže a vibrací
5.2.2 Změny hlukově absorbčních vlastností silničních povrchů a vliv čištění povrchů na zlepšení negativních dopadů hluku na životní prostředí 131
5.2.3 Měření hladin akustického tlaku v okolí ocelové mostní konstrukce – stav po rekonstrukci 133
5.2.4 Monitorování výztuží železobetonových a předpjatých konstrukcí metodou akustické emise 135

5.3 Lokálně dostupné materiály, stavební odpady a vedlejší produkty průmyslové a energetické výroby
5.3.2 Využití fluidiních popílků jako substitučního minerálního materiálu v podkladních vrstvách vozovek 137
5.3.3 Vývoj a posouzení CRMB pojiva s využitím aktivované jemně mleté pryže a nového typu katalyzátoru AKH 139

5.4 Znečištění ovzduší a vody – měřící postupy
5.4.1 Kontrola, monitoring a údržba drenážních systémů 142
5.4.2 Kontaminace životního prostředí v okolí komunikací 144
5.4.3 Adsorpce polycyklických aromatických uhlovodíků na vybraných frakcích tuhých částic 146

WP6 Bezpečnost, spolehlivost a diagnostika konstrukcí

6.1 Nové a progresivní diagnostické metody

6.1.1 Databáze nových a progresivních diagnostických metod se vzorovými příklady jejich uplatnění 148

6.3 Komplexní systémy kontinuálního monitorování objektů dopravní infrastruktury

6.3.1 Databáze vzorových řešení systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění 150

6.3.2 Vzorový systém kontinuálního monitorování vybraného úseku vozovky pozemní komunikace 152

6.4 Požáry v tunelech – ověření a návrh scénářů úniku

6.4.1 Modely šíření ohně a toxických plynů při haváriích v tunelech 154

6.4.2 Evakuační scénáře a optimalizace únikových cest při požárech v tunelech v závislosti na šíření ohně a toxických látek 156

WP7 Systémy hospodaření, posuzování trvanlivosti a oceňování životního cyklu v dopravní infrastruktuře

7.2 Modely a nástroje pro tvorbu systémů řízení

7.2.2 Zavedení systému kalkulací a rozpočtů pro stavby dopravní infrastruktury 158

7.3 Verifikace a validace modelů a nástrojů pro tvorbu systémů řízení

7.3.2 Optimalizace složení alumosilikátových materiálů pro trvanlivé dopravní stavby 160

7.3.3 Analýza rizika požáru v silničních tunelech 162

7.4 Metodické pokyny a uplatnění nástrojů v řídící a technické praxi

7.4.1 Life cycle costing jako moderní metoda hodnocení nákladů staveb 164

WP8 Řízení projektu a diseminace

8.1 Organizace schůzí výborů projektu

8.1.1 Jednání řídícího výboru, vědeckého výboru a průmyslového výboru 166

8.2 Organizace pravidelných workshopů

8.2.1 Participace na pravidelných konferencích 168

ÚNAVOVÉ CHARAKTERISTIKY ASFALTOVÝCH SMĚSÍ TYPU VMT A RBL

Zpracovali: Ing. Petr Mondschein, Ph.D., Ing. Jan Valentin, Ph.D., Bc. Martin Kühnl (Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. Petr Hýzl, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Za výkonnost netuhé konstrukce vozovky odpovídá podkladní vrstva. Obecně požadujeme, aby se jednalo o relativně tuhou vrstvu s dobrou odolností vůči opakovanému namáhání přejezdem nákladních vozidel. Již dlouhodobě se nejen v České republice, ale i v Evropě a ve světě, využívají tuhé směsi VMT, u kterých je trendem zvyšovat únavové charakteristiky při zachování vysoké tuhosti směsi.

Dalším směrem pro zvyšování životnosti kompletního souvrství konstrukce vozovky je použití směsí typu RBL (Rich Bottom Layer). Jedná se o směsi bohaté na asfaltové pojivo. Obecně je lze charakterizovat jako směsi, které obsahují o cca 0,5% a více asfaltového pojiva než klasické směsi, které se používají do podkladních vrstev či ložních vrstev (ACP, ACL). Přednostmi tohoto typu směsí jsou výrazně lepší únavové charakteristiky, které prodlužují životnost konstrukce vozovky. Vzhledem k vyššímu obsahu asfaltového pojiva ve směsi je větší i tloušťka asfaltového filmu, který obaluje jednotlivá zrna. Směs je trvanlivější, lépe odolává negativním účinkům vody a mrazu, současně je ale i méně náchylná k dlouhodobému stárnutí. Vyšší obsah asfaltového pojiva nemusí mít jen pozitivní přínosy pro asfaltovou směs, resp. pro položenou konstrukční vrstvu. Směsi s vyšším obsahem pojiva mohou při špatném návrhu ztrácet svou tuhost a mohou vykazovat horší odolnost proti tvorbě trvalých deformací.

V rámci aktivity CESTI byly v roce 2015 provedeny únavové zkoušky na asfaltových směsích typu VMT s porovnáním různých druhů asfaltových pojiv a dále na jedné směsi VMT se třemi různými obsahy asfaltového pojiva. Směs s nejvyšším obsahem pojiva by bylo možné považovat za směs typu RBL. Byly tedy sledovány změny únavových charakteristik asfaltové směsi v závislosti na změně obsahu pojiva, a to třemi metodami, které jsou popsány v [1]. Únavová zkouška byla provedena na válcových tělesech v příčném tahu, na trámečcích ve čtyřbodovém zařízení a na trapezoidech na dvoubodovém zkušebním zařízení – zde i pro směsi posuzované již v roce 2014.

Oblast použití

Výsledky řešení únavových charakteristik asfaltových směsí je možné využít při návrhu konstrukce vozovky podle metodiky TP 170 [2]. Při použití směsí s lepší odolností proti opakovanému namáhání je možné prodloužit životnost konstrukce vozovky, snížit celkové náklady na opravy vozovky, resp. při zachování životnosti můžeme snížit pokládané tloušťky konstrukčních vrstev, tzn. snížit investiční náklady. V případě zmenšování tloušťek však musíme být opatrní, jelikož nejsme schopni předpovídat s vyšší přesností dopravní zatížení v horizontu desítek let.

Obecně lze výsledky únavových zkoušek využívat při posuzování životností konstrukcí vozovek. Jejich znalost je využitelná v projektech PPP, kde se pracuje s celkovými náklady životného cyklu konstrukce vozovky.

Metodika a postup řešení

Postup sledování únavových vlastností výkonových asfaltových směsí lze rozdělit na dvě etapy. V rámci první etapy bylo provedeno stanovení únavových charakteristik ε_6 a B na jednom druhu směsi VMT, kde byla použita tvrdá silniční pojiva, polymerem modifikovaná pojiva a směsi s pojivem modifikovaným pryžovým granulátem, kyselinou polyfosforečnou, voskem nebo jejich kombinací. Tyto zkoušky byly provedeny na dvoubodovém zkušebním zařízení.

Druhá část zkoušek byla provedena na směsi VMT, u které byl zvyšován obsah polymerem modifikovaného pojiva. Celkem byly odzkoušeny tři směsi s různým obsahem polymerem modifikovaného pojiva. Únavové charakteristiky byly stanoveny měřením na čtyřbodovém zkušebním zařízení a na válcích namáhaných v příčném tahu. Z této části zkoušek lze provést i porovnání obou zkušebních postupů, které definuje evropská zkušební norma [1].

Výsledky

Výsledky únavových parametrů, které je možné využít při návrhu konstrukcí vozovky, měřených v

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

obou etapách, jsou uvedeny v tabulce 1 a v tabulce 2. Z obou měření vyplývá známý fakt, že všechny tři metody dávají rozdílné výsledky zkoušky. Ty odpovídají charakteru zkušební sestavy, velikosti namáhání a principu namáhání zkušebního tělesa, ale i okrajovým podmínkám zkoušky, tj. zkušební teplotě a frekvenci zatěžování.

Tab. 1 Únavové charakteristiky asfaltové směsi VMT v závislosti na asfaltovém pojivu (T=10 °C a f=25 Hz.

Označení směsi	Pojivo	ε_6	B
A	20/30	113,8 *10^{-6}	5,67
B	PMB 25/55-55	116,9 *10^{-6}	4,94
C	30/45	104,4 *10^{-6}	5,64
D	50/70 + 15% CR + 1% PPA	108,9 *10^{-6}	6,67
E	30/45 + 1% PPA	116,2 *10^{-6}	6,70
F	30/45 + 2% Sasobit	120,4 *10^{-6}	7,06

Při porovnání únavových charakteristik asfaltové směsi VMT s různými druhy pojiv vykázala nejlepší výsledky směs s relativně tvrdým pojivem 30/45 modifikovaná FTP parafínem. Jak parametr ε_6, tj. hodnota kdy při poměrné deformaci dojde k porušení zkušebního tělesa trhlinou po 1 mil. opakovaných zatížení, tak i sklon únavové křivky B byl nejvyšší. V porovnání se směsí A s tvrdým silničním pojivem 20/30 dokáže směs F odolat 1,78x většímu počtu návrhových náprav. Experimentálně stanovené výsledky odpovídají tabulkovým hodnotám uvedeným v TP 151. Překvapivá je relativně nízká hodnota únavových parametrů asfaltové směsi B s modifikovaným pojivem. Obě realizované modifikace pojiva 30/45 vykázaly výrazné zlepšení únavového chování asfaltové směsi (vzorky E a F).

Tab. 2 Únavové charakteristiky asfaltové směsi VMT/RBL v závislosti na zkušebním zařízení.

Označ. směsi	Množství pojiva v % hm.	Zkušební zařízení	ε_6	B
AA	4,8 %	4 PB-PR	208,7 *10^{-6}	6,6
		ITT	65,0 *10^{-6}	6,5
BB	5,05 %	4 PB-PR	212,4 *10^{-6}	7,7
		ITT	66,2 *10^{-6}	5,7
CC	5,3 %	4 PB-PR	neměřeno	nem.
		ITT	82,7 *10^{-6}	5,9

V tabulce 2 jsou uvedeny únavové charakteristiky asfaltové směsi VMT s odlišným dávkováním pojiva. Směs CC bychom mohli považovat za neoptimalizovanou variantu směsi RBL. Vzhledem k poruše zkušebního přístroje nebylo doposud provedeno měření na čtyřbodovém přístroji u směsi CC. Z provedených experimentů lze konstatovat že zvýšení obsahu asfaltového pojiva zvyšuje teoretickou životnost asfaltové vrstvy 3,53x (zkušební postup ITT, ε_j = 50). V případě zvýšení obsahu pojiva pouze o 0,25 % nejsou změny únavového chování směsi nijak výrazné.

Závěr

Provedené stanovení únavových parametrů asfaltových směsí VMT a RBL prokázalo, že tyto typy směsí dosahují lepších výsledků. Jejich zabudování do podkladních vrstev vozovek má smysl a při jejich použití je možné počítat s výrazným prodloužením životnosti celé konstrukce vozovky. Provedená měření na dvou pracovištích a třech zkušebních sestavách opět potvrdila zahraniční zkušenosti, že výsledky všech tří metod nejsou srovnatelné, resp. pro získání dostatečně obhajitelného korelačního vztahu by bylo nezbytné provést mnohem větší soubory měření, která nicméně časově i finančně překračují rámec možností centra CESTI a nastaveného plánu aktivit.

Bylo by více než vhodné, aby byly jasně definovány okrajové podmínky zkušebních metod (zkušební teplota, frekvence zatěžování, minimální počet zatěžovacích cyklů) a následně bylo provedeno rozsáhlé porovnání všech čtyř přístrojů, které jsou k dispozici v ČR. Po nalezení vzájemných vztahů by byla navýšena diametrálně kapacita zkušebních strojů. Doposud je do návrhové metodiky možné využít pouze výsledky z dvoubodového zařízení. Při posouzení materiálů, které byly změřeny na čtyřbodovém zařízení nebo v příčném tahu, můžeme provést pouze orientační vzájemné porovnání laboratorně odzkoušených vzorků.

Literatura

[1] ČSN EN 12697-24. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 24: Odolnost vůči únavě. Praha: UNMZ, 2012.

[2] TP 151. Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT). Praha: Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury, 2010. 30 p.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

POROVNÁNÍ ÚČINNOSTI ADITIV PRO NÍZKOTEPLOTNÍ ASFALTOVÉ SMĚSI ZKUŠEBNÍMI ÚSEKY

Zpracovali: Ing. Petr Špaček, Ing. Zdeněk Hegr (Skanska a.s.)

Souhrn

Řešitelský tým společnosti Skanska a.s. se v rámci prací na výzkumném projektu TE01020168 zabýval problematikou snižování teploty při výrobě asfaltových směsí. Byla vyrobena asfaltová směs ACO 11+ nebo ACO 11S, do které byly v obalovně přidávány různé druhy nízkoteplotních přísad. Z takto vyrobené asfaltové směsi byla provedena pokládka tří pokusných úseků a provedeny laboratorní zkoušky pro stanovení zhutnitelnosti za nižších teplot. Výstupem těchto laboratorních zkoušek je porovnání účinnosti zkoušených aditiv.

Oblast použití

Oblast pro použití aditiv snižujících pracovní teploty asfaltových směsí je poměrně široká. Jejich aplikace je možná do směsí pro podkladní, ložní i obrusné vrstvy. S výhodou se používají pro výrobu asfaltových směsí v jarních a podzimních obdobích, kdy je třeba prodloužit dobu zpracovatelnosti například z důvodu rychlejšího chladnutí směsí při přepravě. Další aplikace je možná při střídavé výrobě asfaltových směsí s přídavkem R-materiálu a směsí bez R-materiálu. Při této střídavé výrobě pak není třeba předehřívat kamenivo při výrobě s R-materiálem na vyšší teplotu, teplotní deficit z přídavku R-materiálu je kompenzován právě vhodně zvoleným aditivem umožňujícím výrobu asfaltové směsi i při snížené teplotě.

Metodika a postup řešení

Při řešení problematiky účinnosti nízkoteplotních aditiv přidávaných do asfaltových směsí byly při výrobě asfaltové směsi sledovány a prověřovány: (a) technické možnosti přidávání nízkoteplotního aditiva bez konstrukční úpravy obalovacího centra, (b) obalení jednotlivých zrn kameniva ve směsi. Při pokládce byla sledována zpracovatelnost asfaltové směsi za nižší teploty a také zhutnitelnost. V laboratořích byly provedeny kontrolní zkoušky vyrobených asfaltových směsí (zrnitost, obsah rozpustného pojiva, objemová hmotnost zhutněného zkušebního tělesa a maximální objemová hmotnost).

Dále byly provedeny zkoušky hutnění směsí za odstupňovaných teplot (150°C, 130°C a 110°C) a zjišťována objemová hmotnost na Marshallových tělesech. Následně byla vypočtena mezerovitost, přičemž stejný proces byl proveden také u směsi bez nízkoteplotního aditiva a byly porovnávány výsledné hodnoty mezerovitosti.

Výsledky

Tab. 1 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + s nízkoteplotní přísadou REDISET LQ.

Druh.směsi	ACO.11.+	ACO.11.+	ACO.11.+
Protokol.o KZ	177M-a/14	177M-b/14	177M-c/14
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
REDISET LQ	0,4 % hm. pojiva	0,4 % hm. pojiva	0,4 % hm. pojiva
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,439		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,402	2,394	2,377
V.(%)	1,5	1,8	2,5

Tab.2 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + bez nízkoteplotní přísady REDISET LQ.

Druh.směsi	ACO.11.+	ACO.11.+	ACO.11.+
Protokol.o KZ	179M-a/14	179M-b/14	179M-c/14
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,453		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,381	2,361	2,337
V.(%)	2,9	3,8	4,7

Tab. 3 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + s nízkoteplotní přísadou CECA BASE RT.

Druh.směsi	ACO.11.S	ACO.11.S	ACO.11.S
Protokol.o.KZ	156Pu/14	157Pu/14	158Pu/14
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
CECABASE RT.BIO.10	4kg/tuna pojiva	4kg/tuna pojiva	4kg/tuna pojiva
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,473		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,374	2,367	2,350
V.(%)	4,0	4,3	5,0

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Tab. 4 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + bez nízkoteplotní přísady CECA BASE RT.

Druh.směsi	ACO.11 S	ACO.11.S	ACO.11.S
Protokol.o.KZ	161Pu/14	162Pu/14	163Pu/14
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,463		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,397	2,389	2,357
V.(%)	2,7	3,0	4,3

Tab. 5 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + s nízkoteplotní přísadou ZycoTherm.

Druh.směsi	ACO.11.+	ACO.11.+	ACO.11.+
Protokol.o.KZ	166M-a/14	166M-b/15	166M-c/15
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
ZycoTherm	0,1 % hm. pojiva	0,1 % hm. pojiva	0,1 % hm. pojiva
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,455		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,390	2,375	2,358
V.(%)	2,6	3,3	3,9

Tab. 6 Výsledky volumetrických parametrů asfaltové směsi ACO 11 + bez nízkoteplotní přísady ZycoTherm.

Druh.asfaltové směsi	ACO.11.+	ACO.11.+	ACO.11.+
Protokol.o.KZ	167M-a/15	167M-b/15	167M-c/15
Teplota hutnění	150°C	130°C	110°C
ZycoTherm	-	-	-
ρ_{max} (Mg/m^3)	2,463		
ρ_{bssd} (Mg/m^3)	2,396	2,389	2,364
V.(%)	2,7	3,0	4,0

Údaje uvedené v tabulkách vycházejí z výsledků kontrolních zkoušek asfaltové směsi odebrané při výrobě v obalovně. Z toho vyplývá, že výsledky mohou být částečně ovlivněny odchylkami od požadované zrnitosti a obsahu asfaltového pojiva.

Závěr

Při výrobě asfaltových směsí s nízkoteplotními přísadami nebyly v obalovacím centru pozorovány žádné problémy související s nižší teplotou výroby. Obalení zrn kameniva bylo ve všech případech dobré. Zpracovatelnost asfaltových směsí při pokládce za nižších teplot byla taktéž bezproblémová. Z výsledků zkoušek je patrné, že jako nejúčinnější ze zkoušených nízkoteplotních přísad se jeví přísada REDISET LQ, kde bylo dosaženo při teplotě hutnění 110°C obdobné mezerovitosti směsi s přísadou jako u směsi bez přísady hutněné při standardní teplotě 150°C. Pokusné úseky budou v dalších obdobích monitorovány z hlediska standardních vlastností, a to včetně možnosti provedení nezbytných kontrolních vývrtů.

Literatura

[1] Špaček, P., Hegr, Z., Zpráva o realizaci pokusného úseku s použitím nízkoteplotního aditiva REDISET LQ, Dílčí výzkumná zpráva, Skanska a.s., 2014.

[2] Špaček, P., Hegr, Z., Zpráva o realizaci pokusného úseku s použitím nízkoteplotního aditiva CECA BASE RT BIO 10, Dílčí výzkumná zpráva, Skanska a.s., 2014.

[3] Špaček, P., Hegr, Z., Zpráva o realizaci pokusného úseku s použitím nízkoteplotního aditiva ZycoTherm, Dílčí výzkumná zpráva, Skanska a.s., 2015.

ASFALTOVÁ SMĚS S POJIVEM TYPU PMB A S PŘÍMĚSÍ ARAMIDOVÝCH VLÁKEN FORTA FI

Zpracovali: Ing. Petr Špaček, Ing. Zdeněk Hegr, Ing. Aleš Balík (Skanska a.s.)

Souhrn

Řešitelský tým společnosti Skanska a.s. se v rámci prací na výzkumném projektu TE01020168 zabýval problematikou praktické aplikace vyztužování asfaltových směsí aramidovými vlákny FORTA FI. Byla realizována výroba v obalovně asfaltových směsí a provedena pokládka pokusného úseku. Následně byla provedena řada laboratorních zkoušek a porovnání s konvenční směsí bez aramidových vláken FORTA FI.

Oblast použití

Asfaltové směsi vyztužené aramidovými vlákny FORTA FI se s výhodou používají pro konstrukce pozemních komunikací, na nichž se vyskytuje pomalu jedoucí dopravní proud, stop-and-go doprava, případně se jedná o plochy typu parkoviště a plochy s výskytem krátkodobého bodového zatížení. Dále je možné tyto směsi použít za účelem:

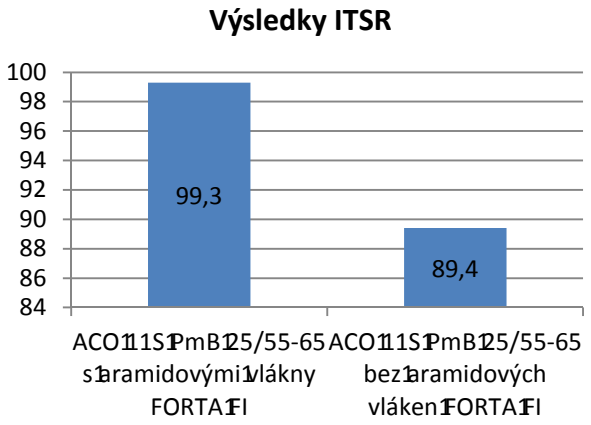
- prodloužení životnosti asfaltové vrstvy;
- úspory materiálu na základě optimalizace tloušťky asfaltových vrstev v konstrukci vozovky;
- zvýšení modulu tuhosti asfaltové směsi;
- omezení tvorby trvalých deformací asfaltové vrstvy;
- omezení vzniku a šíření trhlin při nízkých teplotách.

Metodika a postup řešení

Pro ověření vlastností asfaltové směsi vyztužené aramidovými vlákny FORTA FI byla provedena celá řada laboratorních testů, které byly prováděny na asfaltové směsi s aramidovými vlákny FORTA FI a s pojivem PMB, jakož i na konvenční asfaltové směsi s polymerem modifikovaným pojivem avšak bez aramidových vláken FORTA FI. Následně byly výsledky laboratorních zkoušek obou směsí porovnány. Pro porovnání byly zvoleny a hodnoceny následující zkoušky:

- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 1: Obsah rozpustného pojiva – ČSN EN 12 697-1
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 2: Zrnitost – ČSN EN 12 697-2
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti – ČSN EN 12 697-5
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa – ČSN EN 12 697-6 (postup B)
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí – ČSN EN 12 697-8
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 12: Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě – ČSN EN 12 697-12
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 22: Zkouška pojíždění kolem – ČSN EN 12 697-22 (malé zkušební zařízení, postup B na vzduchu)
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 26: Tuhost – ČSN EN 12 697-26
- Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka část 46: Nízkoteplotní vlastnosti a tvorba trhlin pomocí jednoosé zkoušky tahem – ČSN EN 12 697-46

Výsledky



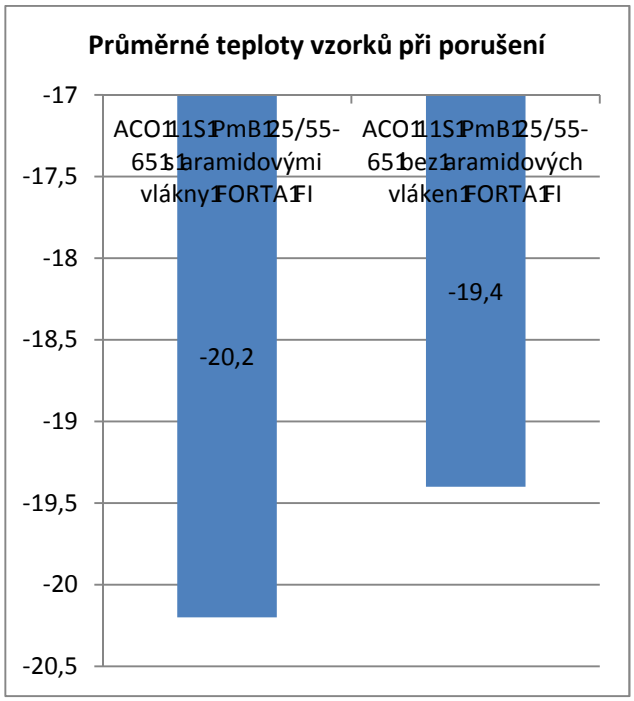
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Tab. 1 Výsledky zkoušky pojíždění kolem.

Směs	PRD_{AIR} [%]	WTS_{AIR} [mm/10^3cyklů]
ACO 11S PmB 25/55-65 s aramidovými vlákny FORTA FI	2,0	0,024
ACO 11S PmB 25/55-65 bez aramidových vláken FORTA FI	1,9	0,026

Tab. 2 Výsledky zkoušky tuhosti.

Směs	Zatěžovací frekvence				
	5 Hz	10 Hz	15 Hz	20 Hz	25 Hz
ACO 11S PmB 25/55-65 s aramidovými vlákny FORTA FI	8254	8982	9451	9750	9995
ACO 11S PmB 25/55-65 bez aramidových vláken FORTA FI	8077	8756	9190	9533	9710



Obr. 2 Výsledky ochlazovací zkoušky.

Závěr

Z výsledků jednotlivých zkoušek lze konstatovat, že přidáním vláken FORTA FI do směsi typu ACO 11S PMB 25/55-65 lze dosáhnout lepších vlastností co se týká nízkoteplotního chování asfaltové směsi, odolnosti proti tvorbě trhlin a odolnosti proti účinkům vody (trvanlivosti). V případě ostatních zkoušených vlastností se v rámci tohoto experimentu pozitivní přínos aramidových vláken v kombinaci s asfaltovým pojivem typu PMB neprokázal. V následujících letech bude pokusný úsek monitorován, a to včetně provádění nezbytných ověřovacích zkoušek. Pro další prokázání pozitivního vlivu aramidových vláken FORTA FI na asfaltové směsi by bylo vhodné rozšířit soubor porovnávaných variant o směsi ACO 11S se silničním asfaltem 50/70 bez a s přídavkem vláken FORTA FI.

Literatura

[1] Špaček, P., Hegr, Z., Zpráva o realizaci pokusného úseku s použitím aramidových vláken FORTA FI, Parkoviště Olomouc - Pavelkova, Dílčí výzkumná zpráva, Skanska a.s., 2015.

ASFALTOVÉ SMĚSI S VYSOKÝM MODULEM TUHOSTI DRUHÉ GENERACE

Zpracovali: Ing. Petr Špaček, Ing. Zdeněk Hegr, Ing. Aleš Balík (Skanska a.s.)

Souhrn

Řešitelský tým společnosti Skanska a.s. se v rámci prací na výzkumném projektu TE01020168 zabýval problematikou návrhu počátečních zkoušek typu ITT směsí s vysokým modulem tuhosti VMT 22, ve kterém bylo použito polymerem modifikované asfaltové pojivo PMB 25/55-65 (Starfalt/OMV). Dále byla posouzena varianta asfaltové směsi VMT 22 s tvrdým silničním asfaltovým pojivem gradace 30/45 (OMV) a asfaltová směs VMT 22 se silničním asfaltovým pojivem gradace 50/70 s přísadou Licomont BS100.

Postup s přísadou Licomont BS100 byl zvolen vzhledem k běžnému používání asfaltu gradace 50/70 na obalovnách v ČR. Dalším důvodem byla možnost výroby menšího množství asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti bez nutnosti dovážení celé cisterny pojiva nižší gradace, které následně zůstává mnohdy dlouhou dobu v asfaltových nádržích na obalovně, a blokuje tak skladovací kapacity pro jiné druhy pojiva.

Oblast použití

Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti jsou přednostně určeny pro podkladní a ložní vrstvy vozovek pozemních komunikací s vysokým podílem těžké nákladní dopravy. Především se jedná o dálnice, rychlostní silnice a některé kapacitně vytížené silnice I. třídy. Cílem uplatnění asfaltové směsi typu VMT je prodloužení životnosti konstrukce a eliminace předčasných zásahů údržby a plošných oprav.

Metodika a postup řešení

Návrhové vstupní složení asfaltových směsí VMT 22 bylo provedeno ověřením v laboratoři. Pro stanovení fyzikálně-mechanických a funkčních vlastností asfaltových směsí s vysokým modulem tuhosti byly provedeny rozsáhlejší laboratorní zkoušky a to s uplatněním dále uvedených postupů:

- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 1: Obsah rozpustného pojiva – ČSN EN 12 697-1
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 2: Zrnitost – ČSN EN 12 697-2
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 5: Stanovení maximální objemové hmotnosti – ČSN EN 12 697-5
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 6: Stanovení objemové hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa – ČSN EN 12 697-6 (postup B)
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí – ČSN EN 12 697-8
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 12: Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě – ČSN EN 12 697-12
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 22: Zkouška pojíždění kolem – ČSN EN 12 697-22 (malé zkušební zařízení, postup B na vzduchu)
- Zkušební metody pro astatové směsi za horka část 26: Tuhost – ČSN EN 12 697-26

Výsledky

Tab. 1 Návrhové vstupní složení asfaltových směsí s vysokým modulem tuhosti.

Návrhové vstupní složení směsi		VMT 22 PmB 25/55-65	VMT 22 30/45	VMT 22 50/70 + Lic. BS100
Zrnitost Síto (mm)	31,5	100	100	100
	22,4	99	98	100
	16	79	76	76
	8	52	56	56
	4	38	38	43
	2	27	28	30
	0,063	5,6	5,6	7,2
Obsah rozpustného asfaltu (%-hm.) [1)]		5,0	5,0	5,0 [2)]

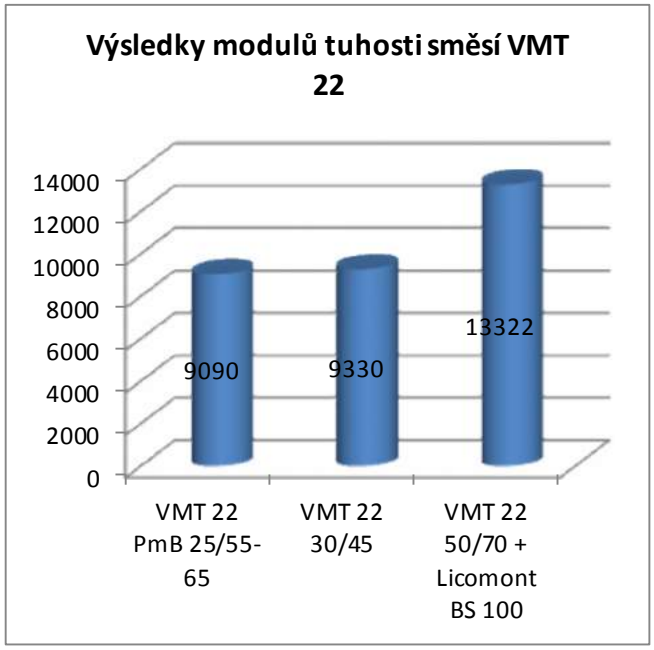
[1)] dávkované množství
[2)] 97% 50/70 + 3% Licomont BS 100

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Tab. 2 Výsledky laboratorních zkoušek provedených na asfaltových směsích VMT 22.

Zkoušená vlastnost	Naměřená hodnota		
	VMT 22 PmB 25/55-65	VMT 22 30/45	VMT 22 50/70 + Lic. BS 100
PRD_{AIR} [%]	1,2	1,2	1,6
WTS_{AIR} [mm/10^3 cyklů]	0,017	0,012	0,014
Modul tuhosti [MPa]	9 090	9 330	13 322
ITSR [%]	86,2	95,2	83,3
Maximální objemová hmotnost směsi ρ_{mv} (Mg.m^{-3})	2,512	2,479	2,479
Objemová hmotnost zhutněné asf. směsi ρ_{bssd} (Mg.m^{-3})	2,409 [1)]	2,373 [2)]	2,378 [3)]
Mezerovitost V_m (% obj.)	4,1	4,3	3,9

[1)] hutněno 2x75 údery Marshallova pěchu při 155°C
[2)] hutněno 2x75 údery Marshallova pěchu při 160°C
[3)] hutněno 2x75 údery Marshallova pěchu při 145°C



Závěr

Dle výsledků laboratorních zkoušek výše uvedených asfaltových směsí VMT 22, lze konstatovat, že nejvyšších hodnot modulu tuhosti bylo dosaženo v případě použití asfaltového pojiva gradace 50/70 + přísady Licomont BS 100. V úvahu je však potřeba také vzít skutečnost, že porovnávané směsi měly lehce odlišné čáry zrnitosti a kamenivo do nich použité pocházelo z různých zdrojů. Všechny tři výše porovnávané asfaltové směsi typu VMT byly použity do konkrétních konstrukcí vozovek na stavbách, kde bude jejich chování v konstrukci vozovky i nadále sledováno. Tím došlo k primárnímu ověření praktické využitelnosti těchto upravených typů asfaltových směsí se zvýšenými nároky na užitné chování a funkční charakteristiky.

Literatura

[1] Špaček, P., Hegr, Z., Balík, A., Zpráva o návrhu ITT a zkouškách asfaltových směsí s vysokým modulem tuhosti VMT 22 PmB 25/55-65, VMT 22 30/45 a VMT 22 50/70 + Licomont BS 100, Dílčí výzkumná zpráva, Skanska a.s., 2015.

[2] TP 151 Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti VMT, MD ČR, 2010.

ASFALTOVÉ SMĚSI S VYŠŠÍM OBSAHEM POJIVA PRO PODKLADNÍ VRSTVY VOZOVEK (SMĚSI TYPU „Rich Bottom Layer“)

Zpracovali: Ing. Petr Bureš, Ing. Jiří Fiedler (EUROVIA)

Souhrn

Práce se zaměřily na zhodnocení výsledků únavových zkoušek a analýzu informací o směsích s vyšším obsahem asfaltového pojiva. Výsledky zkoušek únavy potvrdily správnost předpokladů o příznivém vlivu zvýšeného obsahu pojiva.

Oblast použití

Používání směsí s vyšším obsahem pojiva do podkladních vrstev umožní prodloužení životnosti asfaltových vozovek, případně snížení tloušťky vozovek při zachování stejné návrhové životnosti.

Metodika a postup řešení

Asfaltové směsi s vyšším obsahem pojiva do podkladních vrstev označované jako RBL („rich bottom layer“) nebo FRL („fatigue resistant layer“) se používají hlavně v USA a to zejména v souvislosti s vozovkami s velmi dlouhou životností, tzv. „perpetual pavement“. Odolnost těchto směsí proti únavě je vyšší než u standardních směsí. Potvrdilo se to při zkouškách v dvojbodovém ohybu na komolém klínu (2PB) při teplotě 10 °C provedených v roce 2015 na FAST VUT v Brně.

Na základě výsledků laboratorních zkoušek byly navrženy směsi pro první pokusný úsek. Při jeho realizaci byly odebrány vzorky pro kontrolní zkoušky. Je plánováno provedení únavových zkoušek 2PB na FAST VUT v Brně a zkoušek v příčném tahu, které budou provedeny během zimy v laboratoři FSv ČVUT v Praze. V rámci řešení projektu byly zpracovány i informace ze dvou rozsáhlých amerických výzkumných programů o RBL dokončených v roce 2015.

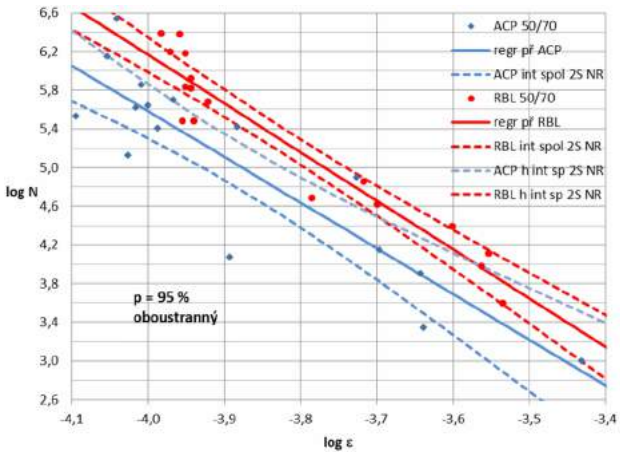
Výsledky

Byla zkoušena směs ACP 16 S s asfaltem 50/70 a s modifikovaným asfaltem PMB 25/55-60. Optimální obsah asfaltu byl 4,1 %. Směs se zvýšeným obsahem asfaltu RBL-ACP 16S měla stejné zrnitostní složení, ale obsah asfaltu byl 4,6 %. Zvýšení obsahu pojiva ve směsi o 0,5 % vedlo k podstatně vyšší odolnosti proti únavě. Kromě toho byl zaznamenán menší rozptyl výsledků na jednotlivých zkušebních tělesech, což se projevilo menšími hodnotami střední chyby, indexu kvality $\Delta\varepsilon_6$ a koeficientu $\gamma_{úp}$. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 1.

Tab. 1 Porovnání směsí s 50/70.

Směs	ACP 50/70	RBL 50/70
Obsah pojiva (%)	4,1	4,6
B	4,7	5,0
ε_6 (μs)	81,5	107,9
$\gamma_{úp}$ (-)•	1,47	1,22
$\Delta\varepsilon_6$ (μs)•	14,3	8,5
$\varepsilon_6 - \Delta\varepsilon_6$ (μs)	67,2	99,4
$SN_{N/\varepsilon}$•	0,481	0,267
R^2	0,796	0,918
Počet těles	16	17

Na obrázku 1 jsou obě únavové přímky a oboustranné 95 % intervaly spolehlivosti.



Obr. 1 Výsledky únavových zkoušek – směsi s pojivem 50/70.

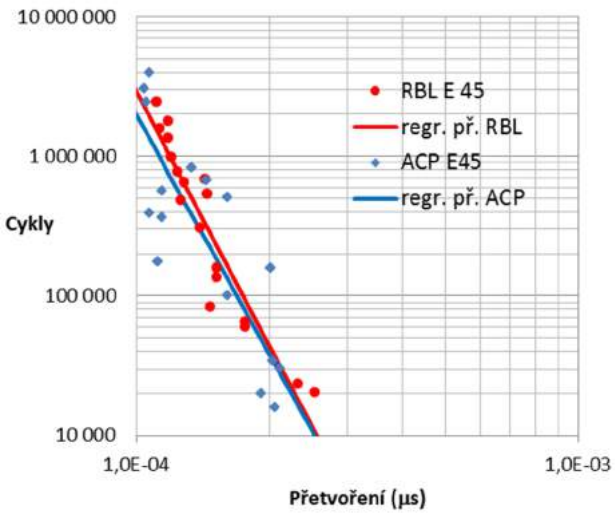
Výsledky srovnání u směsí s pojivem PMB 25/55-60 byly podobné. Asfaltová směs RBL měla opět lepší únavové parametry. Výsledky jsou souhrnně uvedeny v tabulce 2.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Tab. 2 Porovnání směsí s PMB.

Směs	ACP E45	RBL E45
Obsah pojiva (%)	5,7	6,0
B	112,6	119,1
ε_6 (μs)	1,31	1,15
$\gamma_{úp}$ (-)•	11,4	6,4
$\Delta\varepsilon_6$ (μs)•	101,2	112,7
$\varepsilon_6 - \Delta\varepsilon_6$ (μs)	0,399	0,227
$SN_{N/\varepsilon}$•	0,878	0,885
R^2	20	18

Rozdíl mezi hodnotami ε_6, $\gamma_{úp}$, $\Delta\varepsilon_6$ a $SN_{N/\varepsilon}$ byl menší než u směsí s pojivem 50/70. Je však patrné, že z hlediska absolutních hodnot byl rozptyl u směsi RBL s PMB celkově menší. Uvedené je dále znázorněno na obrázku 2.



Obr. 2 Výsledky únavových zkoušek – směsi s PMB.

Informace o realizaci zkušebního úseku

Zkušební úsek byl realizován na silnici I/26 v části průtahu obcí Líně v celkové délce 353 m. Na stávající komunikaci se opakovaně vyskytovaly poruchy. Proto bylo rozhodnuto provést rekonstrukci vozovky. Stávající konstrukce byla odstraněna na úroveň pláně postupně po úsecích, aby se nadměrně neomezil provoz v obci. To umožnilo zvolit různou skladbu vozovky. Jde o netuhou vozovku s dvěma nestmelenými vrstvami, kterými jsou MZK a ŠD. Na základě návrhu a posouzení vozovky ve smyslu TP 170, provedenými v rámci projektu CESTI, byla do podkladní vrstvy navržena jak standardní směs ACP, tak směs typu RBL. Mezerovitost na 6 vývrtech směsi RBL odebraných z prvního úseku byla v intervalu 3-6 %, při míře zhutnění 97-100 %. Na dalším úseku byla však na několika vývrtech mezerovitost jen okolo 2 %. To ukazuje, že při využívání směsí RBL bude třeba dát pozor na to, aby nedošlo k přehutnění vrstvy.

Zhodnocení informací z literatury

Byly zhodnoceny informace z [3], [4]. Tyto rozsáhlé zprávy obsahují též výsledky měření přetvoření v podkladních vrstvách vozovek se standardní směsí a směsí RBL za různých teplot.

Závěr

Po dokončení kontrolních zkoušek funkčních vlastností ze zkušebního úseku a zpracování všech údajů z literatury a z námi provedených zkoušek bude možné v příštím roce navrhnout parametry pro RBL při navrhování vozovek dle TP 170. Pak by bylo možné použít při navrhování vozovek do podkladní vrstvy dva druhy směsí - standardní ACP a RBL.

V této souvislosti bude vhodné zvážit i některé případné další úpravy české návrhové metody..

Literatura

[1] Fiedler, J., Bureš, P., Možnosti prodloužení životnosti asfaltových vozovek, Konference AV 15, 2015.

[2] Fiedler J., Bureš P., Mondschein P., Hýzl P., Vliv obsahu pojiva na funkční vlastnosti asfaltových směsí, 20. Seminář I. Poliačka, Jasná, 2015.

[3] Sargand S., et al, Implementation and Thickness Optimization of Perpetual Pavements in Ohio, FHWA/OH-2015/17.

[4] Timm D., et al, Refined limiting strain criteria and approximate ranges of maximum thicknesses for designing long life pavements, NCAT 15-05, 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

POSOUZENÍ VLIVU VYBRANÝCH PŘILNAVOSTNÍCH PŘÍSAD VČETNĚ JEJICH TEPLOTNÍ STABILITY

Zpracovali: Ing. Tereza Valentová, Bc. Jan Altman, Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Nejen pro tenké asfaltové koberce je obecně důležitým aspektem zachování dobré adheze mezi asfaltovým pojivem a kamenivem. V případě ztenčených obrusných vrstev je samozřejmě toto hledisko ve vztahu k trvanlivosti asfaltové úpravy významnější díky celkové tloušťce vrstvy, jakož i v některých případech používané otevřenější struktury asfaltového koberce. Jedním ze způsobů, jak přilnavost upravit či zlepšit, je používání přísad na bázi vápence nebo chemických organických přísad se zastoupením různých chemických skupin látek jako jsou aminy, amido-aminy apod. U této druhé skupiny látek je nicméně velmi důležitým aspektem jejich dlouhodobější stabilita. Není účelem, aby se laboratorně prokázala funkčnost přísady dosažením dostatečné přilnavosti a tedy poklesem hydrofility kameniva, přičemž po krátkém čase by docházelo ke ztrátě koncentrace funkčních látek v důsledku postupného vytěkání některých organických sloučenin. Proto bylo cílem provedených studií posuzovat přilnavost jak u nezestárlého pojiva s kamenivem, tak i u pojiva laboratorně zestárlého se stejným kamenivem. K simulaci stárnutí byla zvolena jedna z možných metod, kterými jsou laboratoře vybaveny. Současně byly vždy přilnavostní přísady aplikovány do asfaltového pojiva, tzn. při procesu simulovaného stárnutí působila teplota a vzduch nejen na asfalt, ale i na účinné látky přilnavostních přísad. Vlastní postup přilnavostní zkoušky byl následně vždy obdobný a vycházel z ČSN 736161. Vedle toho byla pro jeden typ kameniva provedena zkouška jeho odolnosti proti zvětrávání.

Oblast použití

Přilnavost mezi asfaltovým pojivem a kamenivem bezprostředně ovlivňuje trvanlivost asfaltové směsi a tudíž i náchylnost ke vzniku řady poruch. Z tohoto důvodu je provedený soubor zkoušek a ověření různých typů kameniva, jakož i vybraného souboru přilnavostních přísad, důležitou pomůckou jak při rozšíření zavedených metod zkoušení (ověřování teplotní stability přilnavostních přísad), tak i při rozhodování o funkčnosti přísad a jejich využitelnosti pro různé typy asfaltových směsí. Vlastní postup ověření teplotní stability a dlouhodobější funkčnosti přísad bude navrhován jako vhodné doplnění technických předpisů. Současně jsou dosažené poznatky důležité pro pozdější porovnání přilnavostní zkoušky a zkoušky odolnosti asfaltových směsí proti účinkům vody.

Metodika a postup řešení

Zkouška ověření přilnavosti asfaltových pojiv ke kamenivu byla provedena a vyhodnocena v souladu s požadavky ČSN 726161, která je v ČR řadu let zavedena jako základní zkušební metoda, a to navzdory existenci tří evropských harmonizovaných metod, jak je uvádí ČSN EN 12697-11. Při této zkoušce bylo zvoleno devět rozdílných typů kameniva, jež se běžně používají při výrobě asfaltových směsí a ke kterým byla vždy přimíchána jedna z variant asfaltového pojiva vylepšená chemickými přilnavostními přísadami. Zvoleny byly čtyři chemické přilnavostní přísady: AdHere LOF 65-00 EU, nanochemická přísada Zycotherm, Impact 8000 a Wetfix BE. Jako asfaltové pojivo byl ve všech případech aplikován silniční asfalt 50/70, do kterého byly jednotlivé přísady přimíchány ve standardním nebo upraveném množství. Vmíchání jednotlivých přísad probíhalo vždy laboratorně při teplotě přibližně 150 °C a po dobu alespoň 15 minut, aby se zajistila dostatečná homogenita pojiva s použitou přísadou. Část připraveného pojiva byla vždy aplikována pro vlastní přilnavostní zkoušku, část pojiva se použila pro ověřování odolnosti asfaltové směsi proti účinkům vody (zvolen pouze jeden typ kameniva) a poslední část jednotlivých vzorků asfaltového pojiva byla vystavena modifikovanému postupu laboratorního stárnutí při užití trojnásobného procesu TFOT (stárnutí tenké vrstvy asfaltového pojiva na rotující misce po dobu 5 hodin a při teplotě 163 °C. Po procesu stárnutí se opět provedla zkouška přilnavosti se stejnými typy kameniva. V případě zvolených typů kameniva, které reprezentují různé petrografické složení, byla použita zrna 8/11 mm nebo 8/16 mm, která byla před vlastní zkouškou vždy omyta vodou a vysušena

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

na stálou objemovou hmotnost. Tímto postupem se standardně minimalizuje vliv prachových a jemných částic, které mohou být na povrchu zrn kameniva.

Výsledky

Zvolené typy kameniva reprezentují různé typy petrografického složení, se kterými se lze v ČR standardně setkat. Kamenolom Chlum se nachází nedaleko Doks a dle petrografického zařazení se těžená hornina nazývá fonolit (znělec). Kamenolom Brant se nachází nedaleko Rakovníka a drcené kamenivo se získává z žilné horniny žulového porfyru (mikrogranitu). Podstatnou součástí je křemen, draselný živec (ortoklas) a slída. Kamenolom Kobylí Hora se nachází nedaleko Prachatic. Přírodní drcené kamenivo je tvořeno metamorfovanou horninou šedozelené barvy s výskytem turmalínu a biotitu nazývaná granulit. Libodřice se nacházejí nedaleko Kolína a zde se vyskytující přírodní kamenivo vzniká drcením větších kusů amfibolitu. Kamenivo je typické nepravidelným, ostrohranným tvarem zrn, ostrými hranami a drsným povrchem. Kamenolom Litice se nachází nedaleko Plzně. Těženou horninou je spilit, což je výlevná, metamorfovaná hornina tmavošedé až zelenošedé barvy s afanitickou, mandlovcovou či variolitickou strukturou. Kamenolom Markovice se nachází u Čáslavi a jsou zde odkryty a těženy páskované amfibolity, které jsou místy pokryty křídovými sedimenty. Množství amfibolu v hornině přesahuje 50 %. Lom Měrunice se nalézá nedaleko Mostu a typickou horninu tvoří čedič. Jedná se o šedočernou vyvřelinu petrograficky tvořenou olivínovým nefelinitem s charakteristickou porfyrickou nebo sklovitou strukturou. Kamenivo Zbečno pochází z lomu Sýkořice v CHKO Křivoklátsko. Jedná se o sedimentární spilit s převahou břidlic, prachovců a drob. Kamenolom Zbraslav se nachází jižně od Prahy. Těží se zde horninová směs tufitů, metatufitů a spilitu, což jsou slabě metamorfované, převážně peliticko - psamitické horniny s vložkami efuziv bazického až kyselého rázu.

Nejprve byla pro všechny typy kameniva provedena zkouška přilnavosti s referenčním asfaltem 50/70. Nevyhovujících výsledků dosáhly 4 druhy kameniva, nejhůře dopadlo kamenivo z lokalit Brant a Kobylí hora, kdy po provedení zkoušky zůstalo obaleno pouze 50 % povrchu. Kvůli špatným výsledkům přilnavosti byly do asfaltového pojiva postupně přidány přilnavostní přísady, které oproti referenčnímu pojivu zlepšily přilnavost v průměru o 10 %. Rozdíly mezi jednotlivými použitými přísadami byly minimální, nelze tedy vybrat tu, která nejvíce zlepšuje přilnavost. Nejvyššího zlepšení bylo dosaženo u kameniv, která v případě použití čistého pojiva 50/70 nevyhověla, a to o 20-30 %.

Tab. 1 Přilnavost pojiva 50/70 a variant s přísadou Zycotherm a Wetfix.

Kamenivo	50/70 bez přísady			50/70 + 0,1% Zycotherm			50/70 + 0,3% Wetfix		
Markovice	B-C	85%	Vyhovující	B +	93%	Velmi dobrá	B-	87%	Vyhovující
Litice	B	90%	Velmi dobrá	B -C	85%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Libodřice	C	80%	Vyhovující	A-B	95%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá
Chlum	D +	73%	Nevyhovující	C -	77%	Vyhovující	C	80%	Vyhovující
Kobylí Hora	E	50%	Nevyhovující	C	80%	Vyhovující	C	80%	Vyhovující
Měrunice	C -	77%	Vyhovující	B +	93%	Velmi dobrá	B-C	85%	Vyhovující
Zbraslav	D	70%	Nevyhovující	C +	83%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Zbečno	C	80%	Vyhovující	B -C	85%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Brant	E	50%	Nevyhovující	C+	83%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující

V případě dvou přilnavostních přísad byly připraveny dvě úrovně koncentrace přísady v pojivu. Předpoklad, že zvýšené dávkování pozitivně ovlivní přilnavost, se v této studii nepotvrdil, jak je patrné z další tabulky. U obou použitých přísad při vyšším dávkování zůstalo průměrné procento obalení stejné, přičemž vyhodnocení konečného obalení bylo provedeno nezávisle vždy nejméně dvěma hodnotiteli. Pro zlepšení samotné přilnavosti proto není z hlediska vybraných typů kameniva nutné přísadu dávkovat ve vyšším množství.

Tab. 2 Přilnavost pojiva s přísadou Impact.

Kamenivo	50/70 + 0,3% Impact			50/70 + 0,6% Impact		
Markovice	B +	93%	Velmi dobrá	B-	87%	Vyhovující
Litice	B -C	85%	Vyhovující	B-	87%	Vyhovující
Libodřice	B +	93%	Velmi dobrá	C+	83%	Vyhovující
Chlum	C -	77%	Vyhovující	C	80%	Vyhovující
Kobylí Hora	B-C	85%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Měrunice	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá
Zbraslav	C +	83%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Zbečno	C	80%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Brant	C+	83%	Vyhovující			

Tab. 3 Přilnavost pojiva s přísadou AdHere.

Kamenivo	50/70 + 0,3% AdHere 65-00			50/70 + 0,6% AdHere		
Markovice	B	90%	Velmi dobrá	B-	87%	Vyhovující
Litice	B-C	85%	Vyhovující	C-D	75%	Vyhovující
Libodřice	A -	97%	Výborná	C+	83%	Vyhovující
Chlum	C	80%	Vyhovující	A-B	95%	Velmi dobrá
Kobylí Hora	C	80%	Vyhovující	C-D	75%	Vyhovující
Měrunice	B -	87%	Vyhovující	A-B	95%	Velmi dobrá
Zbraslav	B -	87%	Vyhovující	C+	83%	Vyhovující
Zbečno	C +	83%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Brant	C	80%	Vyhovující			

Následně bylo provedeno vlastní laboratorní stárnutí asfaltového pojiva s přísadami. U většiny typů kameniva došlo ke zlepšení stupně obalení jak při použití čistého asfaltu 50/70, tak i s přidanými přilnavostními přísadami. Největší rozdíl byl pozorován u samotného pojiva 50/70, kdy zestárlé pojivo zlepšilo stupeň obalení v průměru o 10 %. Oproti nezestárlému referenčnímu pojivu, kde ve zkoušce nevyhověly 4 typy kameniva, zestárlé pojivo 50/70 dostatečně neobalilo pouze kamenivo Brant, které tak ve zkoušce nevyhovělo.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Zestárlé přilnavostní přísady zlepšily stupeň obalení v menší míře, pozorováno bylo zlepšení od 2 do 7%. Nejmenší rozdíl mezi přilnavostí před a po stárnutí byl zaznamenán u přísad Zycotherm, Impact při nižším dávkování (0,3 %) a AdHere při vyšším dávkování (0,6 %). Z toho můžeme usoudit, že tyto přísady do určité míry snížily rychlost oxidativní degradace. Největší zlepšení přilnavosti po procesu stárnutí vykazovala přísada Wetfix.

Z výsledků je patrné, že stárnutí je ovlivněno právě typem použitého kameniva. Markovice zlepšily procento obalení při použití všech zestárlých pojiv. Celkového největšího průměrného zlepšení u zestárlého pojiva bylo pozorováno u kameniva Brant, Chlum a Kobylí Hora, tedy u kameniv, která bez použití přilnavostních přísad ve zkoušce nevyhověla. Naopak u zestárlého pojiva smíchaného s kamenivem z Libodřic bylo v průměru dosaženo horších výsledků, než při použití nezestárlého pojiva. U kameniva z Měrunic v průměru nedošlo téměř k žádnému zlepšení přilnavosti.

Tab. 4 Přilnavost zestárlého pojiva 50/70 a variant s přísadou Zycotherm a Wetfix.

Kamenivo	Zest. 50/70 bez přísady			Zest. 50/70 + 0,1% Zycotherm			Zest. 50/70 + 0,3% Wetfix		
Markovice	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá	A-	97%	Výborná
Litice	C-	77%	Vyhovující	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá
Libodřice	B-C	85%	Vyhovující	C+	83%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Chlum	A-	97%	Výborná	C	80%	Vyhovující	B+	93%	Velmi dobrá
Kobylí Hora	C-	77%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující	A-B	95%	Velmi dobrá
Měrunice	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá	B+	93%	Velmi dobrá
Zbraslav	B-C	85%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Zbečno	C	80%	Vyhovující	B	90%	Velmi dobrá	B-	87%	Vyhovující
Brant	D+	73%	Nevyhovující	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá

Tab. 5 Přilnavost zestárlého pojiva s přísadou Impact.

Kamenivo	Zest. 50/70 + 0,3% Impact			Zest. 50/70 + 0,6% Impact		
Markovice	A-B	95%	Velmi dobrá	B+	93%	Velmi dobrá
Litice	B	90%	Velmi dobrá	A-	97%	Výborná
Libodřice	B	90%	Velmi dobrá	A-B	95%	Velmi dobrá
Chlum	C	80%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Kobylí Hora	C-D	75%	Vyhovující	C+	83%	Vyhovující
Měrunice	B	90%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá
Zbraslav	C+	83%	Vyhovující	B	90%	Velmi dobrá
Zbečno	B-	87%	Vyhovující	B-	87%	Vyhovující
Brant	B-C	85%	Vyhovující			

Tab. 6 Přilnavost zestárlého pojiva s přísadou AdHere.

Kamenivo	Zest. 50/70 + 0,3% AdHere			Zest. 50/70 + 0,6% AdHere		
Markovice	A-B	95%	Velmi dobrá	B+	93%	Velmi dobrá
Litice	C	80%	Vyhovující	C	80%	Vyhovující
Libodřice	B-	87%	Vyhovující	B-	87%	Vyhovující
Chlum	A-B	95%	Velmi dobrá	B	90%	Velmi dobrá
Kobylí Hora	C+	83%	Vyhovující	C	80%	Vyhovující
Měrunice	B-	87%	Vyhovující	B-C	85%	Vyhovující
Zbraslav	B-C	85%	Vyhovující	C+	83%	Vyhovující
Zbečno	B	90%	Velmi dobrá	B-C	85%	Vyhovující
Brant	B-C	85%	Vyhovující			

Zvýšením dávkování přísady AdHere při hodnocení přilnavosti zestárlého pojiva dosáhneme nepatrně horších výsledků, naopak dvojnásobek přísady Impact stupeň obalení mírně vylepší. Není proto nutné zvyšovat dávkování přísad, abychom při zkoušce přilnavosti předešli procesu stárnutí. Přísady tento fenomén nijak neovlivní.

Závěr

Všechna zestárlá pojiva vykazovala lepší adhezi, což je v souladu se studií Hagose [4], který zjistil, že tvrdnutí pojiva způsobené stárnutím může zlepšovat odolnost vůči negativním účinkům vody. Ztvrdlé pojivo má mít větší adhezní sílu, nicméně se u něj zvýší náchylnost na tvorbu trhlin způsobených účinky zatížení od dopravy. U zestárlého referenčního pojiva došlo k největšímu zlepšení, v průměru se pohybovalo okolo 10 % oproti nezestárlému pojivu. U zestárlých pojiv s přimíchanými přilnavostními přísadami k tak velkému zlepšení nedošlo, použité přísady tak ochránily pojivo před negativním tvrdnutím způsobeným účinky stárnutí. Zvýšením dávkování přísady nedosáhneme ani po procesu stárnutí lepších výsledků. I po procesu stárnutí je patrný vliv druhu použitého kameniva, kdy u nevhodných kameniv (Chlum a Brant) došlo k nejvyššímu zlepšení přilnavosti po procesu stárnutí. Uvedené poznatky potvrdily význam provádění zkoušek stárnutí a ověření míry funkčnosti asfaltového pojiva a přísad po procesu stárnutí. Tyto výsledky je nezbytné postupně doplňovat o poznatky odolnosti asfaltových směsí proti účinkům vody.

Literatura

[1] Das, P., Balieu, R., Kringos, N., Birgisson B.: On the oxidative ageing mechanism and its effect on asphalt mixtures morphology. Materials and Structures [online]. 2015.

[2] Altman, J.: Podmínky provádění zkoušky vodní citlivosti u asfaltových směsí. Praha, 2014. Bakalářská práce. ČVUT v Praze.

[3] Horgnies, M., Darque-Ceretti, E., Fezai, H., Felder, E.: Influence of the interfacial composition on the adhesion between aggregates and bitumen: Investigations by EDX, XPS and peel tests. International Journal of Adhesion and Adhesives [online]. 2011.

[4] Hagos, E. T.: The Effect of Aging on Binder Properties of Porous Asphalt Concrete [online]. Delft University of Technology, 2008.

[5] Azirizad, M., Kavussi, A., Abdi, A.: Evaluation of the effects of anti-stripping agents on the performance of asphalt mixtures. Construction and Building Materials [online]. 2015, 84: 348-353 [cit. 2015-10-07].

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

NOVÉ TYPY BETONŮ PRO CB KRYTY VOZOVEK S VYUŽITÍM SMĚSNÝCH CEMENTŮ A VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ

Zpracovali: Ing. Aleš Kratochvíl, Ing. Tomáš Zavřel (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.); Ing. Jiří Šrůtka (Skanska, a.s.)

Souhrn

Cílem řešení bylo ověření možnosti alternativního využití tuzemských směsných cementů, resp. betonů, obsahujících vedlejší produkty průmyslových technologií užívaných na území ČR (např. jemně mletá vysokopecní granulovaná struska) v silničním stavitelství. Řešení projektu se v roce 2015 soustředilo především na zkoušky vybraných mechanicko-fyzikálních vlastností tohoto typu betonů, a to v čerstvém i ztvrdlém stavu. Zkoušky byly realizovány na betonech odebraných při betonáži experimentálního úseku cementobetonové vozovky v areálu firmy Skanska, a.s. ve Starém Městě u Uherského Hradiště.

Oblast použití

Výsledky řešení bude možno využít při výstavbě, opravách a rekonstrukcích cementobetonových:

1) krytů pozemních komunikací,
2) vzletových a přistávacích drah letišť i dalších letištních drah a ploch (např. stojánky),
3) parkovacích, odstavných a manipulačních ploch (např. logistická centra),
4) přímo pojížděných mostovek.

Metodika a postup řešení

Zkoušky čerstvého betonu

V rámci zkušebního úseku byla použita referenční betonová směs obsahující CEM I 42,5 Rsc a tři experimentální betonové směsi kde byl celkový objem použitého CEM I 42,5 Rsc nahrazen 15 %, 30 % a 45 % jemně mleté vysokopecní granulované strusky. Na těchto betonech byly ověřovány vlastnosti čerstvého a ztvrdlého betonu. Zkoušky ztvrdlých betonů byly provedeny v termínech 28, 56, 180 a 365 dnů od doby odebrání vzorků při betonáži. Odběr zkušebních těles byl proveden ze dvou autodomíchávačů (v tabulkách zkoušek čerstvých betonů označeny jako mix 1 a mix 2). Výsledky těchto zkoušek čerstvého betonu jsou uvedeny v následující části této zprávy.

Tab. 1 Výsledky zkoušek vlastností čerstvého betonu.

Charakteristika	100% cement		85% cement + 15% struska	
	mix 1	mix 2	mix 1	mix 2
teplota prostředí [°C]	13,1	15,9	14,9	16,8
teplota vzorku [°C]	20,6	22,2	21,5	21,4
zkouška sednutím [mm]	**30**	**30**	**40**	**40**
objemová hmotnost [kg/m^3]	**2330**	**2330**	**2340**	**2320**
obsah vzduchu [%]	**4,3**	**4,4**	**4,1**	**4,6**

Charakteristika	70% cement + 30% struska		55% cement + 45% struska	
	mix 1	mix 2	mix 1	mix 2
teplota prostředí [°C]	19,6	21,5	20,9	21,9
teplota vzorku [°C]	20,9	21,3	21,1	21,3
zkouška sednutím [mm]	**30**	**30**	**20**	**30**
objemová hmotnost [kg/m^3]	**2380**	**2350**	**2340**	**2330**
obsah vzduchu [%]	**2,8**	**3,7**	**4,0**	**4,4**

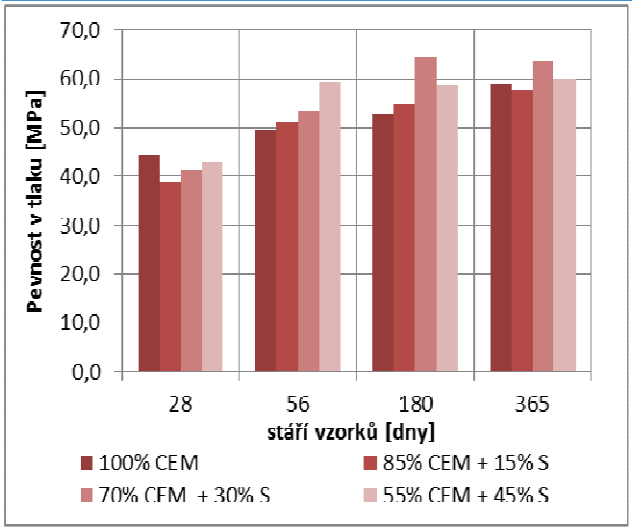
Zkoušky ztvrdlého betonu

Dále byly provedeny zkoušky všech výše uvedených betonů ve ztvrdlém stavu. V první fázi se jednalo o zkoušky pevnosti betonu v tlaku a v tahu ohybem (včetně zkoušky pevnosti na zlomcích trámců).

Tab. 2 Výsledky zkoušek pevnosti betonu v tlaku.

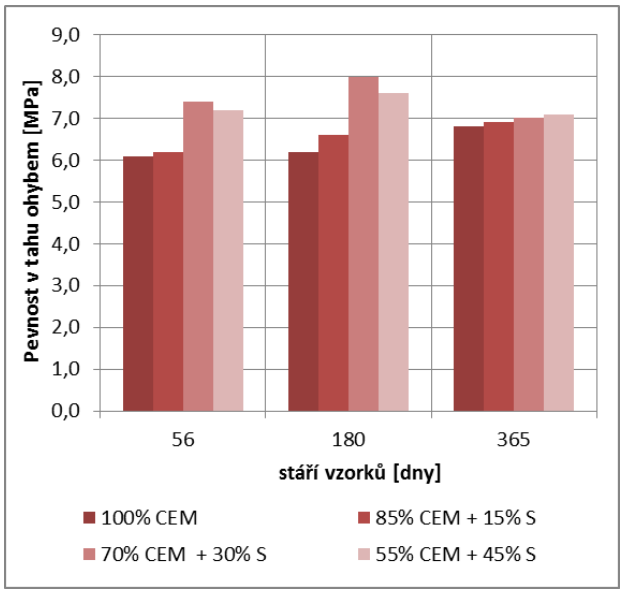
Zkouška	Dny	100% CEM	85% CEM + 15% S	70% CEM + 30% S	55% CEM + 45% S
Pevnost v tlaku [MPa]	**28**	44,3	38,8	41,4	42,8
	56	49,5	51,0	53,4	59,4
	180	52,7	54,7	64,3	58,7
	365	59,1	57,5	63,7	60,1

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Tab. 3 Výsledky zkoušek pevnosti v tahu ohybem.

Zkouška	Dny	Trámce 100x100x400 mm			
		100% CEM	**85% CEM + 15% S**	**70% CEM + 30% S**	**55% CEM + 45% S**
Pevnost v tahu ohybem [MPa]	**56**	6,1	6,2	7,4	7,2
	180	6,2	6,6	8,0	7,6
	365	6,8	6,9	7,0	7,1
		trámce 150x150x700 mm			
	365	-	6,3	6,8	6,9



Tab. 4 Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku na zlomcích.

Zkouška	Dny	**100% CEM**	**85% CEM + 15% S**	**70% CEM + 30% S**	**55% CEM + 45% S**
Pevnost v tlaku na zlomcích [MPa]	**56**	54,7	51,6	47,2	49,1
	180	38,2	36,1	49,1	52,1
	365	62,9	60,5	69,0	61,8

Zkoušky trvanlivosti

Zkoušky odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a CHRL byly provedeny jak na vzorcích odebraných při betonáži, tak na vývrtech. Jako zkušební metoda byla zvolena metoda C podle ČSN 73 1326. Jako zkušební tělesa byly použity válce o průměru 150 mm a výšky 300 případně vývrty průměru 150 mm. Z těchto těles/vývrtů byly následně ke zkouškám použity odřezy o výšce 50 mm, a to jak jejich povrchová část, tak i část středová. Tyto zkoušky nebyly ke konci roku 2015 z důvodu své časoví náročnosti dokončeny a budou pokračovat i v roce 2016. V následujících tabulkách jsou proto uvedeny pouze dílčí výsledky těchto zkoušek.

Tab. 5 Výsledky zkoušek odolnosti povrchu na vývrtech.

Označení receptury	**100% CEM**	**85% CEM + 15% S**	**70% CEM + 30% S**	**55% CEM + 45% S**
počet vzorků	**2 vývrty (povrch)**	**2 vývrty (povrch)**	**2 vývrty (povrch)**	**2 vývrty (povrch)**
25 c [g/m^2]	736 / 995	340 / 428	103 / 74	388 / 720
50 c [g/m^2]	856 / 1030	346 / 548	308 / 108	405 / 783
75 c [g/m^2]	873 / 1058	352 / 553	314 / 160	645 / 800
100 c [g/m^2]	878 / 1064	409 / 559	343 / 171	650 / 971
125 c [g/m^2]	918 / 1127	414 / 565	388 / 177	667 / 1097

Označení receptury	**100% CEM**	**85% CEM + 15% S**	**70% CEM + 30% S**	**55% CEM + 45% S**
počet vzorků	**2 vývrty (střed)**	**2 vývrty (střed)**	**2 vývrty (střed)**	**2 vývrty (střed)**
25 c [g/m^2]	17 / 34	34 / 46	34 / 29	80 / 40
50 c [g/m^2]	46 / 46	74 / 80	86 / 68	206 / 80
75 c [g/m^2]	86 / 86	114 / 126	165 / 114	360 / 143
100 c [g/m^2]	97 / 114	131 / 149	234 / 171	463 / 206
125 c [g/m^2]	143 / 143	211 / 177	342 / 251	685 / 326

Výsledky

Z dosud získaných výsledů je zřejmé, že experimentální betony s příměsí strusky jsou v pevnostních charakteristikách s betonem vyrobeným z portlandského cementu užívaného v silničním stavitelství srovnatelné. Konečné vyhodnocení celého experimentu bude možné až po dokončení zkoušek realizovaných za účelem porovnání trvanlivosti betonu.

Literatura

[1] Peter Bilgeri, Andreas Fuchs, Reiner Henneken: Innovation im Autobahnbau – Fahrbahndecke mit Hochofenzement CEM III/A 42,5 N.

[2] Neuer Zement für Beton-Fahrbahndecken CEM II/B-S 42,5 N (st).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

HLOUBKOVÁ ANALÝZA ASFALTOVÉHO R-MATERIÁLU Z HLEDISKA VLASTNOSTÍ ZDEGRADOVANÉHO ASFALTOVÉHO POJIVA

Zpracovali: Ing. Petr Mondschein, Ph.D., Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Za asfaltové směsi s vysokým obsahem R-materiálu je možné považovat ty, jejichž složení se vyznačuje obsahem R-materiálu >50 %-hm. Reálné možnosti přidávání R-materiálu do výroby směsí do podkladních vrstev jsou až 70 %-hm. V případě většího objemu výroby se výrobce dostává do situace, kdy musí kombinovat odfrézovaný a zpracovaný R-materiál z několika zdrojů a provádět homogenizaci tohoto vstupního materiálu. Pro udržení kvality/homogenity je nutné znát podrobněji vlastnosti asfaltového recyklátu resp. zrnitosti kameniva, obsahu asfaltového pojiva a jeho parametrů, než jak definují výrobkové normy řady ČSN EN 13108 [1, 2].

Řešení aktivity bylo zaměřeno na analýzu vlastností asfaltového pojiva v R-materiálu, který se nachází na zrnech kameniva různých velikostí s důrazem na vztah mezi množstvím pojiva, tj. tloušťky asfaltového filmu a empirickými vlastnostmi pojiva. Jedním z cílů aktivity mělo být určení vlivu množství pojiva ve směsi na termické a oxidativní stárnutí pojiva. Parametry stárnutí měly být popsány změnami empirických vlastností (penetrace, bod měknutí).

Oblast použití

Výsledky výzkumné aktivity resp. metodického řešení je možné využít u výrobců asfaltových směsí, kteří zpracovávají při výrobě větší množstvím R-materiálu. Pro homogenizaci R-materiálu je nutná podrobná znalost jeho vlastností. Při běžné analýze vlastností asfaltového pojiva obsaženého v R-materiálu ovlivňuje značně zjištěné hodnoty skladba (zrnitost) odebraného zkušebního vzorku. Tato širší analýza uvedený nedostatek z větší části eliminuje. Z detailních výsledků je možné na základě výpočtu, který je definován v [3], stanovit přesněji obsah asfaltového pojiva a jeho vlastností. Tyto výsledky je možné následně využít pro stanovení obsahu nově přidávaného pojiva do vyráběné asfaltové směsi, pro stanovení gradace přidávaného pojiva, nebo je na základě těchto údajů možné určit dávkování tzv. rejuvenátorů.

Metodika a postup řešení

V rámci řešení byly vybrány tři různé asfaltové R-materiály, od různých výrobců a z různých lokalit. Bylo tak zajištěno, že daný R-materiál nepochází ze stejného zdroje tj. stejné komunikace. Tento R-materiál byl analyzován standardně podle požadavků [1] a pak detailněji. R-materiál byl rozdělen do tří frakcí 0/2, 2/8 a kamenivo s velikostí zrna větší než 8 mm. Na takto připravených vzorcích byl vždy stanoven obsah asfaltového pojiva, bod měknutí a penetrace. Z čáry zrnitosti směsi kameniva byl stanoven měrný povrch kameniva a dopočítána tloušťka asfaltového filmu. Hodnoty empirických vlastností byly vzájemně porovnány v závislosti na tloušťce asfaltového filmu.

Laboratorně naměřené hodnoty pak byly dále využity pro výpočet obsahu pojiva, penetrace a bodu měknutí pro sumární vzorek. Tyto hodnoty byly srovnány s výsledky laboratorního měření, které bylo provedeno na standardním zkušebním vzorku. Získané výsledky podle [3], jsou stanovené výpočtem ze tří navzájem nezávislých výsledků. Tento postup stanovení vlastností R-materiálu částečně eliminuje jeho nestejnorodost v oblasti obsahu a vlastností asfaltového pojiva.

Výsledky

V tabulce 1 jsou uvedeny základní parametry analyzovaných R-materiálů tak, jak se provádí podle požadavků uvedených v [1]. Výrazně odlišnou skladbu kameniva má R-materiál s označením K, který obsahoval menší množství filerických částic, což deklaruje hodnota měrného povrchu kameniva. Vzhledem k těmto okolnostem byla vypočtená tloušťka asfaltového pojiva u tohoto vzorku největší. V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty základních empirických vlastností asfaltového pojiva, které byly zjišťovány na jednotlivých frakcích R-materiálu. Tyto výsledky vykazují větší variabilitu u penetrační zkoušky. Z provedeného detailního hodnocení nebylo možné prokázat, že hodnoty empirických vlastností asfaltového pojiva závisí na tloušťce asfaltového filmu, tento vztah vykazoval pouze R-materiál s označením S. Nedostatkem výpočtu

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

tloušťky asfaltového filmu je předpoklad, že 100 % zrn ve směsi je rovnoměrně obaleno, avšak u jemných zrn může docházet k jevu, kdy jsou zrna obalena společně a výsledná plocha směsi kameniva je tak menší. Bylo by tedy nutné provést mikroskopovou analýzu, která by objasnila tuto problematiku a mohla tak upřesnit výpočet aktivního povrchu kameniva.

Tab. 1 Přehled analyzovaných R-materiálů.

Označení R-materiálu		K	S	R
Složení R-materiálu v % hmotnosti	> 8	17	22	17
	2/8	53	48	39
	0/2	30	32	44
Obsah pojiva v %		5,4	4,7	5,4
Měrný povrch $m^2.kg^{-1}$		11,03	17,21	17,22
Tloušťka filmu v mm		0,0051	0,0028	0,0032
Penetrace v $mm.10^{-1}$		23	18	41
Bod měknutí v °C		61,6	61,6	55,6

Tab. 2 Přehled empirických vlastností asfaltových pojiv v R-materiálu dle sledovaných frakcí kameniva.

Označení R-materiálu		K	S	R
Penetrace v $mm.10^{-1}$	> 8	24	19	52
	2/8	26	25	52
	0/2	31	21	40
Bod měknutí v °C	> 8	61,4	68,6	52,2
	2/8	58,0	66,0	51,8
	0/2	55,2	66,7	52,8

V tabulce 3 je uveden obsah asfaltového pojiva ve směsi, bod měknutí a penetrace asfaltového pojiva, který byl stanoven výpočtem z hodnot zjištěných při analýze samostatných frakcí R-materiálu. Výpočet kvantifikuje výsledné vlastnosti na základě postupu, který je uveden v [3]. Reflektuje skutečný obsah pojiva v celkovém vzorku R-materiálu. Výsledky v tabulce 3 byly určeny z šesti dílčích vzorků, výsledky v tabulce 1 pouze ze dvou vzorků.

Tab. 3 Přehled empirických vlastností asfaltových pojiv a jeho množství v R-materiálu dle výpočtu.

Označení R-materiálu	K	S	R
Obsah pojiva v %	5,3	5,6	5,0
Penetrace v $mm.10^{-1}$	28	22	44
Bod měknutí v °C	57,1	66,7	52,5

V závěrečné tabulce 4 jsou vyčísleny rozdíly mezi laboratorně stanovenými hodnotami, kdy byl analyzován celý vzorek R-materiálu, a mezi vypočtenými hodnotami, pro které byly podkladem laboratorně získané hodnoty dílčích vzorků R-materiálu rozdělených podle velikosti kameniva. Mezi zjištěnými rozdíly nelze vyvozovat závěry a určovat trendy. Lze však konstatovat, že rozdíly jsou dosti velké, aby bylo ovlivněno dávkování asfaltového pojiva a rejuvenátoru při výrobě nových směsí. S vyšším obsahem dávkovaného R-materiálu je tento jev výraznější. V případě dávkování 50 % R-materiálu do nové směsi se u vzorku s označením S jedná o 0,5 % rozdíl v obsahu pojiva ve směsi.

Tab. 4 Srovnání mezi hodnotami vypočtenými a stanovenými z laboratorní zkoušky (souhrnný vzorek).

Označení R-materiálu	K	S	R
Obsah pojiva v %	0,1	-0,9	0,4
Penetrace v $mm.10^{-1}$	4,5	-5,1	3,1
Bod měknutí v °C	-4,8	-4,3	-3,1

Závěr

Z provedených laboratorních zkoušek a následného srovnání výsledků, lze vyslovit následující závěry. Variabilita výsledků vlastností asfaltového pojiva obsaženého v R-materiálu je značná. Rozptyl výsledků je závislý kromě zdroje R-materiálu zejména na charakteru zkoušeného vzorku (jeho zrnitosti).

Byl potvrzen známý fakt, že menší zrna jsou nositelem pojiva ve směsi a to více než 2x. Nepodařilo se prokázat závislost mezi tloušťkou asfaltového filmu a empirickými vlastnostmi zpětně získaného pojiva. Tím není řečeno, že tato závislost neexistuje, ale pro její stanovení je nutné u každého druhu R-materiálu provést více než dvě měření a to z důvodu nehomogenity materiálu.

Postup stanovení vlastností pojiva a jeho obsahu v R-materiálu podle tří frakcí kameniva a za použití výpočtu eliminuje vliv nehomogenity zkušebního vzorku na výsledek. Zjištěné rozdíly mezi oběma přístupy je takový, že je nezbytné se danou problematikou dále zabývat a upřesnit okrajové podmínky širší analýzy asfaltového recyklátu, pokud má být množství využití R-materiálu v asfaltových směsích dále optimalizováno (zvýšeno).

Literatura

[1] ČSN EN 13108-8. Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 8: R-materiál. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[2] ČSN EN 13108-20. Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 20: Zkoušky typu. Praha: Český normalizační institut, 2009.

[3] ČSN EN 13108-5. Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 5: Asfaltový koberec mastixový. Praha: Český normalizační institut, 2008.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VLIV REJUVENÁTORU V ASFALTOVÉ EMULZI PRO SMĚSI RECYKLACE ZA STUDENA NA CHARAKTERISTIKY VÝSLEDNÉ SMĚSI

Zpracovali: Ing. Jan Suda, Bc. Adriana Kotoušová, Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Technologie recyklace asfaltových vozovek za studena je zavedeným standardem a běžně používanou skupinou technických řešení využívajících asfaltovou emulzi, zpěněný asfalt, hydraulická pojiva nebo kombinace uvedených pojiv. V ČR dosud nebyla věnována pozornost možnostem intenzivnější aktivace asfaltového pojiva obsaženého v R-materiálu. Toho lze v zásadě dosáhnout buď ohřevem tohoto materiálu a tím vyvoláním částečné reaktivity zdegradovaného asfaltového pojiva nebo použitím vhodných oživovacích přísad, které i při běžné venkovní teplotě umožní docílit určité zvýšené reaktivity tohoto pojiva a navíc v lepším případě umožní zmírnit míru degradace např. změkčením daného pojiva či ovlivněním jeho oxidačního potenciálu a přítomnosti některých charakteristických organických skupin, které odpovídají pokročilé degradaci. S ohledem ke skutečnosti, že směsi recyklace za studena se realizují s vyloučením ohřevu materiálových složek (vyjma výroby zpěněného asfaltu), nepřipadá první přístup k vyšší aktivaci asfaltového pojiva v recyklátu v úvahu. Nabízí se proto řešení, kdy se aplikují vybrané oživovací přísady. Jelikož zejména v případě variant provedení technologie na místě není myslitelné ošetření a promísení materiálu staré vozovky vhodným chemickým aditivem, které by po určité době penetrovalo do materiálu a vyvolalo reaktivitu pojiva, je jediným možným přístupem taková úprava asfaltové emulze, která umožní, aby toto pojivo ve svém chemickém složení neslo i oživovací látku (rejuvenátor). To samozřejmě vyžaduje chemickou optimalizaci asfaltové emulze, aby si zachovala potřebnou stabilitu. Pro potřeby řešení tohoto problému byly společností PARAMO a.s. připraveny dva typy emulze, kdy jedna – po předešlých optimalizačních procesech – nesla právě oživovací přísadu. Obě emulze se aplikovaly s identickou recepturou pro výrobu za studena recyklované směsi, jakož i pro laboratorně simulovaný proces opakované recyklace s cílem prokázat účinek a přínos emulze s rejuvenátorem.

Oblast použití

Využití poznatků sledovaných touto dílčí aktivitou nalezne uplatnění především v oblasti technologie recyklace za studena, a to včetně vícenásobného provádění tohoto typu řešení souvislé opravy vozovek. Taková úprava má přinést vyšší přidanou hodnotu pro vlastní technologii a nově provedené úpravě má zvýšit trvanlivost a pomalejší degradaci v čase s vyváženými funkčními parametry pokud možno jak při vyšších teplotách, tak i při nízkých teplotách charakteristických zejména pro zimní období. Současně by toto řešení mělo vést k možnosti dalšího snížení optimálního množství používané asfaltové emulze, a to díky skutečnosti, že se mnohem lépe aktivuje asfalt obsažený v recyklovaném materiálu.

Metodika a postup řešení

Pro vlastní posouzení byla zvolena směs recyklace za studena, která byla opakovaně testována a využívána i v rámci evropského projektu CoRePaSol. Tato směs využívá asfaltový R-materiál 0/22 mm nebo 0/11 mm, který je zpravidla odebírán na skládce předrceného a přetříděného asfaltového recyklátu obalovny Středokluky. Pro potřeby provedeného porovnání byl navíc pro některé zkoušky a varianty navržených směsí recyklace za studena materiál získán uměle, a to předrcením zkušebních těles směsí recyklace za studena, které byly vystaveny simulovanému dlouhodobému stárnutí po dobu 5 dní při teplotě 85 °C s nuceným oběhem teplého vzduchu. Oproti výchozím variantám směsi recyklace za studena došlo při aplikaci vícenásobně recyklovaného asfaltového materiálu dále k úpravě množství asfaltové emulze, jejíž podíl ve směsi byl snížen o 1,5 %-hm. v orovnání s dlouhodobě testovaným variantám s 3,5 %-hm. asfaltové emulze.

Pro výrobu směsí recyklace za studena byly zvoleny dva typy asfaltové emulze, která v souladu s ČSN EN 13808 odpovídá třídě C60B7.

- emulze Katebit PS, s označením směsi recyklace za studena CK nebo A-PS 0/11 t.01-09,

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

- emulze Katebit P60 Fv s obsahem 58,7 % asfaltu a rejuvenátorem, s označením směsi recyklace za studena CR nebo A-Fv 0/11 t.01-09.

V případě vícenásobné recyklace asfaltového materiálu byly obě asfaltové emulze aplikovány do směsi recyklace za studena, která byla získána laboratorním předrcením dříve vyrobené studené směsi recyklace, u které bylo aplikováno kombinované pojivo asfaltové emulze a cementu. Původní směs byla laboratorně zestárnuta, následně v čelisťovém drtiči předrcena na 0/11 mm a využita pro opětovnou výrobu recyklované směsi. Souběžně s tím jsou uvedeny i výsledky takto vícenásobně recyklovaného materiálu, u kterého byla použita jiná asfaltová emulze, a to v první polovině roku 2015. Tato směs srovnatelná s variantou A-PS 0/11 je označena „REC_SA“. V některých variantách byla navíc zvolena i kombinace s cementem.

Provedeny byly obvyklé pevnostní (pevnost v příčném tahu) a deformační zkoušky (tuhost, šíření trhliny) pro střední a nízké teploty, jakož i ověřena odolnost proti účinkům vody.

Výsledky

Dále uvedená tabulka 1 shrnuje výsledky empirických charakteristik posuzovaných směsí. Z výsledků je patrné, že z hlediska těchto charakteristik nemá přítomnost rejuvenátoru v emulzi směsi A-Fv 0/11 (dvojnásobná recyklace) na výsledné hodnoty vliv. Oproti tomu, je-li asfaltová emulze aplikována do směsi s R-materiálem odebraným na deponii předrceného a přetříděného materiálu, je zde patrný mírný pokles hodnoty mezerovitosti. Směsi vykazují standardní úroveň mezerovitosti dle požadavků TP208.

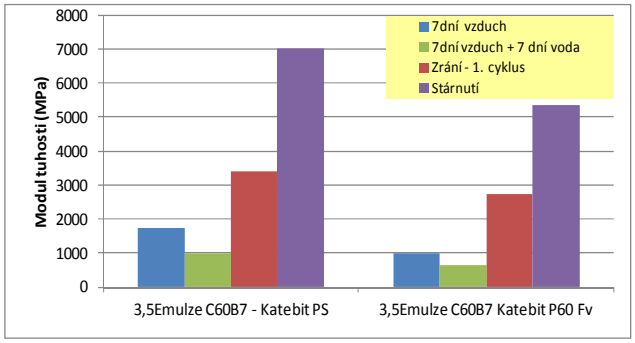
Tab. 1 Empirické charakteristiky posuzovaných směsí.

Směs recyklace za studena	Obj. hm. zhutněná ($g.cm^{-3}$)	Obj. hm. nezhutněná ($g.cm^{-3}$)	Mezerovitost (%-obj.)
Směs CK	2,123	2,326	8,7
Směs CR	2,162	2,328	7,1
A-PS 0/11	2,068	2,353	12,1
A-Fv 0/11	2,040	2,333	12,5
REC_SA	2,017	2,328	13,1
REC_A 0/22	2,178	2,388	8,9
REC_C (0/22)	2,140	2,407	11,1

Poněkud jiná situace nastala v případě posouzení deformačních a pevnostních charakteristik, které byly stanoveny modulem tuhosti a pevností v příčném tahu. Moduly tuhosti byly stanoveny jako průměr 4 nebo 9 zkušebních těles a grafické porovnání je uvedeno na obrázku 1. Pevnost v příčném tahu byla stanovena pro suchá a nasycená zkušební tělesa vždy ze tří zkušebních těles. Výsledky dále shrnuje i tabulka 2, kde jsou uvedeny pevnostní charakteristiky a moduly tuhosti pro zkušební tělesa, která byla vystavena zrychlenému stárnutí popsanému výše.

Tab. 2 Pevnostní a deformační charakteristiky posuzovaných směsí po zrychleném zrání.

Směs recyklace za studena	Pevnost v příčném tahu @15°C (MPa)	ITSR (%)	Tuhost @15 °C (MPa)
Směs CK	0,79	-	3 419
Směs CR	0,67	-	2 737
A-PS 0/11	0,91	62,2	4 269
A-Fv 0/11	0,73	79,3	3 087
REC_SA	0,80	83,8	3 161
REC_A 0/22	1,19	-	3 943
REC_C 0/22	0,96	-	2 100



Obr. 1 Porovnání hodnot modulu tuhosti směsí recyklace za studena se dvěma použitými typy asfaltové emulze.

Směs recyklace za studena	Lomová houževnatost ($N/mm^{3/2}$)	Napětí při porušení (MPa)	Přetvoření při porušení (%)
A-PS 0/11	16,41	2,80	1,59
A-Fv 0/11	15,06	2,57	1,39
REC_SA	15,03	2,38	1,96

Závěr

Je patrné, že rejuvenátor obsažený v asfaltové emulzi má z hlediska pevnostních a deformačních charakteristik určitý vliv na výsledné hodnoty směsí recyklace za studena. Dochází k poklesům těchto charakteristik. Současně se projevuje zlepšení z hlediska posouzení trvanlivosti stanovením poměrů pevnostní v příčném tahu. Nicméně při posouzení charakteristik v oboru nízkých teplot tato přednost směsí recyklace za studena s emulzí obsahující rejuvenátor již není zcela dána. Pokud dochází k simulovanému stárnutí směsi recyklace za studena, není jasné, zda nedochází k rychlejší ztrátě účinku rejuvenátoru a směs v konečném důsledku sice dosahuje vyššího nárůstu pevnosti, ale s rizikem zvýšeného nebezpečí zkřehnutí asfaltové směsi recyklované za studena. Tyto aspekty tak je nezbytné dále ověřovat

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

POSOUZENÍ VÍCENÁSOBNÉ RECYKLOVATELNOSTI U ASFALTOVÝCH SMĚSÍ PROVÁDĚNÝCH ZA HORKA

Zpracovali: Ing. Tereza Valentová, Ing. Jan Valentin, Ph.D., Bc. Adriana Kotoušová (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Problematika opakované recyklace asfaltových vrstev vozovek se v příštích letech začne dotýkat rostoucího počtu vozovek, kde v minulosti byla provedena některá z recyklačních technologií. Jednodušší je přitom situace v případech, kde byla recyklována asfaltová vrstva použitím odfrézovaného materiálu do nové asfaltové vrstvy vyrobené na obalovně. Zde zpravidla docházelo již v uplynulých letech k mnohem důslednější optimalizaci návrhu složení směsí s cílem eliminovat nadměrné zvyšování obsahu asfaltového pojiva ve výsledné směsi. Jiná situace nicméně nastává v případě technologií prováděných za horka či za studena na místě, či obecně u technologie recyklace za studena na místě, kde se obsah asfaltového pojiva v recyklátu nijak nezohledňuje a tudíž v čase může docházet ke zvyšování tloušťky asfaltového filmu, který následně má z hlediska funkčnosti kompozitu, pokud je aplikován opakovaně a k tomu za horka, své limity. Pro tento účel byla provedena simulace takového procesu s posouzením vybraných charakteristik asfaltové směsi. Byl zvolen běžně dostupný asfaltový recyklát, který byl použit pro laboratorní návrh a výrobu asfaltové směsi recyklované za studena. Tato směs byla v laboratorních podmínkách podrobena simulaci stárnutí a následně s využitím čelisťového drtiče došlo k jejímu předrcení a opětovnému použití jako recyklovaného materiálu ve směsi tentokrát recyklované na obalovně za horka, tzn. použití jako substituentu části kameniva a pojiva na obalovně. Pro nově získaný typ kompozitu byl definován a proveden soubor zkoušek s posouzením zejména deformačních charakteristik a trvanlivosti.

Oblast použití

Řada vozovek byla od poloviny devadesátých let postupně recyklována, přičemž od přelomu tisíciletí se zvyšuje využívání technologie recyklace za studena, a to v použití různých kombinací používaných pojiv. Dosud v minimální míře bylo potřebné řešit opakovanou recyklaci takto dříve recyklovaných materiálů, nicméně vzhledem k obvyklé životnosti asfaltových nebo polotuhých konstrukčních vrstev vozovky lze v nadcházejících letech předpokládat nezbytnost účinného využití materiálu, který již jednou byl recyklaci vystaven. Pro tento účel je potřebné nejen ověřit vlastnosti nové asfaltové směsi, která bude takový materiál obsahovat, nýbrž současně specifikovat i limity z hlediska použitelného podílu vícenásobně recyklovaného materiálu v asfaltové směsi, tak i zejména z hlediska meze pro účelné přidávaní nového asfaltového pojiva a případně modifikace takového pojiva. Získané poznatky tak mají bezprostřední využití v asfaltových vozovkách, které se běžně realizují nebo budou realizovat na pozemních komunikacích v ČR.

Metodika a postup řešení

Vlastní postup řešení vychází z možnosti využít směs recyklace za studena v asfaltové směsi běžně vyráběné na obalovně. Z hlediska využitelnosti vícenásobně recyklovaných materiálů v asfaltových směsích prováděných za horka tak byla zvolena a navržena referenční směs ACO 11 v souladu s požadavky ČSN EN 13108-1, dále varianty této směsi se snížením výrobní teploty a za použití dále uvedených přísad, které mají napomoci minimalizovat další degradaci materiálu a současně zlepšit zpracovatelnost. První použitou přísadou byl Evotherm, kdy se jedná o povrchově aktivní látku určenou pro výrobu nízkoteplotních asfaltových směsí. Teplota hutnění směsí se dá snížit až o 30 °C, čímž lze ušetřit přibližně 20 % energie. Snížení pracovních teplot má také pozitivní vliv na produkci emisí. Evotherm obecně zajišťuje lepší zpracovatelnost a přilnavost pojiva ke kamenivu. Druhou přísadou využitou v rámci výroby směsí byla aplikace FT parafínu. Ve směsi bylo použito 20% znovu předrceného asfaltového R-materiálu frakce 0/22 směsi recyklace za studena, která se vyznačovala pouze přítomností asfaltové emulze v množství 3,5 %-hm.

Z hlediska prováděných zkoušek byl zvolen standardní soubor, který v případě asfaltového betonu pro obrusné vrstvy zahrnuje stanovení mezerovitosti, odolnosti proti trvalým deformacím,

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

posouzení deformačního chování ověřeným tuhosti směsi a posouzením trvanlivosti, která není normově požadovanou charakteristikou, s ohledem k možným účinkům vody však má své opodstatnění.

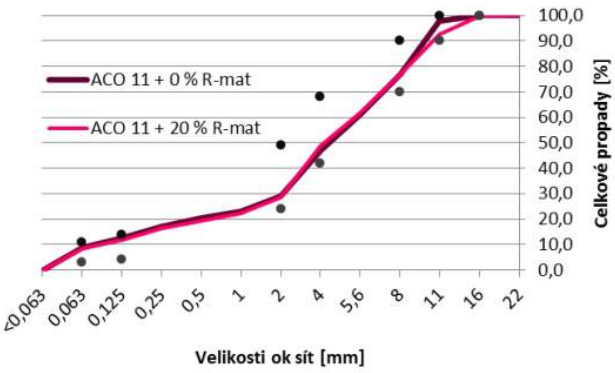
Výsledky

Pro výrobu směsí recyklace za studena byl použit R-materiál 0/22 mm z obalovny Středokluky. V souladu s TP 208 byla pro návrh směsi a následnou výrobu směsi použita asfaltová kationaktivní emulze typu C60B7 od společnosti Eurovia CS. Pro výrobu zpěněného asfaltu (pěnoasfaltu) byl použit silniční asfalt 70/100 odpovídající požadavkům ČSN EN 12591. Dále se jako hydraulické pojivo použil Portlandský cement směsný s označením CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R. Byly vyrobeny 4 varianty směsi, přičemž pro aplikaci ve směsi ACO byl zvolen následně jen typ s použitím asfaltové emulze jako pojiva.

U směsí stmelených asfaltovou emulzí se zkušební tělesa uložila na 24 hodin při 90-100% vlhkosti a teplotě (20±2) °C, a byla vystavena zrychlenému zrání (temperovaná komora s teplotou 50 °C a vlhkostí 40-70 % po dobu 72 hodin). V dalším cyklu byla zkušební tělesa vystavena účinku stárnutí, které simulovalo vlastnosti směsi uložené v konstrukci vozovky na konci životnosti (uložení zkušebních těles do temperované komory při teplotě 85 °C po dobu 9 dnů). Následně se provedlo laboratorní předrcení zkušebních těles na frakci 0/11 mm.

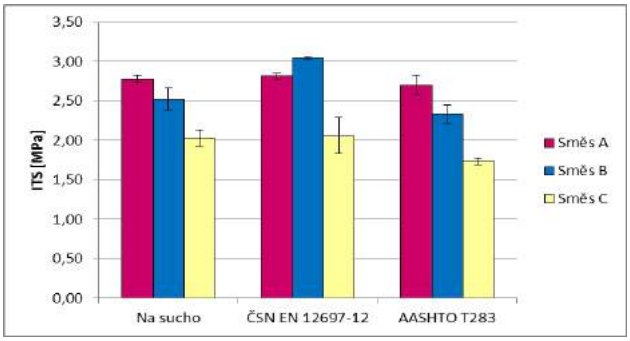
Obr. 1 Opětovně předrcený asfaltový materiál.

Poté byla navržena vlastní směs ACO11+, a to ve variantě s 0 % opakovaně recyklovaného R-materiálu a s 20 % tohoto materiálu.



Obr. 2 Navržená čára zrnitosti směsi ACO11+.

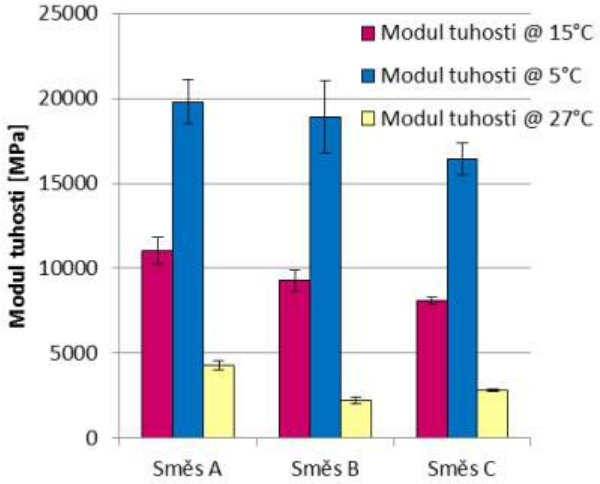
Výsledky zkoušky pevnosti v příčném tahu jsou uvedeny na obr. 3., a to včetně dvou přístupů stanovení nepříznivých účinků vody na trvanlivost asfaltové směsi. Porovnáním prvních dvou skupin zkušebních těles docházíme k závěru, že nasycením zkušebních těles nedochází k poklesu pevností v příčném tahu, nýbrž k nepatrnému nárůstu u všech tří směsí. V případě směsi A i C není tento nárůst nijak výrazný, ovšem v případě směsi B se jedná o zhruba 0,5 MPa, poměr pevností v příčném tahu je tedy v tomto případě 120,8 %. Z provedených laboratorních měření lze usuzovat, že ověřované směsi nemají tendenci k poklesu pevností v příčném tahu vlivem působení vody, nepatrný vliv se prokázal u varianty s jedním zmrazovacím cyklem.



Obr. 3 Výsledky zkoušky pevnosti v příčném tahu (směsi s 20 % R-materiálu).

Dle dosažených výsledků sledované směsi vyhovují meznímu požadavku ITSR 70 %, který je požadován pro směsi ACO 11+ normou ČSN EN 13108-1, a to jak pro postup dle ČSN EN 12697-12, tak i pro americký přístup s jedním zmrazovacím cyklem.

Moduly tuhosti byly stanoveny v souladu s ČSN EN 12697-26 metodou IT-CY při třech různých teplotách. Pro stanovení tuhosti byl vybrán tradiční postup používaný v ČR, kdy je pro definovanou cílovou deformaci provedeno pět zatěžovacích pulsů pro dva směry zatížení. Byla provedena řada opakovaných měření pro vybrané teploty.



Obr. 4 Výsledky zkoušky stanovení modulu tuhosti (směsi s 20 % R-materiálu).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Vliv na tuhost asfaltových směsí má jednak asfaltové pojivo obsažené v R-materiálu, které je zestárlé a bude tedy tužší s jinými parametry než pojivo nově přidávané do směsi. Jak je patrné z výsledků, nejnižších hodnot dosáhla směs s přísadou FTP, tedy s nejvyšší mezerovitostí, ne zcela to však potvrzuje měření při teplotě 27 °C. Nejlepších výsledků naměřených modulů tuhosti dosáhla směs A, do které bylo přidáno asfaltové pojivo gradace 50/70. V případě této směsi dosahují moduly tuhosti hodnot v průměru 11 000 MPa při teplotě 15 °C, v případě směsi B je tato hodnota 9 250 MPa, u směsi C pak 8 100 MPa. Tyto výsledky potvrzují naměřené hodnoty pro pevnosti v tahu za ohybu (nejsou zde prezentovány).

Závěr

Vícenásobná recyklace asfaltových vrstev je závislá na procesu stárnutí v průběhu životnosti materiálu uloženého v konstrukci vozovky, který je vystaven klimatickým podmínkám a účinkům silniční dopravy. Vícenásobné použití asfaltového R-matriálu je dle dosavadních experimentálních poznatků možný a vhodný způsob pro snížení spotřeby neobnovitelných zdrojů (kamenivo, asfaltové pojivo). Současně je to způsob ochrany životního prostředí a docílení úspor veřejných finančních prostředků. Tento příspěvek hodnotí účinky vlivu stárnutí na směsi vyrobené technologií recyklace za studena a jejich opětovné použití do směsí recyklovaných za studena či za horka.

Získané poznatky jednoznačně identifikují potenciál opakovaného využití asfaltového materiálu s docílením zajištění jeho vyšší přidané hodnoty. Ukazuje se nicméně, že pravděpodobně účelná a tudíž nezbytná k ověření je vhodná kombinace tří faktorů – přísada pro snížení pracovní teploty výroby asfaltové směsi, další optimalizace snižování potřebného množství nově přidávaného asfaltového pojiva a možnosti kombinace s využitím dalších chemických přísad, které by aktivovaly v mnohem lepší podobě zdegradovaný asfalt obsažený v asfaltovém recyklátu – tím bude možné účelně omezit efekty vícenásobného obalení kameniva.

Literatura

[1] TP208. Recyklace konstrukčních vrstev netuhých vozovek za studena. Olomouc: Ing. Jan Zajíček– APT SERVIS, 2009. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/TP%20208.pdf

[2] Kalman, B., et al.: Re-road – End of life strategies of asphalt pavements. Project Final Report, deliverable 7.3. Dostupné z: http:///re-road.fehrl.org/

[3] Mollenauer, K., Simnofske, D., Valentová, T., Kotoušová, A., Valentin, J., Batista, F.: CoRePaSol: Report on recyclability and multiple recyclability of cold/recycled asphalt mixes in cold and hot recycling. September 2014 (2015), Deliverable D4.2, ČVUT v Praze.

[4] ČSN EN 12697-26. Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 26:Tuhost. Úřad pro technickou normalizaci, Září 2012.

[5] ČSN EN 12697-23. Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 23:Stanovení pevnosti v příčném tahu. Český normalizační institut, Březen 2005.

[6] ČSN EN 12697-12. Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 12: Stanovení odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě. Úřad pro technickou normalizaci, Únor 2009.

[7] AASHTO Designation: T 283-03. Standard Method of Test for: Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture-Induced Damage. Washington: American Association of State and Highway Transportation Officials, January 2007.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ROZVOJ UPLATNĚNÍ EFEKTIVNÍCH NÁSTROJŮ A PODMÍNEK PRO MODELOVÁNÍ DOPRAVNÍCH STAVEB VE 3D VČETNĚ VIZUALIZACE

Zpracoval: Ing. Josef Žák, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V rámci činnosti v roce 2015 byly vybrány dvě stavby k uplatnění a ověření postupů pro modelování dopravních staveb ve třech a více rozměrech. Jedná se o tyto stavby: rychlostní silnice R4 Skalka-křižovatka II/118 a Zdvoukolejnění úseku trati Stéblová – Opatovice nad Labem. Zhotovitelem obou staveb je společnost SKANSKA a.s. Pro tyto dvě stavby byly připraveny modely v programech společností Autodesk a Trimble. Tyto modely byly dále použity na stavbě jako podklad pro navádění a řízení stavebních strojů, kontrolu návazností a kolizí.

V rámci činnosti bylo taktéž použito metod laserového skenování, jako efektivní a přesné metody pořízení podkladů pro modelování dopravních staveb, vyhodnocení kubatur a kvalit během výstavby.

Dále byl vyvinut program „RIRI“ určený k hodnocení geometrických vlastností, podélných a příčných nerovností (Roughness) a mezinárodního indexu nerovností (IRI).

Oblast použití

Použití postupů určených k přípravě modelů dopravních staveb se předpokládá u staveb, kde je vhodné využití prvků informačního modelování (BIM). Modelování dopravních staveb ve třech a více rozměrech má své přínosy pro stavby, kde je zapotřebí:

- Koordinace více profesí (zakládání staveb, zemní práce, pokládka vozovkového souvrství, sítě, mosty, tunely, dílčí stavební objekty…).
- Náročnější prostorová geometrie (portály tunelů, propustků, mosty, klopení vozovky a zemní pláně, souběh sítí, zakládání stavebních objektů, napojení na stávající stav, …).
- Vizualizace (slouží pro účely prezentace záměru netechnické veřejnosti i jako nástroj pro koordinační schůzky).
- Využití modelů během výstavby (řízené stavební stroje, vyhledávání informací o stavbě v modelu namísto výkresů, optimalizace harmonogramů, …).
- Kontrola provedených prací:
  - Model lze využít k vizualizaci průběhu výstavby a kontrole objemů, tlouštěk a provedených prací.
  - Dále lze model a vyvinutý program RIRI použít ke kontrole geometrických kvalit vrstev vozovek dle ČSN a TKP.
- Automatizace stavební výroby (model stavby lze použít jako prostředek pro prefabrikaci částí stavebních objektů, kontrolu a přejímku materiálu a výrobků na stavbu dodávaných. Model je základem pro použití technologií řízených stavebních strojů během výstavby).
- Využití dat během životním cyklu stavby (předpokladem je další použití modelu stavby investorem, tedy předání informačního modelu stavby doplněného o data z výstavby investorovi k jeho dalšímu využití během životního cyklu stavby).
- Rekonstrukce (v porovnání se stávajícími metodami používající 2D modely se jedná o optimalizaci geometrických parametrů na základě analýz stávajícího stavu, zvýšení kvality jízdních vlastností, zlepšení odvodnění metodou plošné analýzy sklonů a optimalizace objemů materiálů metodami 3D reprofilace).

Metodika a postup řešení

V roce 2015 pokračovala příprava 3D modelů stavby rychlostní silnice R4 Skalka-křižovatka II/118. V druhé polovině roku 2015 byla pro tuto stavbu zahájena příprava realizační dokumentace stavby (RDS). Data poskytnutá projektantem RDS, v otevřeném formátu (DWG) i v uzavřeném formátu (PDF), jsou dále používána pro přípravu 3D modelu stavby. Tento model je používán k provedení analýz a kontrol jak modelu, tak dokumentace, z níž model vychází. Jsou kontrolovány napojení jednotlivých stavebních objektů vzájemně a napojení na stávající stav. Dále je model používán k připomínkování RDS

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ze strany zhotovitele. Model stavby, konkrétně hrany a 3D plochy jsou dále nahrávány do GNSS řízených stavebních strojů. Je používáno laserového skenování za účelem výpočtu objemů zemních prací a kontrole provedených stávajících prací.

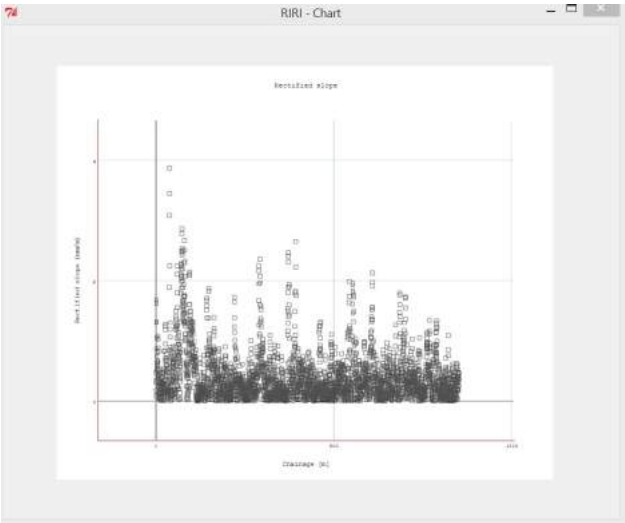
Na stavbě železniční trati Stéblová – Opatovice nad Labem byl připraven model stavby za účelem provádění stavby GNSS řízenými stavebními stroji. Modelu bylo použito pro vytyčení části stavby a pro realizaci stavby stroji s 2D (laserově) řízenou nivelací.

V roce 2015 bylo taktéž připraveno grafické rozhraní programu RIRI, tak aby bylo umožněno použití tohoto programu širší veřejností.

Výsledky

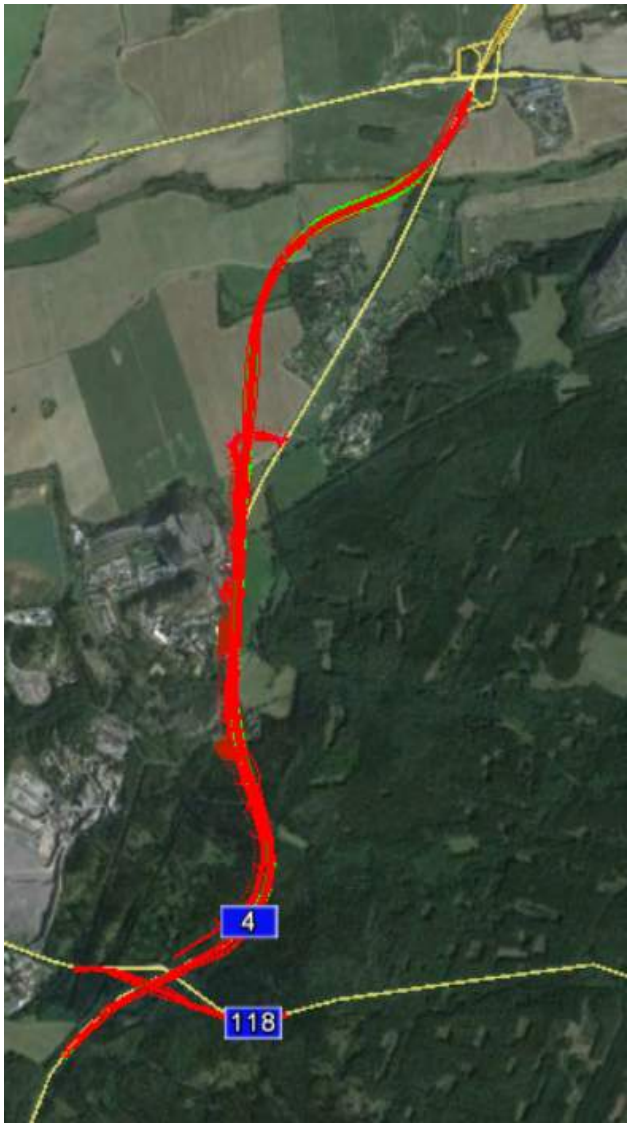
V roce 2015 byla započata práce na přípravě dvou informačních modelů (BIM). První modelovanou stavbou je úsek modernizace železniční trati „Zdvoukolejnění Stéblová – Opatovice nad Labem“. Zde byl v roce 2015 připraven model zemní pláně a kolejového lože v celém úseku stavby.

Dále byla započata práce na tvorbě modelu stavby rychlostní silnice R4 Skalka – křižovatka II/118. Pro tuto stavbu byl připraven model části zářezu na stavebním objektu č. 101 a model stavebního objektu č. 112.



Obr. 1 Rektifikovaný sklon – analýza mezinárodního indexu nerovnosti v programu RIRI v1.0.

Jedním z dalších výsledků je naprogramované grafické rozhraní programu RIRI. Program je napsán v programovacím jazyce Python a umožňuje analýzu nerovností a mezinárodního indexu nerovnosti (IRI) z dat laserového skenování. Tedy je použito algoritmu k vyhodnocení nerovností z mračen bodů namísto provedení měření latí a klínkem na místě. Dále program obsahuje simulaci pojezdu analyzovaného povrchu metodou čtvrt-vozidla rychlostí 80 km/h. Výsledkem simulace je stanovení mezinárodního indexu nerovnosti (IRI) pro analyzovaný povrch změřený metodou laserového skenování.



Obr. 2 Připravovaný informační model (BIM) pro stavu R4 Skalka – křižovatka II/118.

Závěr

V uplynulém roce byla započata práce na dvou informačních modelech staveb. Tyto informační modely jsou používány během výstavby za účelem snížení nákladů výstavby a snadnější koordinace.

Dále bylo provedeno naprogramování grafického rozhraní programu RIRI. Tento program byl dále validován na třech zkušebních úsecích vybraných společně se společností SKANSKA a.s.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ÚNAVOVÁ ANALÝZA CEMENTOBETONOVÉHO KRYTU VOZOVEK PK

Zpracovali: Ing. Petr Pánek, Ph.D., doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

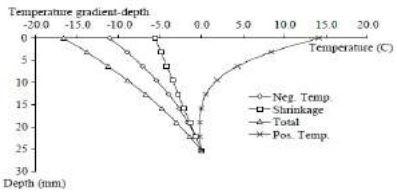
Současné návrhové metody pro cementobetonové vozovky u nás i ve světě obsahují několik nedostatků, které výrazně ovlivňují celkovou predikovanou životnost vozovky. Mezi tyto nedostatky patří uvažování lineárních průběhů teplotních gradientů po tloušťce desky a předpoklad lineárního průběhu nárůstu poškození. Současné metody předpokládají hromadění únavových trhlin pouze směrem od horního povrchu CB desky. Novější studie [1] prokazují významný vliv vzniku a hromadění únavových trhlin na spodním okraji desky a jejich vliv na celkovou životnost. Moderní analýzy této problematiky probíhají ve 3D MKP programech kvůli možnosti zohlednění většiny vlivů a s ohledem k realističtějšímu (prostorovému) chování modelované CB desky.

Oblast použití

Finálním cílem tohoto výzkumu je zjistit a co nejpřesněji implementovat významné a doposud zanedbávané faktory (lépe modelovat proměnný průběh teplotního zatížení v kombinaci s cyklickým kolovým zatížením, definovat okrajové podmínky, podloží, kontakt na styku vrstev, podmínky při vzniku CB desky a výztužné prvky) a hlavně definovat vhodný degradační materiálový model pro cementobetonový kryt vozovek pozemních komunikací (PK). Výsledný model následně pomůže lépe predikovat chování tuhé CB vozovky a jeho využití se předpokládá u návrhu CB vozovek významných PK a při určování jejich zbytkové životnosti.

Metodika a postup řešení

V předcházejícím období byla zkoumána celá řada zahraničních studií, např. [2], [3] a mnoho dalších, které se zabývají problematikou degradačních modelů vozovek. Již samotné modelování některých faktorů (teplotní zatížení, vlhkost, materiálové vlastnosti, kolové zatížení) je ze své podstaty vysoce komplikované (časová proměnlivost, proměnlivost polohy a velikosti zatížení). Pro výpočetní analýzu je třeba nejprve specifikovat určitá zjednodušení a méně významné faktory vyloučit. Z hlediska predikce životnosti CB krytu vozovek také přichází do úvahy různé negativní vlivy, které ji snižují. Jedná se např. o tzv. expanzivní reakce (alkalicko-křemičité, síranové), degradace krytu vlivem působení chemických látek a dále např. nekvalitní podkladní systém (vznik tzv. pumpování desek). Některé tyto vlivy je možno omezit při dodržení technologických postupů a využití kvalitních materiálů. Únavové chování CB krytu je nejvíce závislé na velikosti a četnosti tahových napětí vznikajících v různých místech CB desky a to hlavně od teplotních a kolových zatížení. Dále je závislé na vlastnostech materiálů CB. Obsah vlhkosti a její rozložení v CB desce také ovlivňuje její výslednou únavovou odolnost. Vliv vlhkosti není vzhledem ke složitosti modelování součástí tohoto výzkumu. V dalších fázích výzkumu by mu měla být nicméně věnována pozornost. Kolové zatížení od různých těžkých nákladních vozidel se dá aproximovat tzv. návrhovou nápravou a přes kontaktní plochu a velikost dotykového tlaku umístit do polohy na CB desce. Při řešení únavové analýzy je nutné zavést toto zatížení jako časově proměnné a alespoň jako cyklické (ve skutečnosti má dynamické složky, nerovnoměrné rozložení tlaku na kontaktní ploše). Teplotní zatížení je vysoce komplikovaným jevem, který je ve většině stávajících metod uvažován nepřesně. Teplotní zatížení je časově proměnné během dne i roku a má nelineární průběh po tloušťce desky (obr. 1). V návrhové metodě TP 170 [4] je uvažován lineární kladný gradient. Prakticky je nemožné namodelovat přesně tento proměnný zatěžovací stav na dobu v řádech let. Proto je nutné stanovit charakteristické kladné i záporné teplotní gradienty, které vystihnou průběh v určitém období.

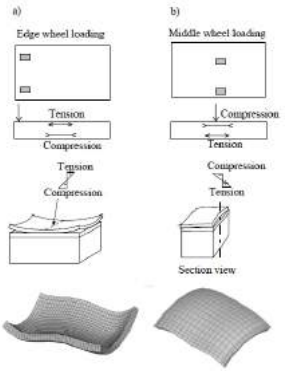


Obr. 1 Teplotní gradienty po tloušťce CB desky [1].

Vzájemná kombinace kolového a teplotního zatížení je při analýze naprosto zásadní. Při různých teplotních gradientech v CB desce působí kolové

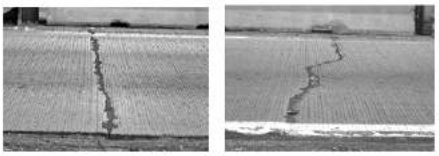
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

zatížení, v závislosti na své aktuální poloze, buď v součinnosti, nebo proti teplotnímu namáhání (obr. 2). Při kladném teplotním gradientu a poloze kolového zatížení v polovině podélné hrany desky dosahují tahová napětí svého maxima. Naopak při záporném teplotním gradientu vznikají největší tahová napětí na horním povrchu při umístění kol v blízkosti příčné spáry. Díky současnému působení obou zatížení, můžeme lokalizovat místa CB desky, ve kterých nejčastěji vznikají největší tahová napětí, a kde se předpokládá hromadění únavových trhlin („dílčích poškození“).



Obr. 2 Negativní (a) a pozitivní teplotní gradient (b), vzniklá napětí a odpovídající poloha kolového zatížení [1]

Správné by bylo uvažovat všechny vzniklé teplotní gradienty v různých obdobích během roku a dne v kombinaci s pohyblivým kolovým zatížením. Zjednodušením je uvažování jen nejvýznamnějších kombinací zatížení. V praxi jsou často pozorovány příčné trhliny v polovině CB desky (obr. 3), a v blízkosti příčných spár. To by odpovídalo nejvíce namáhaným místům (viz předchozí). Další častou poruchou je lámání rohů vlivem špatného podepření a tzv. pumpování desek. Tento únavový jev není v rámci tohoto výzkumu řešen.

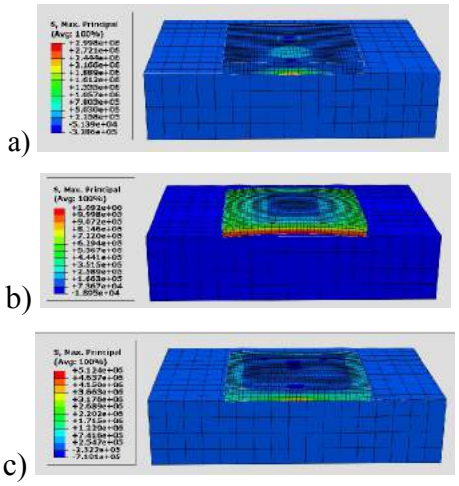


Obr. 3 Různé průběhy trhlin v CB krytu [1].

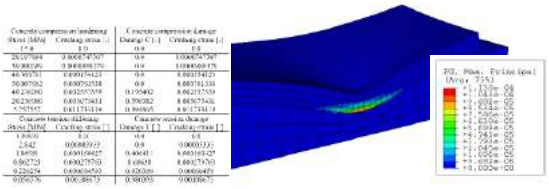
Vhodný materiálový degradační model pro CB kryt musí umožnit hromadění dílčích poškození, která jsou závislá na četnosti a velikosti tahových napětí vznikajících v CB desce. Byla vyvinuta řada postupů a únavových rovnic, které na základě experimentů prováděných na trámečcích prokazují nelineární závislost hromadění tahových poškození v čase. V rámci tohoto výzkumu je pro definici únavového chování CB použit „Concrete damaged plasticity“ (CDP) model obsažený v programu ABAQUS [5]. Model reprezentuje pružné i plastické chování CB. Je určený pro cyklická i dynamická zatížení a umožňuje řadu dalších nastavení.

Výsledky

V době řešení byly vytvořeny pokusné pracovní modely zabývající se převážně kombinací zatížení (obr. 4). Vytvořen byl také první pokusný únavový model CDP na obr. 5, s využitím vstupních údajů [6].



Obr. 4 Průběhy tahových napětí v CB desce – a) zatížení od kol, b) zatížení od teploty, c) kombinace zatížení.



Obr. 5 Plastické deformace v CB desce (CDP model).

Závěr

V dalším období řešení se výzkum zaměří na zpřesňování vstupních údajů pro modelaci účinků teploty a kolového zatížení a hlavně na parametry únavového materiálového (CDP) modelu pro cementové betony vozovek pozemních komunikací.

Literatura

[1] Sotelino, E. D., A. Asgari, A. C. Saksa, and G. Cedeno. Damage Analysis of Jointed Plain Concrete Pavements in Indiana, West Lafayette, Indiana, 2005. doi: 10.5703/1288284313170.

[2] Darter, M. I. and Barenberg, E. J., “Design of Zero Maintenance Plain Jointed Concrete Pavement”, Report Number FHWA-RD-77-11, Volume 1, Federal Highway Administration, 1977

[3] Miner, M.A., “Cumulative Damage in Fatigue”, American Society of Civil Mechanical Engineers, Transactions, Volume 67, 1945

[4] Fakulta stavební, ČVUT v Praze, VUT v Brně, Stavby silnic a železnic, a.s., ODS, a.s., TP 170, Navrhování vozovek pozemních komunikací (včetně Dodatku). 1st ed. Praha : MDČR, 2004. 400 pp.

[5] “ABAQUS/Standard User’s Manual”, Version 10.1,

[6] Jankowiak, T., Lodygowski, T., ” Identification of parameters of concrete damage plasticity constitutive model”, Poznan University of Technology, Institute of Structural Engineering (ISE), Poland, 2005.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VYUŽITÍ POSTUPŮ FULL-SCALE TESTING PRO PŘESNOU SIMULACI UŽITNÉHO CHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ VOZOVEK

Zpracovali: Ing. Petr Pácha, Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Předmětem činnosti v r. 2015 byla analýza využití postupů „full scale“ zkoušení zejména nových, alternativních stavebních materiálů do konstrukce vozovky. Slouží k iterační simulaci užitného chování konstrukcí vozovek tvořených konstrukčními vrstvami z alternativních materiálů v kombinaci s tradičními stavebními materiály. Účelem je otevřít velké možnosti využití těchto materiálů a ušetření stále se tenčících přírodních rezerv. Druhá část výzkumu je zaměřena na dlouhodobé chování typických konstrukcí vozovek používaných v ČR a sledování jejich napěťových a deformačních charakteristik v přímém modelu vozovky 1:1. To umožní naprosto reálné hodnocení výstupních hodnot pod simulovaným zatížením těžkou dopravou a bude to mít zásadní vliv na zpřesnění návrhových parametrů konstrukcí vozovek pro další desetiletí.

Oblast použití

Aplikace nových poznatků z řešení této aktivity centra CESTI bude v prvním případě využitelná při zvyšování aplikace stavebně demoličních recyklátů a vedlejších energetických produktů do konstrukcí vozovek s reálnou možností dlouhodobého sledování jejich problematických vlastností. Dále je aplikace nových poznatků využitelná při uplatnění recyklátů do nízkonákladových konstrukcí vozovek, o které je se zvyšující se cenou vstupních přírodních stavebních materiálů, včetně asfaltových pojiv, stále větší zájem. Jedná se zejména o silnice III. tříd, místní a účelové komunikace, menší parkoviště a odstavné dopravní plochy. Ve druhém případě budou výsledky využitelné k revizi návrhových podmínek konstrukcí vozovek, které bude možné postavit na reálných výsledcích a nikoli na teoretických hypotézách.

Metodika a postup řešení

V rámci zkušebního full-scale modelu vozovky bylo provedeno uložení jednotlivých snímačů do jednotlivých vrstev v rámci simulovaného podloží vozovky. Jako materiál do podloží budovaného modelu vozovky byla zvolena zemina klasifikovaná podle ČSN 73 6133 jako jíl se střední plasticitou (F6 CI). Podle ČSN 73 6133 podmínečně vhodná zemina do násypu a nevhodná zemina pro podloží vozovky. Lokalitou odběru většího množství této zeminy je zemník v Únanově u Znojma. Celkem byly přivezeny 4 t zeminy.

Podloží bylo rozděleno do tří výškových úrovní (25 cm, 50 cm a 75 cm od úrovně podlahy zkušebního modelu. Následně proběhlo zatěžování pomocí hydraulického válce, kdy podloží vozovky bylo zatíženo přes kruhovou zatěžovací desku o velikosti 300 mm. Zatěžování podloží probíhalo v postupných krocích od síly 0,5 kN do 60 kN (6 tun). Následně bylo rozhodnuto na základě naměřených hodnot o přemístění a kontrole funkčnosti jednotlivých tlakových snímačů, kdy dva ze snímačů nevykazovaly změny při měření tlaků. Před přemístěním byly znovu snímače tlaku odzkoušeny pod zatížením pro ověření jejich funkčnosti a uloženy do nové polohy blíže středu zatěžování.

Tab. 1 Naměřené hodnoty na jednotlivých tlakových snímačích.

Zatěžovací síla [kN]	Odezva na snímači tlaku ve výš. 25 cm [kPa]	Odezva na snímači tlaku ve výš. 50 cm [kPa]	Odezva na snímači tlaku ve výš. 75 cm [kPa]
0,5	46,7	23,8	11,7
2,0	50,0	23,8	26,9
4,0	54,7	24,0	41,0
6,0	59,2	24,0	61,0
8,0	64,1	24,2	89,4
10,0	68,8	24,2	114,7
12,0	73,8	24,4	143,6
15,0	78,7	24,4	205,6
20,0	82,2	24,5	258,8
25,0	93,8	24,5	313,5
30,0	104,3	24,6	363,3
35,0	114,3	24,5	379,4
40,0	124,4	24,5	384,3
45,0	133,9	24,6	384,8
50,0	142,9	24,6	384,8
55,0	147,9	24,6	384,3
60,0	150,0	24,6	384,3

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 1 Zkušební zařízení full-scale model vozovky – současný stav při provádění statické zatěžovací zkoušky.

Tab. 2: Seznam použitých snímačů ve zkušebním modelu.

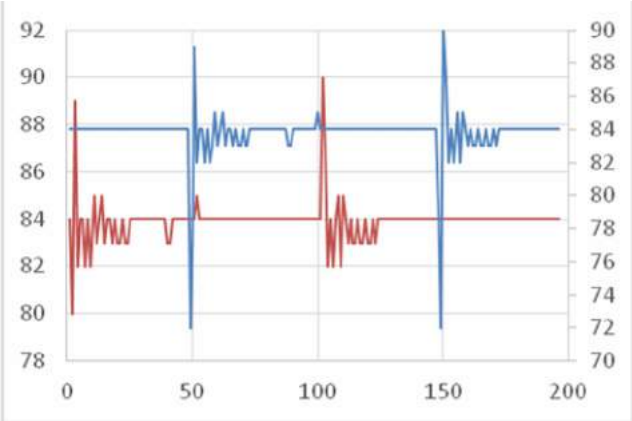
Snímač	Výškové umístění
Tlakový snímač Geokon 3500 (100 kPa)	25 cm
Tlakový snímač Geokon 3500 (100 kPa)	50 cm
Tlakový snímač Geokon 3500 (250 kPa)	75 cm
Tlakový snímač - Tenzometr	40 cm
Acceleration sensor KAS90	25 cm
Acceleration sensor KAS90	50 cm
Acceleration sensor KAS90	75 cm
Snímače vlhkosti VIRRIB (6 ks)	2 ks po 25 cm
Snímače teploty PT 1000 (3 ks)	1 ks po 25 cm

Snímače podloží jsou uloženy do zkušebního modelu ve třech vrstvách (25 cm, 50 cm, 75 cm). V každé vrstvě jsou uloženy jednotlivé snímače (tlakový snímač, akcelerometr, 2x snímač vlhkosti a jeden snímač teploty).

Obr. 2 Uložení snímačů ve výškové úrovni 50 cm.

V roce 2015 bylo provedeno kalibrační měření snímačů uvedených v tabulce 1, ověření jejich funkce, nastavení rozsahů vstupů dle čidel snímačů tlaku a deformace. Následně byl rozšířeno uživatelský software pro záznam naměřených hodnot, kdy všechny snímače byly zapojeny do měřící ústředny. Dále byla provedena statická zatěžovací zkouška pro ověření míry zhutnění zeminy v podloží zkušebního modelu.

Obr. 3 Kalibrace snímačů vlhkosti.



Obr. 4 Průběh akcelerometrů při dynamickém namáhání při kalibraci.

Výsledky

Stavba modelu vozovky full-scale se kvůli technickým problémům s nefunkčností některých zabudovaných snímačů zpozdila. Předpokládá se, že během první poloviny roku 2016 bude započato s ostrým měřením zhutněného podloží. V druhé polovině roku proběhne pokládka podkladních vrstev vozovky a vyhodnocení půlročního měření únosnosti a modulů pružnosti podloží v různých vlhkostních a teplotních podmínkách.

Literatura

[1] STEHLÍK, D., Modernizace dálnice D1 – Problémy spodní stmelené podkaldní vrstvy, sborník konference Podkladní vrstvy a podloží vozovek 2014, Brno, 2014.

[2] STEHLÍK, D.; DAŠEK, O.; HÝZL, P.; COUFALÍK, P.; KRČMOVÁ, I.; VARAUS, M., Pavement construction using road waste building material – from a model to reality, článek v Road Materials and Pavement Design, ISSN 1468-0629, Taylor & Francis, London, 2015.

LIMITY STÁVAJÍCÍCH METODIK NÁVRHU VOZOVEK V ČR A NA SLOVENSKU Z POHLEDU UVAŽOVÁNÍ DELŠÍHO NÁVRHOVÉHO OBDOBÍ

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Návrh vozovek je vždy prováděn s využitím výpočtového modelu či metodiky, která zohledňuje vnější i vnitřní podmínky, které konstrukci ovlivňují. Současně vychází z předpokladu určitého návrhového období, které je v ČR i na Slovensku řadu desetiletí uvažováno 25 let (příp. 30 let). Rozdílné jsou v jednotlivých metodikách kritéria, podle kterých se posouzení a zhodnocení provádí. Tato skutečnost je porovnána i v rámci řešení této aktivity. Dalším aspektem je potom nastavení minimálních materiálových požadavků, kterými lze charakterizovat v omezené míře jejich degradaci v čase. De facto jediným indikátorem dosud zůstávají únavové parametry, jelikož metodiky nijak nezohledňují změnu tuhosti. Slovenská metodika pracuje se třemi klimatickými obdobími, současně však nezohledňuje změnu tuhosti asfaltové směsi v čase. Na druhé straně slovenský přístup uvažuje s vývojem trvalých deformací, což lze bezesporu považovat za další indikaci degradace asfaltové vozovky. Obecně se tak ukazuje, že vhodným řešením by mohlo být sjednocení obou metodik s využitím aspektů, kterými se každá metodika v kladném slova smyslu odlišuje. Rozdílnost výsledku výpočtu oběma metodikami je demonstrována na několika typech konstrukcí vozovek, kde je uvažováno stejné zatížení dopravou a stejné návrhové období. Přesto je výsledný výpočet diametrálně odlišný a nelze tedy rozhodnout, zda danou metodikou je vozovka navržena skutečně správně či nikoli.

Oblast použití

Poznatky získané provedenými analýzami i srovnávacími výpočty umožňují identifikovat rozdílnost mezi oběma metodikami. Současně poměrně dobře dokumentují nedostatky zvolených výpočtových modelů zejména z hlediska návrhu vozovek s prodlouženou životností, a to v kombinaci se zapracováním scénářů jejich cyklické opravy. Docílené výsledky tak jsou především důležitým podkladem při dalším rozvoji numerických modelů predikce užitného chování asfaltových vozovek, kde je nezbytné zvolit správný přístup při posuzování charakteristik tuhosti či únavy při dobrém zohlednění použitých materiálů. Současně se jako klíčové jeví v modelech dokázat zohlednit stav, kdy se část konstrukce vozovky obnoví a tato skutečnost má v nějaké míře dopad i na konstrukční vrstvy, které zůstávají nezměněné a nadále podléhají pokračujícím účinkům degradace. Rozdíl je pouze v míře, s jakou k této degradaci dochází. Z praktického hlediska jsou poznatky klíčové při posuzování či návrhu vozovek, u kterých by byl stanoven požadavek na provedení posouzení a výpočtů s delším obdobím než je 30 let.

Metodika a postup řešení

Z hlediska vlastního postupu řešení byla pozornost nejprve zaměřena na porovnání obou metodik. Důvodem je skutečnost, že obě metodiky vycházejí ze společných základů a historicky jedné metodiky, která se rozdělením Československa postupně upravila do dnešní podoby dvou metodik. Prvním rozdílem je samozřejmě kritérium, kterým se životnost netuhé vozovky posuzuje. Dalším aspektem jsou vstupy, které metodiky zohledňují a kde jediným rozdílem je uvažování návrhové úrovně porušení v případě české metodiky (slovenská neuvažuje). Obdobně byla pozornost věnována přístupu, kterým je v metodice uvažován přepočet intenzit dopravy na charakteristickou návrhovou nápravu, kde menší rozdíly mezi metodikami existují. S tím souvisí i princip započítání jednotlivých typů těžkých nákladních vozidel, kdy nelze jednoznačně určit, který z přístupů je propracovanější. V neposlední řadě byla pozornost věnována i degradačním parametrům, kdy slovenská metodika navíc posuzuje i odolnost vozovky/vrstvy proti vzniku trvalých deformací.

V dalším kroku řešení byla pozornost věnována vzájemnému porovnání a posouzení materiálových parametrů, které souvisejí s degradačním chováním konstrukčních asfaltových vrstev. Jedná se o moduly tuhosti a únavové parametry. V tomto ohledu jsou patrné rozdíly a to zejména v oblasti únavových parametrů, kdy česká metodika mnohem podrobněji zohledňuje aspekty, které výsledné únavové

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

parametry ovlivňují (modifikace asfaltových pojiv). Uvedená oblast nadále představuje jedno z klíčových hledisek, kterému je nezbytné věnovat zvýšenou pozornost a to i v kontextu správnosti nastavení minimálních požadovaných hodnot (to se týká např. tuhostem při zvolených teplotách). V neposlední řadě bylo zvoleno několik konstrukcí vozovek a k nim nastaveny hypotetické intenzity dopravy a jejich vývoj v čase s návrhovým obdobím zvýšeným oproti standardu na 35 let. Oběma metodikami byl proveden pro tyto konstrukce propočet při zohlednění zvolených cyklů obnovy či výměny obrusné nebo ložní vrstvy.

Výsledky

Při využití postupu uvedeného v návrhové metodě dle TP 170 "Navrhování vozovek pozemních komunikací" MD ČR je hodnotícím kritériem při posuzování konsturkce vozovky celkové poměrné porušení D_{cd}. Při vlastním posouzení se vychází ze superpozice relativního poškození, která se vyjadřuje předpokladem, kdy velikost každého namáhání poškodí materiál úměrně meznímu počtu těchto namáhání stanoveného zkouškou (Minerova hypotéza). Metoda primárně posuzuje asfaltové vrstvy a zejména kritickou asfaltovou vrstvu, přičemž se předpokládá, že například hydraulickými pojivy stmelené podkladní vrstvy dosáhnou své meze porušení až po kritickém porušení asfaltových vrstev. Proto hydraulickými pojivy stmelené vrstvy nejsou v české návrhové metodice samostatně posuzovány a do výpočtů vstupují upravené parametry odpovídající částečné degradaci těchto vrstev. Předpokládá se tedy, že pokud nedojde k meznímu porušení asfaltových vrstev, resp. kritické podkladní asfaltové vrstvy, potom se neporuší ani hydraulicky stmelená podkladní vrstva. Následně se tedy již samostatně posoudí pouze podloží a to zejména ve vazbě na požadovanou únosnost.

Mezní hodnotou, která musí být v případě české návrhové metody splněna, je podmínka $\mathbf{D_{cd} \leq 1{,}0}$. Při předpokladu požadované zbytkové životnosti pro posuzované období lze potom toto kritérium dále zpřísňovat. Pokud bude například uvažováno 35leté návrhové období a zbytková životnost bude stanovena 20 %, potom lze výše uvedenou podmínku upravit na novou maximální přípustnou hodnotu celkového poměrného porušení pro dané období $\mathbf{D_{cd,upr} \leq 0{,}8}$, čímž je garantována požadovaná rezerva zbytkové životnosti konstrukce vozovky.

V případě slovenské metodiky je určujícím kritériem relativní porušení **Sv**, které se uvažuje pro každou z konsturkčních vrstev. Mezní hodnota dle příslušných předpisů je v závislosti na významnosti pozemní komunikace stanovena hodnotou 0,80 nebo 0,85. Přístup se zohledněním zbytkové životnosti je potom obdobný jako v předešlém případu. Při vlastním posouzení se sleduje nekritičtější kosntrukční vrstva, kde může v čase dojít k nejvyššímu relativnímu porušení.

Důležitými parametry, které při výpočtu a numerickém modelování vývoje chování konstrukčních vrstev vozovky mají zásadní vliv, jsou materiálové charakteristiky vymezující použité vrstvy. V rámci řešení aktivity v roce 2015 byla pozornost zaměřena především na problematiku modulů tuhosti a únavových parametrů, jak je obě metodiky uvažují. Prvním rozdílem jsou v případě modulů tuhosti charakteristické teploty, kdy slovenská metodika rozlišuje moduly v závislosti na ročním období. Při porovnání charakteristik s mezními hodnotami stanovenými v ČR se zde jeví jisté rozdíly, které je obecně dále kriticky posoudit porovnáním zkušebních těles laboratorně připravených směsí s tělesy zkušebních vývrtů odebraných z konstrukce vozovky.

Tab. 1 Návrhové parametry tuhosti a únavy dle TP170.

Typ směsi	Modul tuhosti (MPa) při 15°C	Únavové parametry	
		ε_6	B
ACO, I	7500	135	5,0
ACL, I	7500	135	5,0
ACO, II	5500	115	5,0
ACL, II	5500	115	5,0
ACP	5500	100	5,0
SMA	7500	160	5,0
VMT A	9000	135	5,0

Tab. 2 Návrhové parametry tuhosti a únavy dle TP02/2009.

Typ směsi	Modul tuhosti (MPa) při teplotě			Únavové parametry	
	0°C	11°C	27°C	a	b
ACO, I	7500	5500	3000	0,95	0,120
ACL, I	5700	4200	3000	0,95	0,110
ACP, I	4500	3050	1250	0,95	0,110
ACO, modif.	7500	6000	3750	0,97	0,105
ACL, modif.	5700	4600	2800	0,95	0,110
SMA	7500	6000	3750	0,97	0,105

Opakovaně se zde projevují poměrně zásadní rozdíly v dosahovaných hodnotách. Druhým aspektem je volba únavových parametrů. Zde se v případě slovenské metodiky nejvíce projevuje skutečnost, že není zohledněna v dostatečné míře modifikace asfaltových pojiv a tudíž je z podstaty metodiky jedno, zda je modifikovaný asfalt použit nebo ne. Paradoxně dokonce při některých výpočtech vzniká situace, kdy vrstva s PMB vykazuje horší degradaci než vrstva stejné asfaltové směsi i tloušťky konstrukční vrstvy, avšak s použitím silničního asfaltu. Takový výsledek je nelogický. Česká

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

metodika oproti tomu v daleko lepší míře umí zohlednit vliv modifikace a možnost únavový parametr ε_6 dále zlepšit, pokud je modifikace kvalitnější. Známá je i závislost zvýšení tohoto parametru z hlediska celkové životnosti.

V poslední části řešení aktivity 1.4.4 byly provedeny výpočty 8 typů konstrukcí vozovek s uplatněním obou návrhových metod. Konstrukce vozovek byly pro oba výpočty vždy identické stejně jako uvažované intenzity dopravy a skladba těžkých nákladních vozidel z hlediska jednotlivých typů. Shodně bylo uvažováno návrhové období 35 let a to s ohledem ke snaze posoudit návrhové metodiky z pohledu potřeby pozdějšího posuzování vozovek s dlouhou životností. Pro tento účel byla shodně pro všechny konstrukce zvolena ještě další premisa, kterou je scénář provedených oprav či rekonstrukcí. Ten v případě dále uvedených dvou typů konstrukcí předpokládal výměnu obrusné vrstvy po 10-12 letech (odpovídá současným poznatkům i v Německu, kde již delší dobu neplatí dřívější poznatky o životnosti SMA i 15 a více let). Současně se po cca 22 letech uvažovalo s výměnou ložní vrstvy. Výsledky propočtů jsou shrnuty dále, přičemž je patrné, že výsledné posouzení se mezi metodikami diametrálně liší.

Tab. 3 Posouzení konstrukce vozovky s VMT v kritické podkladní vrstvě (7000 TNV/den v roce 2015.

Konstrukční vrstva	t (mm)	Sv	Dcd
SMA 11; PMB; ČSN EN 13108-5	40	0,87	0,03
ACL 16; PMB; ČSN EN13108-1	60	1,34	0,00
VMT 22; PMB; TP151	100	0,96	0,04
SC $C_{5/6}$ 22	200	0,72	-
SD_A 0/45	220	0,00	-
Podloží	-	0,37	0,25
CELKEM	**620**		

Tab. 4: Posouzení konstrukce vozovky s typickým AC v kritické podkladní vrstvě (7000 TNV/den v roce 2015).

Konstrukční vrstva	t (mm)	Sv	Dcd
SMA 11; PMB; ČSN EN 13108-5	40	0,80	0,08
ACL 16; PMB; ČSN EN13108-1	60	0,74	0,01
ACP 22; 50/70; ČSN EN13108-1	90	0,34	0,67
SC $C_{5/6}$ 22	220	0,80	-
SD_A 0/45	220	0,00	-
Podloží	-	0,40	0,49
CELKEM	**630**		

Závěr

Na základě provedených analýz a výpočtů lze shrnout klíčové poznatky, jež je třeba zohlednit při rozvoji návrhových metodik, resp. modelů predikce dlouhodobého chování asfaltových vozovek:

- Návrhové metodiky na Slovensku a v ČR pro netuhé a polotuhé vozovky jsou kalibrované na 25 let (max. 30 let). Delší návrhové období neumožňuje zcela exaktní výpočty, resp. k prokázání dostatečné životnosti vozovky je nezbytné přistupovat s vědomím této skutečnosti a nejistotou časově delšího výpočtu.
- Návrhové metodiky na Slovensku a v ČR nezohledňují v žádném směru scénáře oprav a údržby vozovky s jednotlivými cykly obnovy či rekonstrukcí, přičemž česká metodika s jistou výhodou umožňuje provádět lepší predikci. Je třeba přesto mít na paměti skutečnost, že se vždy jedná o predikci ve výpočtovém modelu, který nebyl nikdy koncipován pro účely zapracování technického vylepšení konstrukce vozovky a tudíž i odlišného průběhu degradace v čase a při různých podmínkách; např. podkladních vrstev, pokud ložní a obrusnou vrstvu obnovíme.
- Slovenská návrhová metodika dle TP 03/2009 v minimální míře rozlišuje únavové parametry mezi různými typy asfaltových vrstev, zejména potom není rozlišeno provedení konkrétních vrstev s využitím silničního nebo polymerem modifikovaného asfaltu. Tato skutečnost tak nepostihuje správně únavovou životnost, která je typem pojiva a mírou jeho modifikace zásadním způsobem ovlivněna. V tomto směru česká návrhová metodika dle TP170 nabízí lepší přístup, který reflektuje v lepší míře únavové parametry, které jsou opakovaně ověřovány při laboratorních zkouškách různými metodami dle platných EN norem a jsou lépe srovnatelné s poznatky jiných zemí.
- Slovenská návrhová metodika dle TP03/2009 pracuje s nižšími hodnotami modulů tuhosti, které v dlouhodobém výhledu nutně nemusí odpovídat skutečným poznatkům, které jsou dosahovány i na zkušebních vzorcích odebraných z vozovek pozemních komunikací. V tomto ohledu je nezbytné další intenzivní sledování této charakteristiky, neboť i v ČR máme zkušenost rozdílnosti modulu tuhosti u identické směsi vyrobené v laboratoři nebo odebrané z konstrukce vozovky

Literatura

[1] Ministerstvo dopravy ČR: Tehcnické podmínky TP170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací, Praha, 2004.

[2] Ministerstvo dopravy SK: Technické podmínky TP03/2009 - Navrhovanie netuhých a polotuhých vozoviek, Bratislava, 2009.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

UCELENÝ KATALOG PORUCH ODVODNĚNÍ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ A ŘEŠENÍ PRO SPECIFICKÉ PROBLÉMY ODVODNĚNÍ

Zpracovali: Ing. Petr Zedník (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.); Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Řešení problematiky odvodnění navazuje na aktivity zahájené v roce 2014 a soustřeďuje se na následující oblasti:

- sběr a kategorizace poruch odvodnění s důrazem na drenážní systémy (DS),
- provádění diagnostických průzkumů a prací v souvislosti s kontrolou funkčnosti DS,
- řešení detailů laboratorního geotechnického zkušebního pole (LGZP) konkrétně zařízení pro zpřesnění systému sledování průtoku vody jednotlivými zkušebními sekcemi pole.

Oblast použití

Připravovaný katalog poruch bude, mimo uvedení základních typů poruch na praktických příkladech, obsahovat také doporučení jak těmto poruchám předcházet a jak provádět diagnostiku stavu drenážního systému a odvodnění konstrukcí.

V LGZP se připravuje provádět ověření různých skaldeb podkladních vrtev vozovky (případně železničního spodku), přičemž se bude zjišťovat jejich propustnost a náchylnost k zanášení. Může zde být ověřována také účinnost různých drenážních systémů.

Inovované LGZP má potenciál pro výzkum vlivu pohybu vody na únosnost podloží a konstrukčních vrstev z různých materiálů.

Metodika a postup řešení

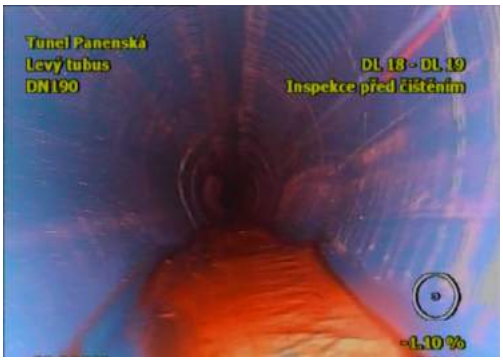
Katalog poruch odvodnění

Katalog poruch je připravován ve stejném duchu jako katalogy poruch vozovek TP 62, TP 82 a katalog závad mostních objektů. Vychází se ovšem nejen z projevů poruch, ale i z kontrol drenážních systémů a odvodňovacích zařízení. Katalogové listy zahrnují popis poruchy, určení její příčiny (špatný návrh, provedení, nedostatečná údržba, prosté opotřebení, působení extrémních podmínek), možného vývoje a návrhu opatření (provizorní, krátkodobá a dlouhodobá). Uvádí se také závažnost poruchy a naléhavost jejího odstranění. Jednotlivé listy jsou doplněny fotografiemi reprezentujícími typické zástupce poruch, ukázkami výsledků diagnostického průzkumu, doporučenými intervaly či podmínkami pro provádění kontroly stavu a funkčnosti odvodnění a drenážního systému.

Základní členění poruch je podle místa, kde k ní dochází, a to na povrchové a podpovrchové, s uvedením objektu, na kterém se vyskytuje.

Příklady zaměření katalogových listů jsou:

- nevhodné řešení konstrukce vozovky (spády, výšková úroveň příkopů a drenáží, propustnost krytových vrstev, jejich zanášení apod.),
- nevhodné řešení a umístění šachet drenážního systému, nesprávné úrovně dna šachet, vtoků, výtoků, nesprávné sklonové poměry trubního vedení apod.,
- zanedbaná údržba a čištění šachet, kanalizace, výtoků (na objektech: vozovky, mosty, tunely) apod.



Obr. 1 Ukázka kamerové prohlídky drenážního potrubí v tunelu Panenská [2].

Obr. 2 Výkop při zjišťování skutečné polohy nefunkční drenáže [2].

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Diagnostika stavu drenážních systémů

Základem diagnostiky stavu drenážního systému je vizuální prohlídka. V případě podpovrchové drenáže je potřeba využít speciální zařízení. To se týká zejména prohlídek kanalizace, která se provádí mezi jednotlivými šachtami např. v tunelech nebo kdekoli v problémových místech, kde dochází k objemovým změnám vrstev, do nichž je kanalizace uložena (viz příklad využití odvalu do podkladních vrstev na dálnici D47), nebo sedání vrstev (křížení s korytem řek, zavodněná území) apod.

Pomocí speciální kamery se monitoruje úroveň zanesení, sintrace, nětěsnosti, porušení stěn, sklonu potrubí apod., viz obr. 1. Následně je možné plánovat opatření jako čištění tlakovou vodou, mechanickým způsobem nebo použitím chemikálií. V případech, kdy není možné použít jiné metody diagnostiky, se musí na vybraných místech provést výkop nebo kopaná sonda, potrubí odkrýt a zkontrolovat přímo, viz obr. 2.

Systém sledování průtoku vody v LGZP

V návaznosti na projekt Dopravního VaV centra (CZ.1.05/2.1.00/03.0064) byl v druhé polovině roku 2015 zprovozněn systém pro řízení hladiny vody ve zkušebních sekcích LGZP pomocí měřicích válců. Nastavení systému se provádí prostřednictvím nového multifunkčního ovládacího panelu, viz obr. 3.

Mezi základní funkce, indikace, měření a ovládání systému patří zejména:

- automat/ruční ovládání,
- požadovaná výška hladiny,
- indikátory množství vody v zemině, výška hladiny v zemině, aktuální výška hladiny, hadicový přítok (simulace deště),
- tlačítko stop, offset, nulování,
- společné ovládání (spojení nádrží),
- další ovládací prvky, hlášení závady.

Důležitým detailem, který byl vyřešen, je zařízení pro zpřesnění systému sledování průtoku vody jednotlivými zkušebními sekcemi pole, viz obr. 4. Toto zařízení se skládá ze zásobníku, který je rozdělen na dvě části a osazen kyvně na hřídeli. To umožňuje sledovat velmi malé průtoky vody sledovanou konstrukcí (s přesností na 1 litr).

V druhé polovině roku 2015 bylo provedeno upřesnění návrhu prvního experimentu v LGZP, který se plánuje na rok 2016. Bude se provádět ověření různých skaldeb podkladních vrtev vozovky, přičemž se bude zjišťovat jejich propustnost a náchylnost k zanesení.

Obr. 3 Multifunkční ovládací panel pro řízení hladiny vody ve zkuš. sekcích LGZP pomocí měřicích válců [6].

Obr. 4 Zařízení pro sledování malých průtoků vody jednotlivými zkušebními sekcemi LGZP (označení šipkami) [7].

Výsledky

Byly doplněny podklady k vytvoření katalogu poruch odvodnění a připraveny podmínky pro měření průtoku vody konstrukčními vrstvami vozovky v měřítku 1:1 v laboratorním geotechnickém zkušebním poli.

Literatura a další zdroje

[1] TP 62: Katalog poruch vozovek s CB krytem, 2010.

[2] TP 82: Katalog poruch netuhých vozovek, 2009.

[3] Katalog závad mostních objektů, Pontex, 2008.

[4] Pořízené fotografie typických poruch drenážních systémů a odvodnění.

[5] Výsledky provedených diagnostických průzkumů, zejména kamerových prohlídek kanalizačního potrubí (vozovky, tunely).

[6] Manuál k ovládání zavodňovacího systému laboratorního geotechnického zkušebního pole (LGZP), CDV, 2015.

[7] Výkresy k zařízení pro zpřesnění systému sledování průtoku vody jednotlivými zkušebními sekcemi LGZP, 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

LIMITNÍ FAKTORY VYUŽITELNOSTI VYBRANÝCH TYPŮ VEDLEJŠÍCH ENERGETICKÝCH PRODUKTŮ V ZEMNÍCH TĚLESECH POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

Zpracovali: Ing. Václav Mráz, Ing. Jan Suda, Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Stmelení či úprava tuhých produktů po spalování uhlí pro aplikace v silničním stavitelství je efektivní metoda pro využití jinak obtížně uplatnitelných materiálů, často kvalifikovaných jako odpady. Mezi vedlejší energetické produkty (tzv. VEP) pocházející z technologií spalování a odsíření užívaných v elektrárnách a teplárnách řadíme mimo jiné různé druhy popílků, strusku, škváru, ložový popel nebo energosádrovec. Každoroční produkce VEPů je tak vysoká, že je nutné hledat alternativní cesty jejich využití. V rámci uplatnitelnosti v zemních konstrukcích silničních staveb se často používají VEPy upravené ve směsi s pojivem (např. vápnem nebo cementem) a vodou na projektem předepsaný stupeň zhutnění. Tyto upravené VEPy označujeme jako tzv. popílkové stabilizáty. Popílkový stabilizát lze vyrobit i zvlhčením směsi fluidních popílků, případně ložového popela [1]. Technický list se v tomto ohledu zaměřuje na možnosti úpravy popílkových stabilizátů využívajících fluidní popílky, materiály popílků či odpadních vápenců upravených mechano-chemickou aktivací. Pro posouzení přínosu těchto alternativních zlepšení byly provedeny zmrazovací zkoušky a posouzeno dlouhodobé bobtnání různých variant stabilizátů.

Oblast použití

Popílkové stabilizáty zejména v případě využití fluidních popílků, které jsou z hlediska bobtnání a odolnosti proti účinkům vody a mrazu problematičtější, má potenciál širokého využití v zemních konstrukcích dopravních staveb, jakož i v podkladních vrstvách vozovek. Znalost bobtnavosti a případné přínosy alternativních pojiv či úprav (další typy vedlejších produktů či využití vysokorychlostního mletí) umožňují dále rozvíjet optimální využití těchto materiálů v daleko větší míře, a tím využít dnes dostupný technický, materiálový, ale i ekonomický přínos těchto materiálů, a to i ve vazbě na dřívější neúspěšné či chybně provedené aplikace.

Metodika a postup řešení

Nejprve byly provedeny laboratorní zkoušky zhutnitelnosti popílkových směsí s využitím zkoušky Proctor standard dle ČSN EN 13286-2, která dobře reprezentuje zhutnění dosažené hutnícími prostředky na stavbách. Pro ověření odolnosti na účinky zatížení dopravou byly provedeny zkoušky pevnosti v prostém tlaku dle ČSN EN 13286-41. Pro stanovení odolnosti na účinky klimatických podmínek se posuzovala vhodnost z hlediska účinku působení vody a mrazu dle ČSN EN 14227-14. Největší pozornost nicméně byla věnována dlouhodobému vlivu sycení a vlivu příměsí ve zkoumaných směsích na objemové změny.

Pro potenciální možnost použití VEP v zemních konstrukcích má zásadní význam sledování objemových změn, a to s dopadem na míru trvanlivosti konstrukce vozovky. Objemové změny se můžou projevit smršťováním nebo roztažností a následně vést ke zhoršení technických i environmentálních parametrů a často až k úplné destrukci. Předmětem měření objemových změn popílkového stabilizátu je stanovení součinitele objemové bobtnavosti. Pro tuto zkoušku byl použit CBR hmoždíř dle ČSN EN 13286-47. Směs, zvlhčená na w_{opt} dle zkoušky Proctor Standard, se zhutnila ve válci CBR energií Proctor standard (PS). Popílkové stabilizáty zrály 7 nebo 28 dní ve formě při (20±2)°C v neprodyšném obalu a pak se sytily vodou až do odeznění deformací. V časových intervalech se měřila změna výšky povrchu zhutněného, syceného vzorku, zatíženého zátěžkou. Součinitel objemového bobtnání B_t byl stanoven v souladu s přílohou 3 TP 93).

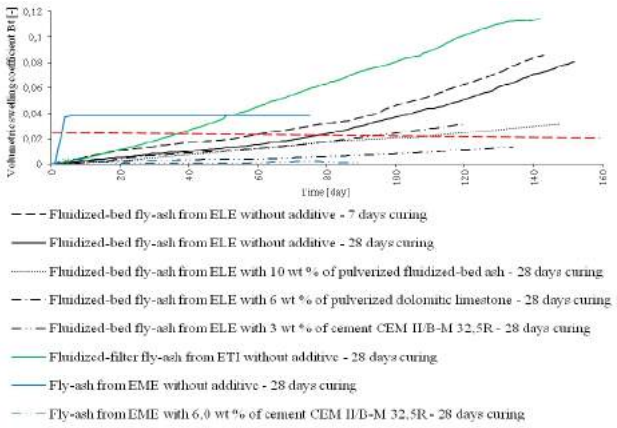
V rámci experimentu byly připraveny vzorky fluidního ložového popela, fluidního filtrového (úletového) popílku bez aditiv a s různým podílem příměsí (10 hm. % mechano-chemicky aktivovaného fluidního popílku, 3 hm. % cementu CEM II/B 32,5 R, 6 hm. % mikromletého dolomitického vápence). Dále byly zkoušeny vzorky vysokoteplotního úletového popílku bez aditiv a s 6 hm. % cementu CEM II/B 32,5 R.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Pro identifikaci fázových změn posuzovaných popílků byly provedeny zkoušky rentgenové difrakce (spolupráce s VŠCHT), kdy vzorky byly před zkouškou vysušeny při 105 °C. Vlastní XRD zkouška byla provedena s využitím AXS D8 θ-θ difraktometru a Bragg-Brentanovou geometrií využívající radiaci CoKα (λ = 1.79021 Å, U = 34 kV, I = 20 mA) včetně scanování výsledků ultrarychlým detektorem a mezí pro detekci do 0,1 %-hm. Prvkové složení bylo posouzeno pomocí sekvenčního ARL 9400 XP WD-XRF spektrometru a příslušným software se zachycením peakových intensit ve vakuu.

Výsledky

Výsledky objemových změn popílkových stabilizátů jsou uvedeny na obrázku 1. Průběh vývoje objemových změn u popílkové směsi z technologie mokré vápencové vypírky bez aditiv a jejich hodnoty ukazují, že většina změn objemu proběhla během prvního týdne. U směsi vysokoteplotního úletového popílku bez aditiv docházelo po zalití vodou k objemovým změnám. Objemové změny při sycení zhutněných vzorků vysokoteplotního úletového popílku bez aditiv lze přičíst uvolňování negativních pórových tlaků. Nárůst hodnoty objemové změny v tomto případě dosahoval až 4% původního objemu. Vzhledem k tomu, že se nejedná o projev bobtnání, tj. změnu objemu v důsledku chemických reakcí, není nutné testovaný úletový popílek pro aplikace v dopravním stavitelství upravovat pojivy. Vzorky úletových popílků s 6 % hm. cementu lze považovat za objemově stálé.



Obr. 1 Časový průběh bobtnání posuzovaných popílkových stabilizátů.

Dalším zajímavým výsledkem je vliv doby zrání či kvality vytvrzení popílkového stabilizátu na vývoj objemových změn.

Důležitým zjištěním měření bobtnavosti během tuhnutí a tvrdnutí popílkového stabilizátu připraveného z produktů technologie fluidního spalování je skutečnost, že přidáním mechano-chemicky aktivovaných fillerů (aditiv) do popílkových směsí dochází ke snížení bobtnavosti. Například efekt mechano-chemicky aktivovaného fluidního popílku (10 % hm.) a mechanicky aktivovaného dolomitického vápence (6 % hm.) aplikovaného do směsi s fluidním ložovým popelem ukazuje snížení hodnoty bobtnání až cca o polovinu.

Obr. 2 Popílkové stabilizáty po ukončení sledování – fluidní popílek ETI / fluidní ložový popel ELE / úletový popílek EME po 28 dnech zrání bez aditiv.

Odebrané vzorky popílkového stabilizátu byly posouzeny z hlediska výskytu a vzniku novotvořených sekundárních minerálů, především ettringitu a Ca karbonátů, důvodně podezřelých z dezintegrace a rozpadu konstrukční vrstvy. Případná mineralizace byla ve vzorcích zkoumána rentgenovou spektrální mikroanalýzou pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu XL 30 ESEM, EDX v tzv. environmentálním režimu – tj. v prostředí vodních par v komoře mikroskopu umožňující analýzu nevodivých preparátů. Z analýzy vyplývá, že se jedná o silně rozpadavou hmotu, tvořenou pojivem a agregáty. V žádném případě se nejedná o kompaktní C-S-H gel s nepodstatným výskytem mikropórů. Téměř všechny porézní struktury, ať již orbikulární či planární, jsou vyplněny sekundární mineralizací – především ettringitem, ale i portlanditem, jenž se posléze v daném prostředí transformoval na hydrogenuhličitan vápenatý – $Ca(HCO_3)_2$ a dále na uhličitan vápenatý $CaCO_3$. Z hlediska rizika porušení zemní konstrukce je proto důležité vždy zjistit, zda může v konstrukci dojít ke vzniku a růstu agregátů ettringitu [2].

Literatura

[1] Kresta F.: Secondary materials in highway engineering, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Pages 144, ISNB 978-80-248-2890-0, Ostrava, 2012.

[2] Kopecký L.: Posouzení příčin poruch rozpadu popílkového stabilizátu polygonu Most na základě mineralogicko-chemické analýzy, Protokol 4. 1/2007, Praha, 2007.

[3] Mráz V., Suda J, Valentin J., Kopecký L.: Experimental Assessment of Fly-Ash Stabilized and Recycled Mixes, Journal of Testing and Evaluation, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2015, pages 264 – 278.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

SLEDOVÁNÍ VYBRANÝCH ASPEKTŮ OVLIVŇUJÍCÍCH NÁKLADY STAVEB

Zpracovali: Ing. Ladislav Minář, CSc., Ing. Martin Volf, Ing. Patrik Grabec, Ing. Michal Laichman (KOLEJCONSULT & Servis, spol. s r.o.)

Souhrn

Náklady staveb již v delším uplynulém období velice negativně ovlivňuje tzv. „nejnižší“ cena, v kombinaci s dalšími negativními aspekty.

Nejnižší cena bývá zpravidla stanovena na základě ocenění výkazů výměr a soupisu prací, které jsou součástí schválené projektové dokumentace. Na škodu však přichází i zde vliv nejnižší ceny, která také bezprostředně ovlivňuje vlastní rozsah a kvalitu projektové dokumentace.

Tato skutečnost se nám tedy nadále přelívá v rámci celého procesu do dalších stupňů systému, souhrnně tedy od zadání akce, přes její stavebně ÷ geotechnické průzkumy, vlastní projektové zpracování až po konkrétní realizaci akce.

Vyvstává tak tedy problematika skutečných nákladů potřebných pro realizaci akce, v kombinaci se všemi negativními aspekty (nekvalita, vícepráce, méněpráce atd.).

Oblast použití

Analyzováním a stanovením těchto, výše jmenovaných, základních negativních aspektů, na základě sledování stávajících staveb a zkušebních úseků, které bezprostředně ovlivňují přímé i nepřímé náklady staveb drážní infrastruktury, při důkladné a podrobné technické specifikaci, lze rozklíčovat tyto negativní aspekty. Zjištěné výsledky lze objektivně aplikovat ve stavební výrobě, za účelem zvýšení její produktivity a efektivnosti.

Obr. 1 Narušení stability svahu drážního tělesa v důsledku stavebních prací.

Metodika a postup řešení

Cílem metodiky je stanovit základní postupy a principy řešení nákladů vznikajících v průběhu realizace stavebních prací na infrastruktuře železničních staveb, s cílem odstranění resp. minimalizace negativních aspektů přímo ovlivňujících náklady staveb.

V rámci postupu řešení je tato problematika zpracovávána na konkrétních případech – akcích, kde došlo k souběhu mnoha negativních aspektů (minimální cena, nekvalitní projektová dokumentace, odlišné skutečné podmínky na stavbě a z toho vyplývající změna technického řešení).

Obr. 2 Nestabilní zeminové prostředí – sesuv v průběhu stavebních prací.

Ve všech sledovaných parametrech jsou zapracovány veškeré dostupné informace, včetně ekonomického modelování.

Cílem je monitorování vybraných akcí drážní infrastruktury s konkrétním vytipováním negativních aspektů, které v důsledku velice negativně ovlivnily celkovou ekonomiku akce.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Výsledky

V uplynulém období byly na základě sledování stávajících úseků a současně probíhajících stavebních prací shrnuty veškeré aspekty a vytvořen základní model pro zpracování dané problematiky. Technologické procesy spojené s údržbou, obnovou a modernizací drážních staveb souvisejí se ztíženou dostupností stavenišť, dopravou odpadu a stavebního materiálu. Budování přístupových komunikací nepříznivě ovlivňuje okolí dráhy a využití dráhy samotné vede k rušení drážního provozu, což negativně ovlivňuje kvalitu dopravní obslužnosti.

Ve všech sledovaných parametrech jsou zapracovány veškeré dostupné informace ze sledování zkušebních úseků a staveb na III. a IV. Tranzitním koridoru v síti tratí ve správě SŽDC s.o., včetně ekonomického modelování.

Jako rozhodující aspekty ovlivňující náklady Vyplývající z monitoringu objektů železničního spodku kolejové jízdní dráhy byly identifikovány:

- kvalita provedení geotechnického průzkumu tělesa železničního spodku, podcenění rizikových faktorů, kvalita návrhu konstrukce železničního spodku, kvalita stavebních prací a dodaných materiálů;
- změna režimu podzemních vod v kritickém místě konstrukce drážního spodku vlivem nevhodného zásahu;
- vznik dynamických účinků vlivem změn podepření pražců v kolejovém loži, změnami tuhosti jízdní dráhy v přechodových oblastech mostů a výhybek a výhybkových konstrukcí;
- absence propracovaného systému plánování údržbových prací, nevhodné nebo nedostatečné sledování údajů týkajících se prováděné údržby;
- absence monitorovacích systémů poskytujících on-line informace o působícím provozním zatížení a o technickém stavu železničního spodku;
- současný systém zadávání staveb nezohledňující celkové náklady životního cyklu;
- kvalita technických předpisů a norem pro návrh drážního spodku a svršku.

Obr. 3 Rekonstrukce zhlaví v extrémně obtížných geotechnických podmínkách.

Závěr

Vzhledem k velké citlivosti tématu, které má bezprostřední dopad na ekonomiku a způsob čerpání finančních prostředků z národních i evropských zdrojů, bude výzkumná činnost v následujícím období pokračovat na konkrétních modelech se zachováním anonymity, diskrétnosti a ochrany neveřejných údajů.

Literatura

[1] SW pro oceňování staveb drážní infrastruktury

[2] Vybrané stavební objekty – SO staveb III. a IV. Tranzitního koridoru v síti SŽDC s.o.

[3] Zákon č. 137/2006 Sb., o zadávání veřejných zakázek, v platném znění.

[4] Vyhláška č. 230/2012 Sb., kterou se stanoví podrobnosti vymezení předmětu veřejné zakázky na stavební práce a rozsah soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr, s účinností od 1.9.2012.

[5] Vyhláška č. 231/2012 Sb., kterou se stanoví obchodní podmínky pro veřejné zakázky na stavební práce, s účinností od 1.9.2012.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZJIŠTĚNÍ TUHOSTI JÍZDNÍ DRÁHY PO DÉLCE VYSOKORYCHLOSTNÍ VÝHYBKY POMOCÍ VÝPOČTOVÉHO MODELOVÁNÍ

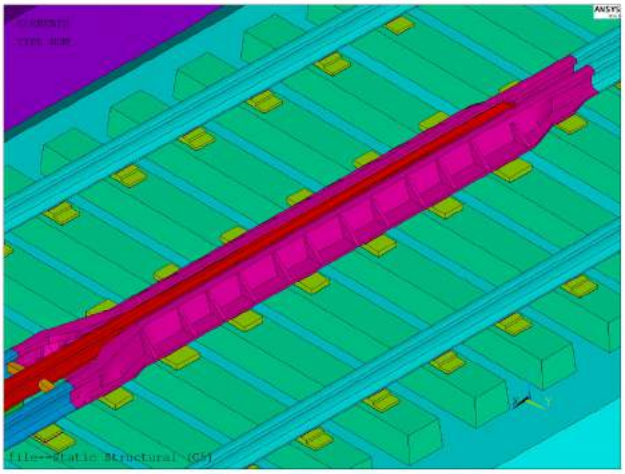
Zpracovali: Ing. Lukáš Raif, Ing. Bohuslav Puda, Ing. Jiří Havlík, Ing. Marek Smolka (DT – Výhybkárna a strojírna, a.s.)

Souhrn

Tento technický list stručnou formou pojednává o postupu prací v roce 2015 v aktivitě 2.2 Statické a dynamické analýzy drážních staveb, modelování konstrukcí a součástí kolejové jízdní dráhy. Největší pozornost byla věnovaná výhybce tvaru J60 1:33,5-8000/4000/14000-PHS, která je konstrukčně navržena pro použití ve vysokorychlostních tratí, u kterých se ve srovnání s konvenčními tratěmi výrazněji projevují nedostatky ve změnách tuhosti kolejové jízdní dráhy.

Oblast použití

Výhybky mají z povahy své konstrukce po délce větší ohybovou tuhost než přiléhající běžná kolej. To je dáno tím, že ve výhybkových konstrukcích se nachází mnohem více tužších prvků, které mají zásadní vliv na ohybovou tuhost v podélném směru. V případě vysokorychlostní výhybky J60 1:33,5-8000/4000/14000-PHS tomu není jinak. Existuje předpoklad, že v některých místech této výhybky bude ohybová tuhost ještě mnohem větší. Hlavním prvkem, který zásadně ztužuje vysokorychlostní výhybku, je odlévaný rám srdcovky s pohyblivým hrotem, který je robustní ocelové konstrukce. Změny tuhosti po délce výhybky mají zásadní vliv na dynamické chování železničních vozidel jedoucích přes výhybku. Vliv dynamických účinků se s rostoucí rychlostí zvětšuje, což znamená, že se při konstrukci vysokorychlostních výhybek, kde se předpokládá provoz vozidel s rychlostmi přesahujícími 300 km.h^{-1}, již musí zohlednit proměnná tuhost po délce výhybky. Při takto vysokých rychlostech dochází i při menších změnách tuhosti k mnohem většímu namáhání některých částí, což způsobuje rychlejší degradaci dotčených prvků ve výhybce, je vyvolána rychlejší potřeba zásahu údržby, případně přímo výměna daného dílu a také je zapříčiněn rychlejší rozpad geometrických parametrů koleje ve výhybce. Toto vše s sebou může přinášet častější potřebu úpravy prostorové polohy koleje. Optimalizace tuhosti, resp. vyrovnání poklesů po délce výhybky, přinese tedy mimo jiné snížení nároků na údržbu, což je na vysokorychlostních tratích jedním z hlavních požadavků. Získané poznatky při výzkumu dynamického chování výhybky J60 1:33,5-8000/4000/14000-PHS, která umožňuje rychlost v odbočném směru 160 km.h^{-1}, budou zcela jistě použity i při budoucím vývoji dalších štíhlých výhybek do vysokorychlostních tratí, tedy např. do výhybky, která by umožňovala rychlost jízdy v odbočné větvi až 230 km.h^{-1}.



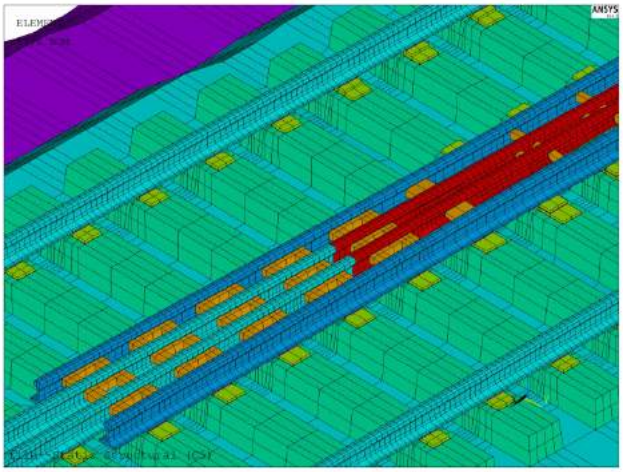
Obr. 1 Model srdcovky s pohyblivým hrotem.

Metodika a postup řešení

Prvním krokem bylo vytvoření 3D geometrického modelu, který zohledňuje všechny významné prvky výhybky. Byly vymodelovány všechny podstatné části, u kterých se očekává, že budou mít vliv na ohybovou tuhost po délce výhybky, a tedy také na dynamické chování celé výhybkové konstrukce. Jednalo se např. o kolejnice, opornice, jazyky, rám srdcovky i s pohyblivým hrotem srdcovky, systémy upevnění a nakonec také pražce. V některých případech byla přijata zjednodušení, která spočívala v zanedbání některých konstrukčních detailů, které by zbytečně zvyšovaly nároky na diskretizaci konečnými prvky a výpočtový čas.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Dalším zásadním krokem byl import 3D geometrického modelu do výpočtového softwaru ANSYS, ve kterém budou provedeny všechny důležité výpočty. Po načtení modelu do prostředí programu ANSYS bylo provedeno doplnění materiálových charakteristik, model byl vybaven dalšími prvky, které reprezentují hmotnostní parametry jednotlivých částí, které budou mít vliv na dynamické charakteristiky soustavy. Následně proběhla diskretizace na konečné prvky, čímž byl výpočtový model výhybky připraven k jednotlivým statickým i dynamickým výpočtům.



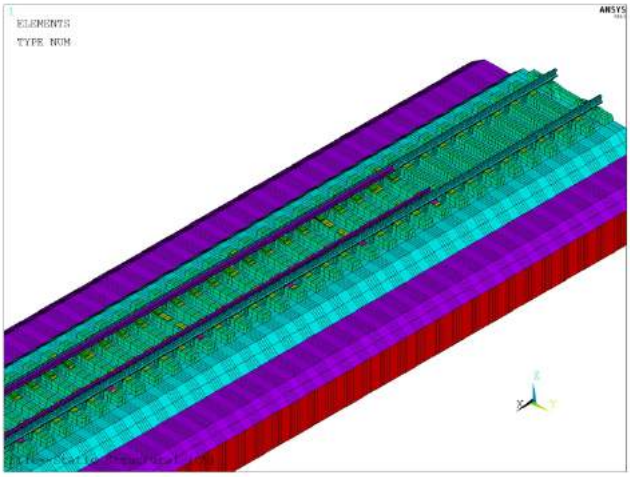
Obr. 2 Pohled na rám srdcovky PHS.

Výsledky

Hlavním výsledkem v této aktivitě bylo úspěšné vytvoření 3D geometrického modelu výhybky a úspěšné načtení do prostředí softwaru ANSYS. V roce 2015 byl tedy dokončen 3D geometrický model vysokorychlostní výhybky J60 1:33,5-8000/4000/14000-PHS a byl proveden převod modelu do výpočtového prostředí softwaru ANSYS. Byly nastaveny materiálové charakteristiky a byly zohledněny další zařízení, která se vyskytují ve výhybce.

Závěr

Na výsledky roku 2015 budou navazovat další činnosti. V následujícím roce bude dokončen výpočet poklesů po délce výhybky a bude provedena vhodná optimalizace svislé tuhosti po délce výhybky za účelem minimalizace dynamických účinků od vozidel na konstrukční prvky výhybky. Tato optimalizace bude provedena návrhem zpružnění nejtužších částí ve výhybce, což s sebou pravděpodobně přinese i konstrukční úpravu některých uzlů upevnění.



Obr. 3 Pohled na výměnovou část modelu výhybky.

Literatura

[1] ESVELD, C. Modern Railway Track. 2nd ed. Delft, 2001. 632 p. ISBN 90-800324-3-3.

[2] MORAVČÍK, M., MORAVČÍK, M. Mechanika železničních tratí 1. diel: Teoretická analýza a simulácia úloh mechaniky železničních tratí. 1st ed. Žilina: EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2002. 300 p. ISBN 80-7100-983-0.

[3] MORAVČÍK, M., MORAVČÍK, M. Mechanika železničních tratí 2. diel: Teoretická analýza a simulácia úloh mechaniky železničních tratí. 1st ed. Žilina: EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2002. 312 p. ISBN 80-7100-984-9.

[4] MORAVČÍK, M., MORAVČÍK, M. Mechanika železničních tratí 3. diel: Experimentálna analýza namáhania a pretvorenia komponentov trate. 1st ed. Žilina: EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2002. 220 p. ISBN 80-7100-985-7.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ANALÝZA PROBLÉMŮ VE VZTAHU MEZI INVESTOREM, ZHOTOVITELEM A SPRÁVCEM STAVEB ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY

Zpracoval: doc. Ing. Pavel Zvěřina, CSc. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Také v oblasti železničních staveb se jeví kritickou problematika spojená se způsobem zadávání veřejných zakázek sektorovým zadavatelem SŽDC s. o. především v otázce nízkých nabídkových cen podle zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách.

Ve vztahu mezi investorem, zhotovitelem a následně správcem stavby (u drážních staveb je totožný s investorem) je problematika soustředěna na změny během výstavby (ZBV) tj. na problematiku více a méněprací v průběhu provádění staveb dráhy a staveb na dráze, v obecné rovině tj. vztahu mezi investorem/zhotovitelem týkající se předvídatelností a nepředvídatelnosti v kontextu platné legislativy a v souvislosti s kontrolními činnostmi nadřízených orgánů, včetně orgánů EU.

Činnost je členěna do tří základních okruhů a to:

- Zadávací řízení staveb;
- Realizace více a méněprací v průběhu výstavby a jejich posuzování;
- Předvídatelnost a akceptovatelnost změn během výstavby.

Součástí činnosti je kromě analýzy také návrh řešení těchto problémů.

Oblast použití

Oblast použití získaných poznatků při řešení této výzkumné aktivity se předpokládá jak ve fázi zadávacího řízení na projekt stavby, tak především ve fázi realizace stavby. Výstupy budou použitelné jak investorem staveb (SŽDC s. o.), tak zhotoviteli, ale i Hospodářskou komorou ČR, Státním fondem dopravní infrastruktury s. o. (SFDI), Ministerstvem dopravy ČR, případně dalšími subjekty.

Metodika a postup řešení

V rámci úkolu byly provedeny následující činnosti.
Analýza zadávacích řízení na projekty drážních staveb a zadávacích řízení na zhotovitele poskytnutých investorem (SŽDC – Stavební správou Západ) a konfrontace se zákonem č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách a akceptace metodik MMR. Stanoviska zadavatelů a uchazečů k problematice nízkých nabídkových cen, vyhledání a zpracování rozhodnutí/stanovisek Správního soudu a Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže (ÚOHS) a vazeb na zadávací řízení. Návrh řešení.

Analýza problematiky ZBV – týkajících se zadávání víceprací a akceptace zápočtu méněprací v souvislosti se stavební činností a ve vztahu investor/zhotovitel v kontextu platné legislativy na základě zpracování výstupů z periodických kontrol prováděných SFDI v součinnosti s řešitelem této části výzkumného úkolu. Zpracování judikátů rozhodnutí/stanovisek ÚOHS týkajících se zadávání víceprací v souvislosti se změnami během výstavby a investiční činnosti na drážních stavbách, stanovisek zadavatelů, zhotovitelů, kontrolních a správních orgánů. Návrh řešení.

Zpracování problematiky týkající se předvídavosti a předvídatelností a nepředvídatelnosti víceprací a jejich akceptovatelnost v rámci zadávacího řízení. Návrh řešení.

Verifikace vydané Směrnice SŽDC č. 105 – Změny během výstavby č.j. : S 39507/2013 ve vztahu k řešené problematice. Aktuální aplikace ZBV.

Vypracování tezí k novým okruhům problémů mezi investorem a zhotovitelem převážně v souvislosti s implementací nařízení a rozhodnutí EU (zvláště pak TSI) dle jednání se zainteresovanými institucemi.

Výsledky

Za uplynulé období lze sumarizovat následující výsledky.

Vypracování souhrnné analýzy k problematice změn během výstavby u projektů drážní infrastruktury zahrnující eliminaci nízkých nabídkových cen dle současně platného zákona č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Zpracovávání souhrnu poznatků k řešeným oblastem, tj. zadávací řízení staveb, realizace více a méněprací v průběhu výstavby a předvídatelnost ZBV a jejich reálnost u staveb drážní infrastruktury.

Popis a zpracování výkladových stanovisek k zadávacím řízením staveb a zadávání dodatečných prací, včetně vazby na související stanoviska Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže a vazby na Souhrn smluvních dohod. Popis problematiky zadání dodatečných prací prostřednictvím Jednacího řízení bez uveřejnění (JŘBU). Vícepráce a jejich vazba na předvídatelnost, stavby a vícepráce kofinancované z evropských fondů.

Závěr k problematice zadání dodatečných prací.

Zpracování výkladových stanovisek Úřadu pro ochranu hospodářské soutěže a stanovisek zadavatelů k problematice „Více a méněprací v průběhu výstavby drážní infrastruktury a jejich předvídatelnosti“.

Vypracování definic pojmů objektivně nepředvídaných či předvídaných dodatečných prací v:

- Oblasti legislativní;
- Oblasti přípravy staveb;
- Oblasti zadávání staveb;
- Oblasti realizace staveb;
- Oblasti technických předpisů, norem aj.

Pro posouzení předvídatelnosti/nepředvídatelnosti změn u Provozních souborů (PS) a stavebních objektů (SO) sestavení modelu kategorizací.

Stanovení jednotlivých typů nepředvídaných či předvídaných dodatečných prací včetně postupu při jejich posuzování.

Verifikace vydané Směrnice SŽDC č. 105 – Změny během výstavby č.j. : S 39507/2013 ve vztahu k řešené problematice. Aktuální aplikace ZBV.

Vypracování závěru s návrhy řešení.

Bylo zhodnoceno zaměření dosavadních prací na problematiku zadávacího řízení v oblasti železničních staveb a dále zaměření na problematiku více a méněprací v průběhu provádění staveb a jejich předvídatelnost a vysvětlena motivace začlenění tématu do projektu CESTI do pracovního balíčku WP2.

Bylo upřesněno, že činnost dílčího řešitelského týmu bude zaměřena pouze na výše uvedenou problematiku u železničních staveb.

Závěr

Dosavadní výsledky dílčího řešitelského týmu byly zapracovány do Směrnice SŽDC č. 105 – Změny během výstavby pod Č.j.: S 39507/2013-O7 a jsou zhotoviteli akceptovány jako nedílná součást smluvních vztahů mezi investorem a zhotovitelem za účelem zjednodušení výstavby. V současnosti je prováděno hodnocení výstupů Směrnice a její akceptace.

Analýzy problémů a dílčí výstupy ve vztahu mezi investorem a zhotovitelem byly postupně prezentovány zainteresovaným pracovníkům SŽDC a její Stavební správě Západ a také pracovníkům kontrolního oddělení SFDI a jsou postupně zaváděny do praxe.

Například zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách je novelizován a je předmětem jednání parlamentu ČR.

Dále například investor se snaží (na základě uvedených analýz) eliminovat problematiku dodatečných prací již v zadávacím řízení stanovením tzv. pevné smluvní ceny.

Konkrétní analýzy byly provedeny na základě provedených odborných expertíz způsobilosti ZBV při cyklických typových kontrolách na projektech OPD SŽDC s. o., Stavebních správ, prováděných SFDI, č.j. 979/SFDI/4313/0088 za spoluúčasti řešitele tohoto úkolu.

Literatura

[1] Veřejně dostupné internetové zdroje.

[2] Zákon č. 137/2006 Sb., o zadávání veřejných zakázek, v platném znění.

[3] Vyhláška č. 230/2012 Sb., kterou se stanoví podrobnosti vymezení předmětu veřejné zakázky na stavební práce a rozsah soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr, s účinností od 1.9.2012.

[4] Vyhláška č. 231/2012 Sb., kterou se stanoví obchodní podmínky pro veřejné zakázky na stavební práce, s účinností od 1.9.2012.

[5] ZVĚŘINA,P.: Pravidla a postupy pro provádění expertíz projektů staveb dopravní infrastruktury u SŽDC. Vypracování metodiky expertíz projektů, objednatel SŽDC s. o., Stavební správa západ, Brno, 2014, str.41.

SLEDOVÁNÍ ZKUŠEBNÍHO ÚSEKU ROHATEC

Zpracoval: Ing. Richard Svoboda, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Na konci roku 2014 byl v traťovém úseku Hodonín – Rohatec (km 108,5 – 109,5) realizován zkušební úsek s upravenou technologií podbíjení, resp. opravy geometrických parametrů koleje (zhutňování po práci automatické strojní podbíječky). Od té doby byla realizována pravidelná měření poklesů koleje přesnou nivelací a měřicím vozíkem KRAB. Z naměřených dat jsou vytvářeny první analýzy, které začínají ukazovat rozdíly mezi použitými technologiemi.

Oblast použití

Výsledky sledování směřují k ověření technologie oprav geometrických parametrů koleje železničních drah. Změna technologie oprav směřuje k prodloužení životnosti opravy a tím ke zkrácení výluk a tedy omezení provozu.

Metodika a postup řešení

V roce 2014 proběhla jednání o technologických postupech (řazení strojních linek) pro propracování koleje. V 80. letech 20. století byly učiněny pokusy s různými sestavami strojních linek při běžných opravách GPK. Z výsledků práce těchto sestav byly učiněny poměrně zajímavé závěry, které však se změnou politického režimu zapadly a nikdy tedy nebyly verifikovány. Navíc od té doby došlo k poměrně výrazným technickým změnám na strojích.

Realizace této opravné práce v traťovém úseku Hodonín – Rohatec byla provedena v rámci plánovaných opravných prací a byl zahájen monitoring tohoto úseku založením 1 km dlouhého nivelačního polygonu pro měření obou kolejí, přičemž kolej č. 1 běžnou technologií (podbití, dynamická stabilizace a upravení profilu kolejového lože) a jedna byla provedena upravenou technologií (podbití více záběry podbíjecích pěchů a zhutnění kolejového lože zhutňovačem, dynamická stabilizace a upravení profilu kolejového lože).

Pro sledování byl zkušební úsek rozměřen a vyznačeno na něm 19 příčných profilů (v místě zajišťovacích značek polohy koleje). Celý traťový úsek je směrově přímý s několika ve výsledku však nevýznamnými lomy sklonu. Trať přechází postupně z náspu (cca 5 metrů vysokého) do zářezu cca 7 metrů hlubokého). V zářezu v oblasti řezů 14 – 19 je oboustranně zřízeno nástupiště železniční zastávky Rohatec zastávka.

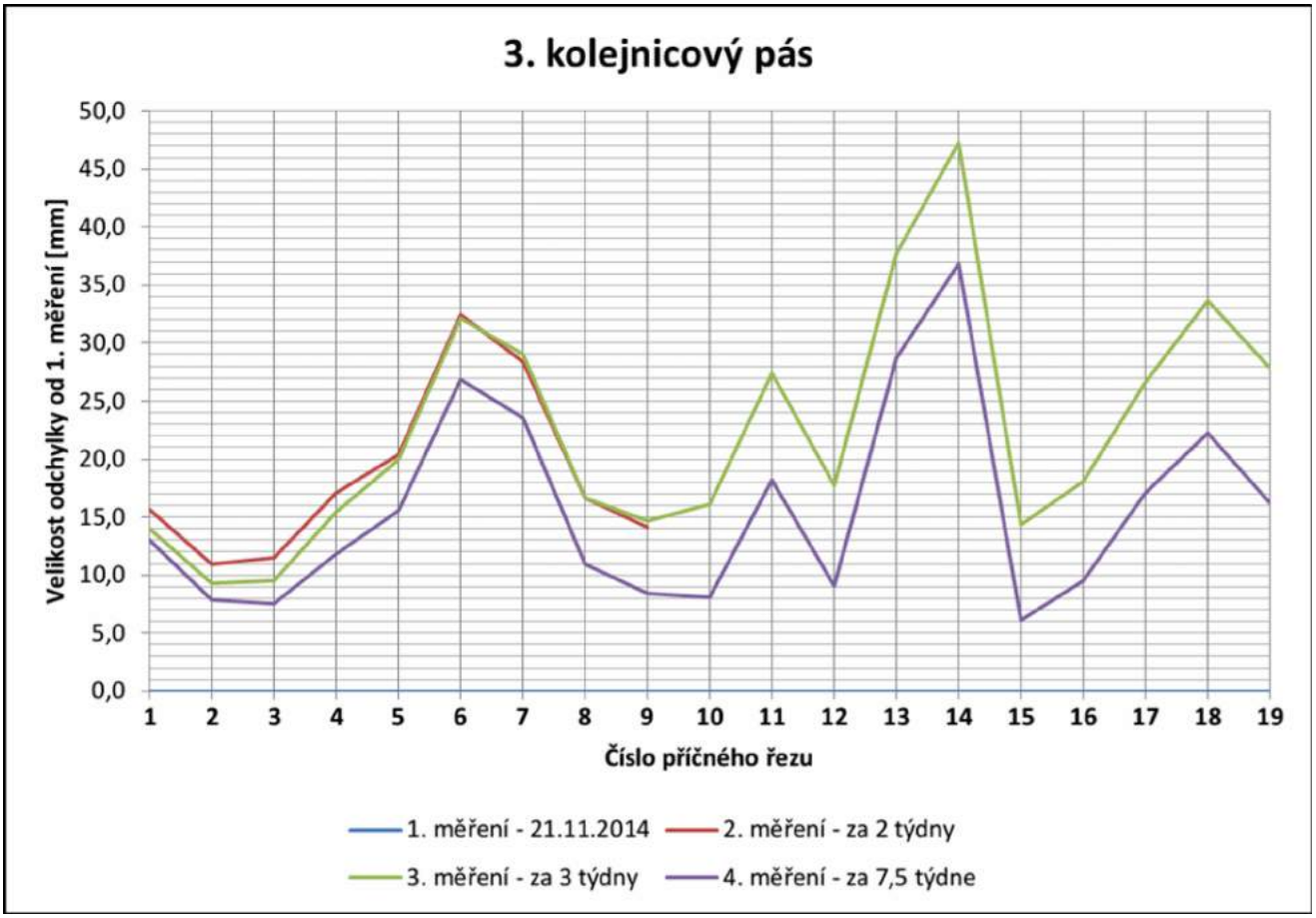
Pro ověření upravené technologie byl zřízen v roce 2014 zkušební úsek a proběhla první měření. V roce 2015 proběhla další měření v těchto 6 etapách:

- 21. 11. 2014,
- 4. a 5. 12. 2014 (po 2 týdnech),
- 12. 12. 2014 (po 3 týdnech),
- 13. 1. 2015 (po 7,5 týdnech),
- 12. 6. 2015 (po půl roce),
- 7. 12. 2015 (po roce).

Ve všech etapách proběhlo měření celého úseku nivelačním pořadem přesné nivelace, kterou byla měřena temena všech kolejnicových pásů a výšky zajišťovacích značek. Ke sledování je používán digitální nivelační přístroj Sprinter M150 a lať s čárovým kódem. Před začátkem každého měření je provedena temperace nivelačního přístroje trvající 15 minut. Následuje kontrolní měření ve dvou polohách sloužící pro stanovení chyby přístroje. Záměry mezi měřenými body a při přestaveních přístroje nepřesahují 25 metrů (většinou se pohybují do 20 m. Nivelační pořad je veden jako uzavřený z dvojice nivelačních značek, přičemž jsou měřeny všechny okolní nivelační značky pro eliminaci chyb měření.

Další metodou sledování měřeného úseku je měření geometrických parametrů koleje měřicím vozíkem KRAB Light. Měření probíhá od roku 2015, tedy od měření 13. 1. 2015. Při každé etapě nivelace je každá kolej projeta měřicím vozíkem a z naměřených dat jsou následně vyhodnocena úseková hodnocení pro jednotlivé parametry výšky a směru koleje. Pro vyhodnocení je využíván speciální software přímo sestavený k měřicímu vozíku KRAB.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Obr. 1 Ukázka průběhu výšek kolejnicových pásů po délce zkušebního úseku

Výsledky

Z aktuálně dokončených analýz nejsou příliš velké rozdíly v poklesech kolejnicových pásů mezi oběma kolejemi. Nicméně se začíná projevovat rozdíl v sedání) ve změnách výškové polohy) kolejí. Ukazuje se, že kolej č. 1 sedá o něco pomaleji. Zatím se ale nedá jistě říci, zda je to způsobeno technologií práce nebo jinými vlivy.

Výstupy z měřicího vozíku KRAB jsou na první pohled stejné pro obě koleje. Ani jedna kolej nevykazuje zaznamenáníhodné lokální závady. Nicméně na úsekovém hodnocení se už rozdíly začínají projevovat a známky kvality, resp. známky podbíjení, se již od sebe začínají lišit, i když stále ještě ne příliš výrazně.

Než budou provedeny další analýzy, zejména s ohledem na skladbu podloží tratě (a její případný vliv na vady v GPK, resp. rozdíly pro jednotlivé koleje) a především na zatížení tratě, o němž je možné se domnívat, že není pro obě koleje shodné, není možné činit odpovědné závěry. Z toho vyplývá, že zatím zjištěné rozdíly nemusejí být přímo v souvislosti s technologií opravné práce, ale možná větší vliv na výsledky mají jiné vlivy.

Závěr

Aktuálně naměřená data zatím neukazují výrazné rozdíly mezi oběma kolejemi, tedy mezi oběma technologiemi. To je způsobeno obecně relativně pomalým rozpadem geometrických parametrů koleje a tedy pomalými nárůsty deformací koleje a vzniky vad. Dá se očekávat, že v následujícím období se již začnou rozdíly ukazovat.

I nadále bude pokračovat monitoring založeného zkušebního úseku. Navíc se předpokládá doplnění dalšími metodami sledování – data z georadaru, která umožní nahlédnout do podloží a tím dát do souvislosti kvalitu podloží s následnými poklesy či deformacemi. Analýzy budou doplněny o data zatížení tratě sledováním projeté zátěže.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZKUŠEBNÍ ÚSEK SE STABILIZAČNÍM GEOKOMPOZITEM ULOŽENÝM POD KOLEJOVÉ LOŽE V ÚSEKU DOMAŽLICE – HAVLOVICE

Zpracoval: Ing. Leoš Horníček, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Na jednokolejné železniční trati v úseku Domažlice – Havlovice byl pomocí technologie se snášením kolejového roštu uložen v délce 95 m stabilizační geokompozit s velkým rozměrem oka mezi jednostranně ukloněnou zemní pláň a kolejové lože. Zahájeno tím bylo 2,5leté provozní ověřování modifikované metody zlepšování pražcového podloží.

Oblast použití

Výsledkem rešerše provedené v roce 2014 se zaměřením na použití progresivních geosyntetických materiálů v pražcovém podloží pro řešení lokálních problémů s únosností pražcového podloží (výskyt nestabilních soudržných zemin, vysoká hladina podzemní vody, protlačování jemnozrnných zemin do nadložních vrstev – tzv. pumpovací efekt) a propadem kolejového lože způsobeným štěrkovými pytli nebo postupným vytlačováním kameniva kolejového lože do stran bylo doporučení zaměřit se v podmínkách České republiky na použití geokompozitů s hexagonálními geomřížkami, které vykázaly velmi dobré výsledky v laboratorních podmínkách.

Experimentální výzkum i praktické aplikace v zahraničí se stále více zaměřují na uložení geosyntetik co nejblíže pod pražce (pod kolejové lože nebo do spodní části kolejového lože), které minimalizují náklady na jejich zabudování do stávajících železničních tratí.

Metodika a postup řešení

Pro praktické ověření účinnosti uvedené metody zlepšování pražcového podloží byl na základě jednání se zástupci SŽDC vytipován jako vhodný úsek Domažlice – Havlovice nacházející se na jednokolejné železniční trati Domažlice – Česká Kubice. V tomto úseku se dlouhodobě nacházejí zblácená místa, která negativně ovlivňují geometrické parametry koleje a vyžadují časté operativní opravné práce.

Na základě prvotní obhlídky vytipovaného úseku trati, která se uskutečnila 28. 11. 2014 za účasti místně znalých zaměstnanců SŽDC, byla upřesněna lokalita pro realizaci zkušebního úseku v délce cca 100 m. Úsek byl vybrán ve směrově přímé části s dobrou návazností na příjezdovou komunikaci pro stavební mechanismy (obr. 1).

Obr. 1 Zblácená místa ve vybraném úseku.

S ohledem na jemnozrnný charakter zeminy nacházející se v pražcovém podloží typu 1 [1] byl zvolen typ stabilizačního geokompozitu Tensar TriAx TX190L-GN s roztečí hexagonu geomřížky 120 mm a charakteristickým rozměrem [2]. Parametry stabilizačního geokompozitu byly zvoleny tak, aby byly v souladu s novými Obecnými technickými podmínkami SŽDC „Geosyntetické výrobky v tělese železničního spodku“ s účinností od 1. 2. 2015 [3] a EOTA TR041 [4].

Podmínky pro zřízení zkušebního úseku a způsob jeho hodnocení byly určeny výnosem SŽDC o provozním ověřování geokompozitu Tensar TriAx TX190L-GN pro stabilizaci kolejového lože, č.j. S 30 240/2015-SŽDC-O13 [5].

Zřízení zkušebního úseku bylo koordinováno s dlouhodobě plánovaným čištěním kolejového lože v přilehlém traťovém úseku. To umožní nejen sledovat chování železniční konstrukce ve zkušebním úseku, ale též ve dvou cca 100 m dlouhých přilehlých úsecích s různou úpravou. V prvním z nich (ve směru staničení) bylo provedeno čištění kolejového lože, jeho doplnění a

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

úprava GPK. V druhém z nich nebyl proveden žádný opravný zásah.

Zkušební úsek byl zřízen ve dnech 12.-13. 6. 2015 v km 169,850 – 169,945. Nejprve byl snesen kolejový rošt, následně bylo odtěženo zbývající kolejové lože do úrovně pláně tělesa železničního spodku a pláň byla upravena do jednostranného sklonu min. 3 % směrem k podélnému příkopu. Na ni byly rozvinuty dvě role stabilizačního geokompozitu o šířce 3,8 m se vzájemným podélným přesahem 50 cm. Geokompozit byl umístěn centricky vzhledem k ose koleje a v podélném i příčném směru bylo provedeno jeho řádné napnutí, které je předpokladem dobré součinnosti s kamenivem kolejového lože (tzv. interlocking). Následovalo zřízení vrstvy kolejového lože z nového hrubého drceného kameniva frakce 32/63 s tloušťkou min. 35 cm pod ložnou plochou pražce (obr. 2). Poté byl zpět uložen kolejový rošt, svařen a provedena úprava GPK do požadovaného stavu strojní podbíječkou.

Obr. 2 Vložení geokompozitu pod kolejové lože.

Výsledky

Ve zkušebním úseku a obou přilehlých úsecích byly v roce 2015 provedeny 3 měřicí kampaně.

První měřicí kampaň se uskutečnila dne 3. 6. 2015, tj. na původním stavu železničního tělesa a současně bezprostředně před zahájením opravných prací. V této kampani bylo provedeno měření průhybu kolejnice při průjezdu vlaků ve 4 příčných profilech, z čehož 2 byly situované do zkušebního úseku a zbylé 2 do obou přilehlých úseků. Dále byla provedena nivelace temene kolejnicového pásu a byly odebrány vzorky zeminy z kopaných sond v mezipražcových prostorách.

Druhá měřicí kampaň byla součástí zřízení zkušebního úseku. Na upravené pláni tělesa železničního spodku byly v ose koleje provedeny statické zatěžovací zkoušky v profilech s největšími problémy s GPK. Dále byly po každých 10 m provedeny rázové zatěžovací zkoušky v ose koleje a ve vzdálenosti 0,80 m na obě strany. Odebrány byly vzorky zeminy pláně tělesa železničního spodku pro provedení indexových laboratorních zkoušek.

Třetí měřicí kampaň se uskutečnila 24. 9. 2015 bezprostředně po posledním potřebném strojním podbití koleje. Provedeno bylo měření průhybu kolejnice při průjezdu vlaků ve 4 příčných profilech stejných jako v kampani 1, nivelace temene kolejnicového pásu a rázové zatěžovací zkoušky po každých 10 m v úrovni ložné plochy pražce poblíž kolejnicových pásů.

Z prvotních výsledků lze konstatovat, že po aplikaci stabilizačního geokompozitu došlo k významnému snížení průměrné hodnoty průhybu kolejnice při průjezdu vlaků – např. v km 169,889 z 11,85 mm na 1,51 mm. V úseku s geokompozitem byly dále zjištěny větší hodnoty únosnosti v úrovni ložné plochy pražce zjištěné rázovou zatěžovací zkouškou.

Závěr

V roce 2015 se podařilo v úzké spolupráci se SŽDC založit zkušební úsek železniční trati pro provozní ověření účinnosti stabilizačního geokompozitu uloženého pod kolejové lože s cílem zamezit pronikání jemnozrnné zeminy z podloží do kolejového lože a současně zvýšit stabilitu geometrických parametrů koleje.

Ve zkušebním úseku budou nejméně do konce roku 2017 dvakrát ročně prováděny statické a rázové zatěžovací zkoušky, nivelace výškové polohy kolejnic a měření průhybu kolejnice při průjezdu vlaků. Dále budou odebírány vzorky geokompozitu pro provedení srovnávacích laboratorních testů. Součástí sledování bude rovněž hodnocení vývoje GPK z pravidelných jízd měřícího vozu.

Literatura

[1] Předpis SŽDC S4 Železniční spodek, účinnost od 1. 10. 2008.

[2] Tensar TriAx Stabilization Geomposite. Technical Data TX190L-GN.

[3] Obecné technické podmínky SŽDC Geosyntetické výrobky v tělese železničního spodku, č.j. S 54 316/2014-O13, účinnost od 1. 2. 2015.

[4] EOTA TR041 Non-reinforcing hexagonal geogrid for the stabilization of unbound granular layers by way of interlock with the aggregate, 2012.

[5] Výnos SŽDC o provozním ověřování geokompozitu Tensar TriAx TX190L-GN pro stabilizaci kolejového lože, č.j. S 30 240/2015-SŽDC-O13.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

METODIKA SLEDOVÁNÍ A HODNOCENÍ PERIODICKÝCH VLNOVITÝCH VAD POJÍŽDĚNÉ PLOCHY KOLEJNICE

Zpracovali: Ing. Jan Valehrach, doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Skluzové vlny a vlnkovitost, patřící do kategorie periodických vlnovitých deformací, stejně jako ostatní vady pojížděné plochy kolejnic, jsou zdrojem dynamického zatížení koleje a negativního vlivu na okolí tratí. Ten se projevuje nejen ve formě zvýšené hlučnosti, ale i přenosem vibrací do okolí. Skluzové vlny a vlnkovitost se objevují nejen na železničních tratích včetně metra, ale i na tratích tramvajových.

Obr. 1 Skluzové vlny na úseku Velký Osek – odb. Kanín.

Tratě se skluzovými vlnami nebo vlnkovitostí vyžadují častější a nákladnější údržbu (broušení, výměnu kolejnic atd.). Výluky spojené s pracemi na tratích jsou negativně vnímány nejen cestující veřejností, ale i nákladními dopravci.

Z výše uvedených důvodů je velice důležitá nejen prevence vzniku a rychlého rozvoje vad, ale i možnost dlouhodobého plánování (výluky, údržba, finance) na základě předpovědi chování vad.

V rámci výzkumné činnosti je sestavována certifikovaná metodiky zaměřená na diagnostickou a monitorovací činnost v oblasti periodických vlnovitých vad pojížděné plochy kolejnice.

Jako podklad jsou používána data z uskutečněných měření na vybraných úsecích drážní i tramvajové infrastruktury.

Oblast použití certifikované metodiky

Na základě dat získaných při monitoringu vybraných úseků se identifikují vstupní parametry pro předpovídání vzniku a rozvoje skluzových vln a vlnkovitosti. Výsledkem bude sestavení postupu zaměřeného na diagnostickou a monitorovací činnost ve vztahu ke skluzovým vlnám a vlnkovitosti.

Metodika a postup řešení

Ve spolupráci se Správou železniční dopravní cesty s.o. (SŽDC s.o.) byly vytipovány vhodné úseku pro sledování skluzových vln typické výrazným projevem této vady. Následně byla provedena měření geometrických parametrů koleje zařízením Krab a vlnkovitosti přístrojem Salamander. Výsledky měření jsou podkladem pro další postup.

Obr. 2 Zařízení na měření vlnovitých deformací Salamander.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

V současné době mezi monitorované úseky patří:

- Havlíčkův Brod – Okrouhlice;
- odb. Hády – zast. Bílovice nad Svitavou;
- Kolín – Velký Osek;
- Velký Osek – odb. Kanín;
- Vyškov – Ivanovice na Hané;
- Břeclav – Lanžhot;

U každého úseku byla stanovena periodicita jednotlivých měření vzhledem k předchozím údržbovým pracím, hustotě a skladbě provozu a plánovaným záměrům SŽDC s.o.

Dále probíhá vyhodnocení dostupných dat k jednotlivým úsekům. Předpokladem je ovlivňování vzniku a rozvoje skluzových vln kromě směrových parametrů vedení tratí i samotnou konstrukcí železničního svršku (skladba konstrukce železničního svršku včetně vlivu jiných zkoušených konstrukční prvků – např. zpružněné systémy upevnění kolejnic na pražci, svěrky se zvýšeným únavovým limitem, podpražcové podložky) a konstrukce železničního spodku trati (např. vliv skalního podloží, mostních konstrukcí apod.).

Na úsecích je dále sledován provoz drážních vozidel vzhledem k traťové rychlosti a dodržování technologií stavebních a udržovacích prací práce.

Výsledky

Prvotní analýzy dat z uskutečněných měření ve sledovaných úsecích ukazují výrazné rozdíly v rozvoji skluzových vln v obloucích malého poloměru, které s ohledem na běžné parametry konstrukčního a geometrického uspořádání koleje (poloměry oblouků, převýšení koleje apod.) a konstrukce železničního svršku nevykazují výrazné rozdíly. V tabulce 1 je uveden příklad úsekového hodnocení mikrogeometrie pojížděné plochy kolejnice ve sledovaných vlnových délkách. Po 3 měsících provozu oblouk č. 1 vykazuje výrazněji pomalejší rozvoj skluzových vln (30-100 mm) než oblouk č. 3, který nevyhoví v 67 % délky.

Vlnová délka	RMS	PP
[mm]	[%]	[%]
10-30	0.0	0.0
30-100	0.762	0.234
100-300	0.0	0.0
300-1000	0.0	0.0

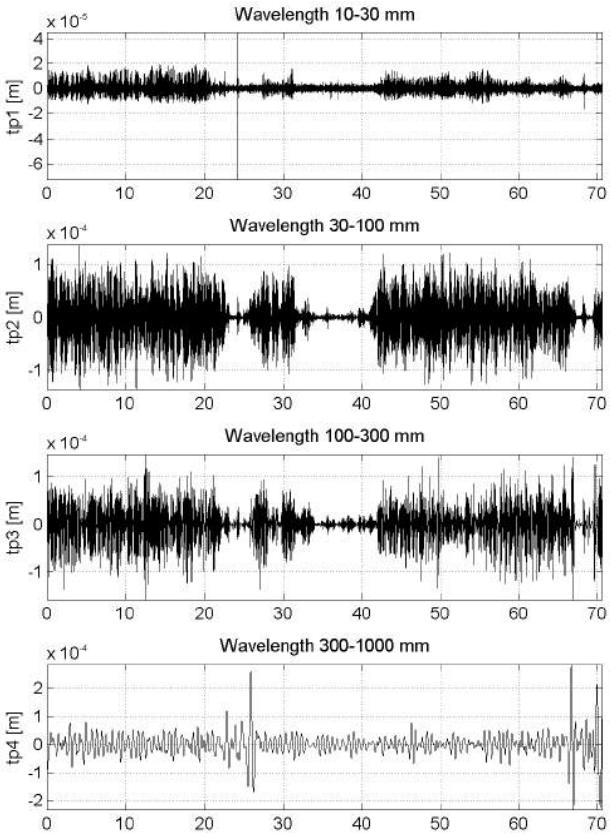
Vlnová délka	RMS	PP
[mm]	[%]	[%]
10-30	0.338	0.0
30-100	66.603	30.353
100-300	14.491	8.45
300-1000	0.0	0.0

Tab. 1 Oblouky č. 1 a 3 na úseku odb. Hády – zast. Bílovice n. Sv. po 3 měsících od výměny kolejnic.

Závěr

V rámci výzkumné činnosti byla v roce 2015 provedena měření parametrů mikrogeometrie kolejnic ve vytipovaných úsecích a sledování základních parametrů provozu drážních vozidel. Poznatky získané ze zpracování naměřených dat budou použity pro sestavení certifikované metodiky pro sledování a hodnocení rozvoje periodických vlnovitých vad pojížděné plochy kolejnice.

Sestavená certifikovaná metodika bude porovnána se současnými platnými postupy diagnostiky drážní infrastruktury.



Obr. 3 Výstup ze zařízení Salamander (krátké úseky se změněnou svislou tuhostí jízdní dráhy).

Literatura

[1] ČSN EN 13231-3. Železniční aplikace – Kolej – Přejímka prací – Část 3: Přejímka reprofilace kolejnic v koleji. 2012.

[2] ČSN EN 15610. Železniční aplikace – Emise hluku – Měření drsnosti povrchu kolejnic ve vztahu k hluku valení. 2009.

[3] Nákresné přehledy železničního svršku jednotlivých úseků.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ VÝHYBKY J60-1:33,5-8000/4000/14000-PHS

Zpracovali: Ing. Bohuslav Puda, Ing. Antonín Vévoda, Ing. Michal Žák (DT – Výhybkárna a strojírna, a.s.)

Souhrn

V roce 2015 pokračoval vývoj výhybky J60-1:33,5-8000/4000/14000-PHS nadále, a to hlavně dvěma základními směry. První směr vývoje spočíval ve vylepšení ocelových prvků výhybky, tedy kolejové části, a to především z hlediska použitého materiálu. Druhý směr byl posun v řešení z oblasti přídavných zařízení výhybky, tedy hydraulické závěry a elektrický ohřev výměn.

Oblast použití

Využití nových poznatků z dílčího cíle bude zejména v následujících etapách řešení projektu, které na dosažené výstupy navazují. Výsledkem bude vložení dvou funkčních vzorků kompletních vysokorychlostních výhybek do sítě Správy železniční dopravní cesty, s.o. (SŽDC), na kterých bude následně probíhat testování všech nově vyvinutých součástí.

Část kolejová

V konečném konstrukčním uspořádání budou zmíněné výhybky uloženy na podkladnicích 1:∞, úklon 1:20 bude vytvořen obráběním hlavy kolejnic na tvar K (1:40). Podkladnice a kluzné stoličky budou odlévané, speciální podkladnice v místě závěrů svařované. Ve výhybce je použitá speciální geometrie odbočné větve s využitím klotoidních přechodnic s cílem zmenšit dynamické účinky vozidla při průjezdu výhybkou a tím snížit nároky na údržbu a také zvýšit jízdní komfort pro cestující. V srdcovce s PHS bude odlévaný rám z bainitické oceli Lo17MnCrNiMo, hrot bude z kolejnicového profilu 60E2A2 jakosti R260 a následně bude zperlitizován. Podle výsledků z výpočtového modelu výhybky J60 1:33,5/8000/4000/14000-PHS a výsledků ověřovacího provozu zpružněných výhybek J60 1:12-500 v ŽST Ústí nad Orlicí bude rozhodnuto o aplikaci zpružnění uzlů upevnění také do výhybky J60 1:33,5/8000/4000/14000-PHS.

V průběhu roku 2015 probíhalo schvalování výkresové dokumentace výhybky tvaru J60 1:33,5/8000/4000/14000-PHS pro vložení do trati SŽDC a s tím souviselo i technologické posouzení a odladění výroby odlévaných komponentů (rámu srdcovky s PHS a podkladnic) v kooperující slévárně. Pro tento účel byly vyrobeny funkční vzorky, u kterých proběhlo zkušební obrábění. U prvního odlitku rámu srdcovky s PHS bylo metodou plátkování, viz Obr. 1, ověřeno dodržení požadované jakosti odlitku. V oddělení technologie byly vytvořeny programy na obrábění stěžejních dílů, jako jsou jazyky, pohyblivý hrot srdcovky a rám srdcovky s PHS. V oblasti manipulace s dlouhými díly (jazyky, opornice) při výrobě byl vyvinut nový trámec pro manipulaci s kolejnicemi do délky až 50 m a nový přepravní rám pro manipulaci se srdcovkou. Byla také zpracována dokumentace pro výrobu betonových pražců v kooperující firmě ŽPSV, a.s.

Obr. 1 Plátkování rámu srdcovky s PHS.

Část ovládání a řízení výhybky

Rok 2015 probíhá z hlediska vývoje hydraulických závěrů ve dvou rovinách – zkoušky některých vytipovaných dílů v akreditované zkušebně a úpravy v koncepci řízení ve fázi přestavení.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Ověření nových konstrukcí samotného závěru pomocí statických a dynamických zkoušek nových montovaných rámů pro výměnovou část i PHS, el. izolovaných stěžejek, izolovaných spojek pro PHS bylo provedeno v ÚAM Brno. Důvodem vývoje montovaných rámů bylo dosáhnout minimálního poškození železničního svršku v případě eventuální poruchy rámů a jejich nutné výměny.

Dále proběhly konstrukční úpravy hydraulických zámkových válců podložených reálným provozem z aplikací v trati. Např. břity na čelech válců s odstřihnutím ledového kroužku v zimních měsících nebo nové stěžejky umožňují výrazný mimotoleranční vertikální i horizontální pohyb jazyků. K ověření jsou dále připraveny nové integrované moduly kontroly s vyšším krytím, bezmanžetová koncepce snímačů polohy atd.

Chystají se zkoušky synchronního chodu jazyků výměny hydraulickým děličem místo elektronického zpětnovazebního způsobu pomocí řízených ventilů. Důvodem této koncepční změny je minimalizovat počet řízených prvků ve výměnové části a s tím související výrazná minimalizace celkového počtu kabelů v energokanále.

Velmi důležitá je i spolupráce s výrobcem zabezpečovacího zařízení ESA – firmou AŽD, a.s. ohledně napájení a možného způsobu zabezpečení výhybky.

Obr. 2 Zkoušky v ÚAM Brno.

Interní zkoušky

V roce 2015 pokračovaly interní zkoušky cyklováním výměnové i srdcovkové části VR výhybky na našem zkušebním pracovišti. Ověřuje se tím spolehlivost a životnost jednotlivých dílů výhybky, ovládacích a zpevňovacích prvků, včetně elektrických kontaktů v koncových spínačích modulu kontroly.

Obr. 3 Řídící skříň.

Elektrický ohřev výhybky

V letošním roce byly zahájeny činnosti potřebné k zajištění ověřovacího provozu EOV DT v reálných drážních podmínkách. Osloveno bylo SŽDC, s kterým se dohodnul způsob postupu ke schválení. Náš systém funguje autonomně, tzn. může fungovat plně samostatně v automatizovaném režimu, nicméně je nutno pamatovat na správce sítě, který má vybudovanou koncepci řízení a kontroly ohřevu výhybek s vizualizací. Tomu je nutné se v naší aplikaci přizpůsobit a doplnit vyvíjený EOV DT o modul s příslušným komunikačním rozhraním a protokolem.

Nyní probíhají jednání na ověření této řídící a komunikační jednotky EOV DT.

Literatura

[1] ČSN EN 13232 Železniční aplikace – Kolej – Výhybky a výhybkové konstrukce – Část 1 až 9; 2004, 2012.

[2] ČSN EN 13674-2 Železniční aplikace – Kolej – Kolejnice - Část 2: Kolejnice pro výhybky a výhybkové konstrukce používané s Vignolovými železničními kolejnicemi o hmotnosti 46 kg/m a větší; 2011.

[3] ČSN EN 13803-2 Železniční aplikace – Kolej – Parametry návrhu polohy koleje – Kolej.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

PEVNÁ JÍZDNÍ DRÁHA A KONSTRUKCE PŘECHODOVÉ OBLASTI

Zpracovali: Ing. Ladislav Minář, CSc., Ing. Martin Volf, Ing. Patrik Grabec, Ing. Jaroslav Louma (KOLEJCONSULT & Servis, spol. s r.o.)

Souhrn

Tento technický list vypovídá o činnosti 2.4 Návrh nových konstrukcí a výrobků drážních staveb při zaměření na konstrukci pevné jízdní dráhy (dále jen: „PJD“). V roce 2015 byla prováděna technicko-inženýrská činnost na zrealizovaných úsecích pevné jízdní dráhy. Současně probíhají výzkumné, vývojové a projekční práce na přípravě doposud nejdelšího úseku PJD v síti SŽDC.

Dále se, vzhledem na průběžný vývoj technologií PJD uskutečňuje hodnotící činnost se zaměřením na technologickou a ekonomickou efektivnost jednotlivých systémů PJD.

Realizované úseky PJD dvou základních rozdílných systémů (RHEDA 2000, ÖBB PORR) jsou průběžně porovnávány a vyhodnocovány i ve vztahu ke klasické konstrukci koleje, uložené v kolejovém loži.

Během roku 2015 přecházela činnost na pracovní činnosti 2.4 od realizace systému PJD k jejímu průběžnému sledování, vyhodnocování a projekční činnosti.

Tak jako v uplynulém období je v rámci činnosti 2.4 souběžně s přípravou realizace PJD na dalších úsecích i sledování a vyhodnocování stávajících konstrukcí PJD v lokalitách:

- Třebovice v Č. ÷ Rudoltice v Č.;
  systém RHEDA 2000, realizace 2004 / 2005
- Střelenský tunel;
  systém ÖBB PORR, realizace 2012 / 2013
- Tunel Turecký vrch;
  systém RHEDA, realizace 2011 / 2012
- Bratislavský tunel;
  systém ÖBB PORR, realizace 12 / 2014
- Most Frenštát pod Radhoštěm; přímé upevnění VOSLOH, realizace 11 / 2015

Sledování spočívá v provádění:

- podrobné diagnostiky geometrické polohy koleje s vyhodnocením rozpadu GPK, při současném porovnání s klasickou konstrukcí kolejového roštu (navazující úseky);
- ekonomické porovnání nákladů na pořízení PJD a její údržbu v dlouhodobém horizontu (značně problematické vzhledem na systém údržby).

Oblast použití

Na základě získaných poznatků a praktických zkušeností (s přihlédnutím na zahraniční zkušenosti a odlišná specifika SŽDC, s.o.), se podařilo jeden z již realizovaných systému PJD průběžně zapracovávat do projektové dokumentace. Jedná se o úseky s délkou cca 2 × 4 000 m, kde je požadována dlouhodobá životnost a minimalizace údržbových nákladů při rychlosti do 160 kmh^{-1} (výhledově 200 kmh^{-1}).

Na základě získaných poznatků a zkušeností se podařilo ekonomicky a technicky prosadit realizaci PJD v Ejpovickém tunelu, s pravděpodobnou realizací v roce 2016 ÷ 2018.

Metodika a postup řešení

Řešení problematiky spočívala v realizaci PJD systému ÖBB PORR v délce cca 615 m v Bratislavském tunelu č. 1, včetně přechodové oblasti mezi PJD a kolejovým ložem, za použití materiálů a konstrukčních prvků z tuzemských zdrojů (vyráběných v ČR).

Obr. 1 Konstrukce ÖBB PORR ve Střelenském tunelu.

Průběžně probíhá pasportizace stávajících provozovaných konstrukcí PJD.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Výsledky

Výsledky práce v činnosti 2.4.4 období 2015 je možné rozdělit do čtyř základních kapitol:

a) realizace a sledování zkušebních úseků PJD;

b) sledování tří stávajících konstrukcí PJD;

c) návrh a zpracování projektu technologie opravy PJD (havarijního stavu) po vykolejení kolejového vozidla;

d) vědecko-technická činnost na PJD;

e) příprava realizační projektové dokumentace pro tunelový úsek PJD.

ad a) Během realizace PJD došlo k několika změnám v projektovém řešení resp. v technologii, které byly vyvolány praktickými požadavky a zkušenostmi získanými při realizaci PJD jako např.:

- kvalita betonové směsi a technologie betonáže PJD;
- optimalizace betonové směsi;
- racionalizace konstrukce přechodové oblasti PJD.

ad b) Sledování stávajících provozovaných úseků s PJD je zaměřeno na vyhodnocení stability geometrických parametrů koleje (GPK) resp. na hodnotu čísla kvality (CZK), dle mezních provozních parametrů jednotlivých správců železniční infrastruktury tj. SŽDC, s.o. a ŽSR.

Z provedených měření jednoznačně vyplývá celková vysoká stabilita GPK oproti klasické konstrukci s kolejovým ložem. Současně však s pozitivními poznatky byla zjištěna i technologická nekázeň při údržbových pracích, v úsecích navazujících na PJD.

ad c) s ohledem na nehodovou událost na PJD v Bratislavském tunelu, bude poprvé vypracována metodika technologie opravy poškozené konstrukce PJD v síti ŽSR (využitelné i pro SŽDC, s.o.).

Obr. 2 Detail systému upevnění na PJD.

ad d) výzkumná činnost na konstrukcích s PJD má za úkol eliminovat vliv negativních faktorů na životnost PJD, ale i průběžné sledování vývoje konstrukcí PJD a modernizaci jednotlivých typů.

ad e) příprava realizační projektové dokumentace pro tunelový úsek PJD ve dvojici Ejpovických tunelů, včetně přípravy výroby, zpracování projektové dokumentace a technologie realizace.

Současně je vyvíjen systém přechodové oblasti z PJD na kolejové lože s konstrukčními prvky tuzemské výroby (minimalizace ekonomických nákladů a zahraničních prvků).

Obr. 3 Výstavba přechodové oblasti PJD – klasická konstrukce.

Závěr

Zhodnocení prací v činnosti 2.4.4 v období 2015 spočívá v dalším sledování a přípravě realizace této progresivní technologie. Další práce budou zaměřeny na projektovou přípravu PJD.

Nutno zdůraznit, že výstavba a příprava dalšího úseku s použitím technologie PJD by nebylo myslitelné bez vzájemného porozumění a významné podpory zástupců investora, výrobce a zhotovitele prací.

Literatura

[1] PFLEIDERER track systems RHEDA 2000

[2] RAIL.ONE, The way to go

[3] FF ÖBB – PORR

[4] FESTE FAHRBAHN; Kontruktion und Bauarten fur Eisenbahn und Strassenbahn (VDEI Eurailpress)

[5] Rozpracovaný projekt akce „Modernizace traťového úseku Rokycany ÷ Plzeň“; RDS PJD EJPOVICKÝ TUNEL.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VYUŽITÍ NEDESTRUKTIVNÍCH METOD STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI POPÍLKOVÉHO STABILIZÁTU KE ZJIŠTĚNÍ PORUŠENOSTI ZKUŠEBNÍCH TĚLES

Zpracovali: Ing. Martin Lidmila, Ph.D., Ing. Petr Kučera (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Jedním ze sledovaných parametrů konstrukční vrstvy z popílkového stabilizátu, zřízené v roce 2005 v ŽST Smiřice, je pevnost v prostém tlaku. U jednotlivých zkušebních těles se však vyskytují významné rozdíly v pevnosti, které mohou být způsobeny trhlinami vzniklými v důsledku odběru a dopravy zkušebních těles. Použití nedestruktivních metod stanovení dynamického modulu pružnosti má za cíl odhalit porušená tělesa před samotnou destruktivní zkouškou pevnosti v prostém tlaku a přispět tak k získání spolehlivějších a lépe vypovídajících výsledků zkoušky. V rámci výzkumu byly použity dvě odlišné metody pro nedestruktivní stanovení dynamického modulu pružnosti a jejich výsledky byly porovnány se statickými moduly pružnosti zjištěnými destruktivní zkouškou v tlaku. Současně byl sledován vliv vlhkosti zkušebních těles na dosažené hodnoty modulu pružnosti.

Oblast použití

V roce 2000 byl Katedrou železničních staveb Fakulty stavební ČVUT v Praze zahájen výzkum využití popílkového stabilizátu z elektrárny Chvaletice v konstrukci pražcového podloží. V rámci výzkumu byl v dubnu roku 2005 v ŽST Smiřice zřízen zkušební úsek, na němž byla použita vrstva popílkového stabilizátu za účelem ochrany zemní pláně ze snadno zvětrávajících hornin (slínovců) před účinky mrazu a vody. V letech 2005 až 2011 byla v rámci monitoringu zkušebního úseku sledována únosnost konstrukce pražcového podloží a jádrovými vrty byla z konstrukce odebírána zkušební tělesa z popílkového stabilizátu za účelem stanovení pevnosti v prostém tlaku. Odběr zkušebních těles je komplikován uložením vrstvy popílkového stabilizátu v hloubce cca 700 až 900 mm pod povrchem kolejového lože. Z tohoto důvodu lze získat pouze omezený počet zkušebních těles. Zkušební tělesa z popílkového stabilizátu vykazovala v letech 2005 až 2011 postupně se zvyšující průměrné hodnoty pevnosti v prostém tlaku. Současně byl však zaznamenán značný rozptyl hodnot pevnosti v prostém tlaku u jednotlivých zkušebních těles. Pevnost u jednotlivých zkušebních těles dosahovala hodnot 2,5 až 7,8 MPa [1]. Za možnou příčinu rozptylu výsledků byla označena přítomnost předdefinovaných ploch porušení v některých zkušebních tělesech. Předdefinované plochy porušení mohly vzniknout již v samotné vrstvě popílkového stabilizátu během hutnění či v průběhu vrtání a přepravy zkušebních těles. Po obnovení monitoringu zkušebního úseku v rámci projektu CESTI v roce 2014 byla učiněna opatření vedoucí k získání lépe vypovídajících hodnot pevnosti v prostém tlaku popílkového stabilizátu:

- zvýšení množství odebíraných zkušebních těles,
- pro výběr zkušebních těles pro destruktivní zkoušky pevnosti v prostém tlaku byly využity nedestruktivní metody stanovení modulu pružnosti.

Metodika a postup řešení

Pro predikci vrstevnatosti zkušebních těles byly použity dvě odlišné nedestruktivní metody stanovení dynamického modulu pružnosti. Jednalo se o rezonanční metodu (IEM) dle ČSN EN 73 2011 a ultrazvukovou metodu dle ČSN EN 12504-4. Obě metody jsou primárně určeny pro stanovení dynamického modulu pružnosti betonu. Výsledky získané nedestruktivními metodami byly porovnány se statickým modulem pružnosti vyhodnoceným ze zkoušky v tlaku dle ČSN EN 13286-43.

Stanovení modulu pružnosti rezonanční metodou

Dynamický modul pružnosti je vyhodnocen na základě měření rezonančních frekvencí podélných, ohybových a torzních vibrací a rozměrů zkušebního tělesa. Vibrace je vyvolána úderem rázového kladívka do středu jedné z podstav zkušebního tělesa. Na druhé podstavě je umístěn snímač zrychlení, který zaznamenává odezvu zkušebního tělesa (viz obr. 1). Průběh budící síly a zrychlení je zaznamenáván a pomocí rychlé Fourierovy transformace převeden do frekvenční oblasti.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Následně je vyhodnocena frekvenční přenosová funkce (FRF) jako poměr zrychlení a budící síly [2].

Obr.1 Stanovení dynamického modulu pružnosti rezonanční metodou.

Stanovení modulu pružnosti pomocí ultrazvuku

Pro stanovení dynamického modulu pružnosti pomocí ultrazvuku bylo použito zařízení Starmans Dio 562 NLF, které sestává z řídící a výpočetní jednotky, budiče ultrazvukových vln a sondy pro jejich příjem (viz obr. 2). Zdrojem ultrazvukových vln je budič pracující na principu piezoelektrické konverze elektrické energie na energii mechanickou. Frekvence ultrazvukových vln použitých při zkoušení těles z popílkového stabilizátu byla 50 Hz. Zaznamenáván je čas průchodu ultrazvukových vln zkušebním tělesem. Následně je na základě času průchodu zvukových vln zkušebním tělesem, rozměrů zkušebního tělesa a jeho hmotnosti provedeno vyhodnocení dynamického modulu pružnosti.

Obr. 2 Stanovení dynamického modulu pružnosti pomocí ultrazvuku.

Stanovení modulu pružnosti zkouškou v tlaku

Za účelem porovnání s výsledky nedestruktivních metod bylo dále provedeno stanovení modulu pružnosti destruktivní metodou – zkouškou v tlaku. Zkouška byla provedena v souladu s normou ČSN EN 13286-43, primárně určenou pro zkoušení směsí stmelených hydraulickými pojivy. Při zkoušce je zkušební těleso umístěné v zatěžovacím rámu zatěžováno statickou tlakovou silou a je sledována deformace v jeho podélné ose. Uspořádání zkoušky je patrné z obr. 3.

Výsledky

Výsledné moduly pružnosti stanovené popsanými metodami jsou uvedeny v tab. 1.

Obr. 3 Uspořádání zkoušky v tlaku.

Z výsledků je patrné, že dynamický modul pružnosti zjištěný pomocí ultrazvuku je o cca 10 až 50 % vyšší než modul zjištěný rezonanční metodou IEM. Hodnoty dynamického modulu pružnosti, zjištěné rezonanční metodou jsou až o 100% vyšší než hodnoty statického modulu pružnosti. S rostoucí vlhkostí dynamický modul pružnosti klesá. Při zkouškách zkušebních těles je tak nezbytné zvážit reálné podmínky v místě uložení stabilizátu a laboratorní zkoušky provádět při vlhkosti, která těmto podmínkám odpovídá.

Tab. 1 Výsledné moduly pružnosti stanovené různými metodami.

Zkušební těleso	IEM		Ultrazvuk	Zkouška v tlaku
	suchá	w = 30 %	suchá	w = 30 %
P1/7	5,1	4,3	6,1	2,0
P2/2	5,8	5,0	8,5	3,2
VP9	4,2	3,4	3,8	2,3

Závěr

Nedestruktivní metody stanovení dynamického modulu pružnosti umožňují odhalit nehomogenity v materiálu zkušebních těles, které by mohly vést k ovlivnění výsledků destruktivních zkoušek, např. pevnosti v prostém tlaku. Použitím nedestruktivních metod je možné vybrat pro zkoušky pevnosti v prostém tlaku tělesa, která nebyla porušena trhlinami během odběru a přepravy a bude tak možné získat výsledky s vyšší vypovídací hodnotou.

Literatura

[1] LIDMILA, M. Popílkový stabilizát - nový materiál v pražcovém podloží. Nová železniční technika, 2011, vol. 19, no. 4, p. 21–26. ISSN 1210-3942.

[2] PLACHÝ, Tomáš et al. Non-destructive Determination of Young's Modulus of Gypsum Specimens Using Impulse Excitation Method. In: PLACHÝ, Tomáš. PROCEEDINGS OF THE 48TH INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON EXPERIMENTAL STRESS ANALYSIS. Velké Losiny: Palacký university, 2010, s. 339-344. ISBN 978-80-244-2533-7.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZKOUŠENÍ STATICKÉ TUHOSTI PODLOŽEK POD PATU KOLEJNICE

Zpracovala: Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Jedním z dílčích témat projektu je problematika stanovení statické tuhosti podložek pod patu kolejnice. Požadavky na tuhost (včetně vlastní metodiky zkoušení) podložek používaných v konstrukci kolejové jízdní dráhy v ČR jsou stanoveny v Obecných technických podmínkách (OTP). V roce 2010 vešla v platnost evropská norma ČSN EN 13 146-9, která je součástí sady norem věnovaných metodice zkoušení systému upevnění. Devátá část je určena stanovení tuhosti.

Uspořádání zkoušek tuhosti dle OTP a ČSN EN se liší. Výsledné hodnoty tuhosti jsou tedy rozdílné. Požadované hodnoty tuhosti podložek pod patu kolejnice stanovené v OTP nelze uplatnit při zkoušení dle ČSN EN. Úkolem dílčího tématu je prověřit vliv jiného uspořádání zkoušky pro stanovení statické tuhosti podložek na dosahované výsledky a prostudovat, zda je možné najít korelační vztah mezi statickou tuhostí dle OTP a dle ČSN EN.

Oblast použití

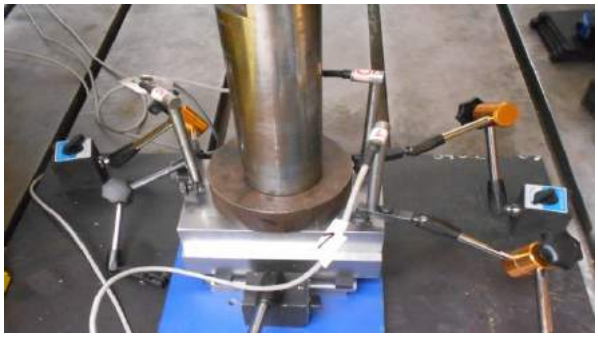
Výzkumný úkol vzešel z potřeb SŽDC. Získané poznatky SŽDC uplatní pro stanovení požadavků na dodávané podložky na železniční síť ČR.

Metodika a postup řešení

V rámci výzkumného úkolu byly vyzkoušeny podložky pod patu kolejnice pro různé typy upevnění (podkladnicové i bezpodkladnicové), různých výrobců a různé materiálové směsi používané v ČR. Celkem bylo uskutečněno 36 zkoušek dle OTP a 33 zkoušek dle ČSN EN.

Podložky byly odzkoušeny dle metodiky OTP a dle metodiky ČSN EN. Základní změny v uspořádání zkoušek spočívají ve způsobu a rychlosti zatěžování. Při zkoušce dle ČSN EN je v zatěžované sestavě použito navíc brusné plátno. Statická tuhost podložky je u obou metodik určena jako sečná tuhost, která se stanoví jako poměr vyvozené síly ΔF k vyvolanému stlačení podložky Δd:

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta d} \quad [\mathrm{kN.mm^{-1}}] \qquad (1)$$



Obr. 1 Zkouška statické tuhosti dle OTP.

Sledovány byly následující parametry:

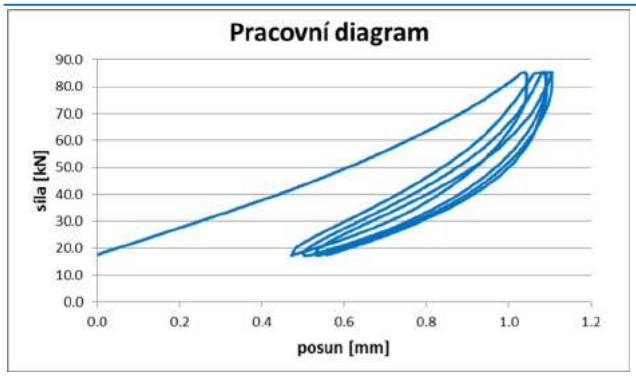
- velikost vnášeného zatížení,
- časový průběh zatlačení podložky,
- pracovní diagram podložky,
- průběh deformační křivky vzorku ve 3. zatěžovacím cyklu ve vztahu k limitním křivkám definovaný v OTP,
- statická tuhost,
- trvalá deformace podložky.

Na Obr. 2 je uveden graf znázorňující průběh zatěžovací síly u statické zkoušky tuhosti podložek dle obou metodik. Rychlost zatěžování a velikost vnášené síly dle ČSN EN je větší a mezi jednotlivými cykly není časová prodleva.

Obr. 2 Porovnání zatěžovací síly pro stanovení statické tuhosti podložek pod patu kolejnice dle OTP a ČSN EN.

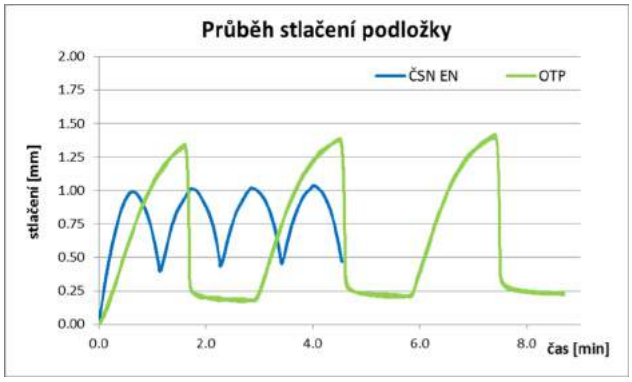
Příklad pracovního diagramu je na Obr. 3. Z grafu lze vyčíst jednotlivé zatěžovací cykly. Průběh (sklon) křivky definuje chování (tuhost) podložky.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Obr. 3 Porovnání zatěžovací.

Průběh stlačení podložek při zkoušce statické tuhosti je patrný z grafu na Obr. 4. Stlačení podložky je měřeno třemi snímači a je určeno jako jejich průměrná hodnota. Počet snímačů byl volen s ohledem na vyloučení možnosti nerovnoměrného stlačení podložky. Pokud se hodnota posunutí změřená kterýmkoliv snímačem odlišuje od střední hodnoty posunutí o > 20 % maximální hodnoty posunutí, opakuje se měřící cyklus po ujištění, že síla působí ve středu podložky.



Obr. 4 Časový průběh stlačení podložky pod patu kolejnice, porovnání metodiky OTP a ČSN EN.

Z provedených měření bylo vypozorováno, že velikost stlačení podložky zjištěné jednotlivými snímači se běžně liší o 10 % a není výjimkou, že i o větší hodnotu. Tyto rozdíly mají významný vliv na výslednou hodnotu tuhosti, která se pak pohybuje v poměrně velkém rozptylu.

Závěr

V roce 2015 se podařilo změřit statické tuhosti podložek pod patu kolejnice dle metodiky OTP i ČSN EN. Měření narazilo na nedostatky v OTP, ve kterých není jasně definované uspořádání zkoušky a může dojít k různé interpretaci (např. není uvedena rychlost změny zatížení v odtěžovací části).

V průběhu realizace laboratorních zkoušek jsme dospěli k řadě poznatků, které se uplatní při závěrečném vyhodnocení. Rychlost zatěžování (resp. odtěžování) a případná prodleva mezi jednotlivými cykly mají významný vliv na velikost stanovené statické tuhosti.

V následujícím období budou výsledky podrobeny analýze a hledán vzájemný vztah mezi výsledky dle OTP a ČSN EN. Na základě požadavku SŽDC se předpokládá realizace nízkofrekvenčních dynamických zkoušek.

Literatura

[1] ČSN EN 13146-9+A1 Železniční aplikace – Kolej – Metody zkoušení systémů upevnění – Část 9: Stanovení tuhosti, 2012.

[2] Obecné technické podmínky Pružné podložky pod patu kolejnice v bezpodkladnicovém upevnění, č. j. 57 045/95-S13, účinnost od 15. 7. 1996 včetně změny č. 1 z roku 2001.

[3] Obecné technické podmínky Pružné podložky pod patu kolejnice v podkladnicovém upevnění, č. j. 60 789/99-O13, účinnost od 27. 12. 1999 včetně změny č. 1 z roku 2001.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

MONITORING ZKUŠEBNÍHO ÚSEKU V ŽST. ÚSTÍ NAD ORLICÍ

Zpracovali: Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D., Ing. Jaroslav Bílek (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

V roce 2014 byl vybudován zkušební úsek v žst. Ústí nad Orlicí. Zkušební úsek byl vybudován pro výhybky s podpražcovými podložkami (USP). Jedná se o v pořadí třetí zkušební úsek s USP v železniční síti ve správě SŽDC.

Do zkušebního úseku jsou zahrnuty dvě výhybky – výhybka č. 7 v koleji č. 1, výhybka č. 8 v koleji č. 2 a přechodové úseky s USP. Výhybka č. 7 je navržena jako úsporná varianta použití USP, kdy USP jsou navrženy pro oblast srdcovky; přechodové úseky s USP jsou pak situovány do střední části výhybky a za konec výhybky. Výhybka č. 8 je navržena s USP po celé délce výhybky s přechodovými oblastmi před a za výhybkou.

Obr. 1 Pohled na výhybky č. 7 (vlevo) a 8 (vpravo) ve zkušebním úseku v žst. Ústí nad Orlicí.

Zkušební úsek je od doby uvedení do provozu průběžně monitorován.

Oblast použití

Zkušební úsek byl vybudován na základě zkušeností s předchozími zkušebními úseky s podpražcovými podložkami, které byly v ČR vybudovány. Motivací pro zavedení USP do běžného používání v konstrukci kolejové dráhy v ČR jsou pozitivní zkušenosti zahraničních železničních správ. Před uvedením do běžného provozu je však potřeba podložky podrobit také provoznímu ověření. V rámci projektu je zkušební úsek průběžně sledován a vyhodnocován.

Metodika a postup řešení

Zkušební úsek (výhybky, přechodové oblasti mezi kolejí s USP a bez USP a navazující úseky koleje bez USP) jsou průběžně monitorovány. Sledovány jsou následující parametry:

- napětí v podloží (tlakovými snímači),
- vibrace na srdcovce při průjezdu vozidla (snímač zrychlení vibrací),
- sedání koleje (přesná nivelace),
- geometrické parametry koleje (měřicí vůz, měřicí vozík KRAB).

Tlakové snímače byly do pražcového podloží zabudovány během stavby koleje, před položením výhybek. Jsou umístěny na pláni tělesa železničního spodku a na zemní pláni, a to pod srdcovkami výhybek, v přechodové oblasti a v navazující koleji bez USP.

Přesnou nivelací jsou měřeny výšky kolejnicových pásů a zajišťovací značky na sloupech trakčního vedení. Nivelace je řešena jako uzavřený polygonový pořad se vztažným (výchozím) bodem umístěným na původní rampě v prostoru nákladiště. Výšky jsou uvažovány relativně s výškou vztažného bodu 1000 m. Kolejnicové pásy jsou nivelovány po 6 m (kolej bez USP mimo výhybku) a 3 m (kolej s USP a výhybky).

V předchozím období byla provedena následující měření:

- napětí v podloží: 18. 6. 2015,
- vibrace v srdcovce výhybky: 18. 6. 2015,
- přesná nivelace: 14. 10. 2014, 20. 3. 2015, 16. 4. 2015, 19. 6. 2015, 23. 10. 2015,
- měřicí vůz – kolej č. 1: 25. 11. 2014, 3. 4. 2015, 27. 7. 2015,
- měřicí vůz – kolej č. 2: 28. 11. 2014, 10. 4. 2015, 30. 7. 2015,
- KRAB – 18. 6. 2015.

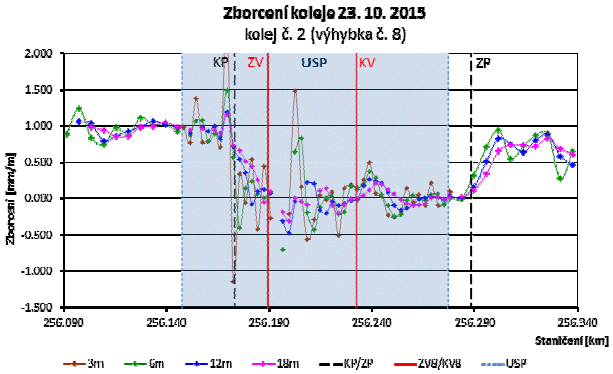
Výsledky

Přesnou nivelací je sledováno průběžné sedání koleje. V březnu 2015 byly obě výhybky podbity, přičemž velikost zdvihu při podbití bylo ve sledovaných úsecích výrazně odlišné. Největší zdvihy (až 60 mm) byly realizovány u obou výhybek

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

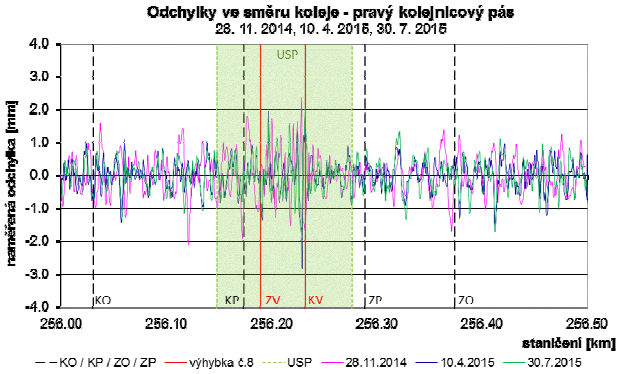
v blízkosti jejich začátku. Nerovnoměrné podbití vychází z nerovnoměrného sedání kolejí.

Dle posledního měření, tj. po 6 měsících, vykazuje sledovaný úsek v koleji č. 2 rovnoměrné sedání v celé délce. V koleji č. 1 sedá výhybka a úsek před výhybkou rovnoměrněji než úsek bez USP za výhybkou. Z naměřených dat z nivelace je dopočítáváno zborcení koleje. Na Obr. 2 je průběh zborcení koleje ve sledovaném úseku v koleji č. 2. Modrou plochou je znázorněna oblast s USP.



Obr. 2 Zborcení koleje č. 2 stanovené z měření přesné nivelace.

Měřicím vozem jsou sledovány geometrické parametry koleje. Pro potřeby provozního ověřování byly hodnoceny odchylky v převýšení, ve směru a podélné výšce koleje a dále zborcení koleje.



Obr. 3 Odchylky ve směru pravého kolejnicového pásu v koleji č. 2.

Geometrické parametry koleje byly hodnoceny také prostřednictvím měřicího vozíku KRAB.

Závěr

Zkušební úsek s podpražcovými podložkami ve výhybkách v žst. Ústí nad Orlicí je od svého vybudování v roce 2014 průběžně sledován a vyhodnocován. Cílem zkušebního úseku je provozní ověření vlivu podpražcových podložek na kvalitu kolejové jízdní dráhy. Dosud provedená měření nemají potřebnou vypovídací hodnotu pro stanovení konkrétních závěrů o vlivu podložek. Projeté zatížení je nízké na to, aby se efekt USP projevil. V dalších letech se předpokládá pokračování měření.

Literatura

[1] ČSN 73 6360-2. Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha : Část 2: Stavba a přejímka, provoz a údržba. Praha: Český normalizační institut, 2009. 23 p.

[2] SŽDC (ČD) SR103/4 (S). *Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením.* Praha : Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2010. S. 43, p. 10.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ORGANIZACE VÝLUKOVÉ ČINNOSTI

Zpracoval: Ing. Richard Svoboda, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

V současné době proběhla první hodnocení tratí z pohledu možnosti realizace výlukové činnosti v dopravních pauzách. Byly zpracovány všechny tratě (s výjimkou krátkých regionálních tratí s malým rozsahem provozu). Byly vyhodnoceny doby, po které nejede na trati žádný vlak (s respektováním rozdílného provozu v pracovních a nepracovních dnech). Výsledky byly zapracovány do rozsáhlé tabulky, ze které vyplývá, že lze tratě rozdělit do kategorií s přibližně stejným časovým rozsahem provozu. S takto sestavenou tabulkou jsou porovnávány plánované výluky tratí, které, jak se ukazuje, skutečnou organizaci provozu příliš nereflektují.

Oblast použití

Práce slouží jako podklad pro změny v organizaci výlukové činnosti, která má velmi výrazný dopad na plynulost železničního provozu. Analýzy mají za cíl ukázat prostor pro změny a možnosti v časových polohách výluk tratí pro opravné práce.

Metodika a postup řešení

Práce je založena na dvou časově náročných analýzách

- analýze jednotlivých jízdních řádů – tabulkových i nákresných – pro vyhledání časových poloh, kdy na dané trati nejede žádný vlak,
- analýze plánů výlukové činnosti pro jednotlivé tratě.

V současné době se jedná o dva na sobě nezávislé vstupy. Plány výluk se provádějí spíše s ohledem na pracovní dobu organizací provádějících opravné a údržbové práce, než na provoz na jednotlivých tratích.

Z tohoto důvodu byla sestavena poměrně rozsáhlá tabulka, kde jsou zaznamenány časy, kdy na jednotlivých tratích není plánována jízda žádného vlaku. Den byl pro jednotlivé tratě rozdělen na 10ti minutové úseky (stejně jako nákresné jízdní řády) a pro každý takový úsek bylo vyhodnoceno, zda je či není plánována jízda vlaku.

Výlukové plány jsou sestavovány pro každou trať v různých obdobích. Pro analýzu byly použity týdenní plány výluk.

Z těchto týdenních plánů byly pak zaznamenány výluky, které souvisely s údržbou či drobnými opravami (nebyly brány v úvahu dlouhodobé výluky). Nicméně i dlouhodobé výluky je možné alespoň v začátcích a koncích výluky posunout do doby se slabším provozem a tak jejich vliv na provoz alespoň částečně zmírnit.

Analýzy byly prozatím provedeny bez zkoumání prací, které byly ve výlukách prováděny. Stejně tak není v současné době zkoumáno, zda musí mít výluka pro předpokládané práce plánovanou délku – obecně se předpokládá, že délka výluky je pro naplánované práce nutná.

Výsledky

Po vytvoření tabulky sestavené z analýzy jednotlivých tratí vyplývá, že železniční tratě lze rozdělit do tří kategorií:

- Tratě se slabým provozem – většinou jednokolejné regionální dráhy, kde je provozováno jen několik vlaků (osobních nebo nákladních) denně, nebo dokonce ne každý den.
- Tratě s dopravní přestávkou – většinou jednokolejné tratě regionální i celostátní, kde je v nočních hodinách několikahodinová dopravní přestávka, ve které je možné provádět některé opravné práce. Dobu pro výluku je možné prodloužit nahrazením některých vlaků v okrajových částech dne. V některých (zejména nepracovních) dnech jsou dopravní přestávky delší a je tak možné bez zásahu do provozu realizovat i náročnější práce.
- Velmi zatížené tratě – celostátní dráhy, na kterých je realizována doprava (nákladní nebo i osobní) i v nočních hodinách. V případě dvoukolejných tratí je možné většinou realizovat alespoň kratší výluku jedné z kolejí a provoz může, byť s dopadem na provoz, probíhat jen po jedné z kolejí.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 1 Ukázka výstupu analýzy jízdních řádů – tabulka s vyznačením, kdy na trati není plánována jízda vlaků.

Z analýzy plánovaných výluk vyplývá, že na většině tratí jsou výluky realizovány v dopolední době, resp. v denní době. V dopolední době je většinou slabší provoz, nicméně období, kdy na tratích převládá slabý provoz nebo vlaková přestávka, jsou výlukami nedotčené. Výjimky jsou v podstatě jen na silně zatížených tratích většinou v okolí Prahy a Brna, kdy jsou výluky plánovány buď do nočních hodin, nebo na nepracovní dny, kdy je provoz slabší.

Vzhledem k tomu, že železniční síť je rozdělena na oblasti s odpovědností různých osob, ukazuje se, že zde jsou v organizaci výluk velké rozdíly také mezi jednotlivými oblastmi.

Samozřejmě ne všechny práce je možné provádět v nočních hodinách nebo je potřeba delší výluka a tak se dají využívat i období se slabším provozem (např. v nepracovních dnech), kdy zejména na dvoukolejných tratích je vliv na provoz malý.

Z analýz je také zřejmé, že na tratích se slabým provozem v podstatě není nutné opatření provádět, protože vliv výluky na provoz je často zanedbatelný a případné změny v organizaci by nic nepřinesly.

Závěr

Z realizované analýzy dat byl učiněn závěr, že práce musí být zpracována podrobněji – rozpracována na kratší úseky tratí (ucelené úseky nebo i na jednotlivé mezistaniční úseky).

Pro následující období je v plánu rozpracovat podrobně vybrané jednokolejné tratě se silnějším provozem (kde je žádoucí provézt úpravy výluk) na jednotlivé mezistaniční úseky a jejich porovnání vzhledem k tomu, že železniční síť je rozdělena na části podléhající různým odpovědným pracovníkům – předpokládá se a ukazuje se různý přístup osob v různých částech ČR. Snahou bude i zpracování dvoukolejných tratí s tím, že zde jde o mnohem náročnější práci, protože není zcela snadné určit, jak se výluka jedné koleje dotkne organizace provozu v okamžicích, kde se sejde více vlaků čekajících na uvolnění koleje.

Dále bude nutné se zabývat vhodností výluk v nočních hodinách, protože některé práce nebude možné v noční době realizovat.

Literatura

[1] Předpis SŽDC D7/2 – Organizování výlukové činnosti, platný od 15. 12. 2013.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VYHODNOCENÍ ZKUŠEBNÍCH ÚSEKŮ S PODPRAŽCOVÝMI PODLOŽKAMI

Zpracovala: Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

V rámci aktivit projektu CESTI probíhá od roku 2013 monitoring a průběžné vyhodnocování zkušebních úseků s podpražcovými podložkami (USP), které jsou situovány v žst. Planá nad Lužnicí a v úseku Havlíčkův Brod – Okrouhlice (viz Obr. 1). Zkušební úseky byly založeny na konci roku 2007 a od roku 2008 jsou průběžně sledovány.

Zkušební úsek v žst. Planá nad Lužnicí byl vybudován pro podpražcové podložky ve výhybce. Do monitorovaného úseku je pro porovnání vlivu USP zahrnuta také sousední výhybka bez USP.

Ve zkušebním úseku Havlíčkův Brod – Okrouhlice se nachází oblouk malého poloměru (R = 288 m). Podpražcové podložky jsou zde navrženy s cílem zpomalit rozvoj skluzových vln, které se v tomto úseku projevují ve velké míře.

Obr. 1 Zkušební úsek s USP Havlíčkův Brod – Okrouhlice.

Oblast použití

Podpražcové podložky (USP), jako nové prvky v konstrukci koleje na tratích v ČR, podléhají provoznímu ověřování. Na základě provozního ověření jejich vlivu bude rozhodnuto o jejich použití na tratích ve správě SŽDC a stanoveny podmínky jejich použití.

Metodika a postup řešení

V rámci projektu CESTI jsou ve zkušebních úsecích sledovány následující parametry:

- sedání koleje (přesná nivelace),
- zborcení koleje (přesná nivelace),
- geometrické parametry koleje (měřicí vůz).

Přesnou nivelací jsou měřeny výšky kolejnicových pásů v řezech po 6 m, ve výhybkách po 3 m. Dále jsou nivelovány zajišťovací značky po délce sledovaného úseku koleje. Nivelace je řešena jako uzavřený polygonový pořad s výchozím bodem na zajišťovací značce na sloupu trakčního vedení. Z naměřených výšek je dopočítáváno zborcení koleje na délkách základny 6 m, 12 m, 18 m a ve výhybkách ještě 3 m.

Geometrické parametry koleje (GPK) jsou hodnoceny z dat z měřicího vozu, který ve sledovaných úsecích provádí měření 3x do roka. Sledovány jsou parametry směru koleje, podélné výšky, zborcení a převýšení koleje.

V roce 2015 proběhla následující měření:

- přesná nivelace (Planá n. L.): 2. 10. 2015,
- přesná nivelace (H. Brod – Okr.): 2. 10. 2015,
- měřicí vůz (Planá n. L.): 25. 3. 2015, 6. 8. 2015,
- měřicí vůz (H. Brod – Okr.): 15. 4. 2015, 27. 5. 2015.

Provedená měření byla zpracována a porovnána s daty z předchozích let. Následně bylo provedeno průběžně zhodnocení vlivu USP na kvalitu koleje.

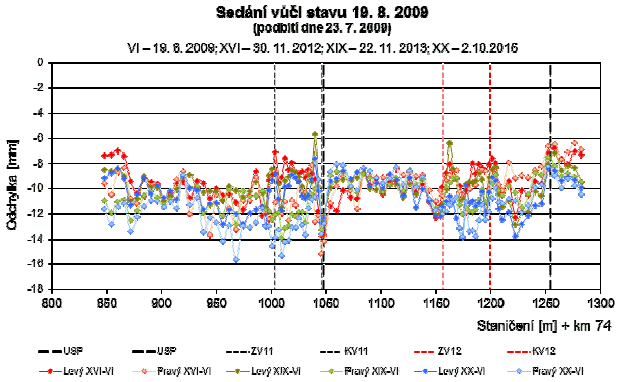
Výsledky

Z naměřených dat byly učiněny následující závěry:

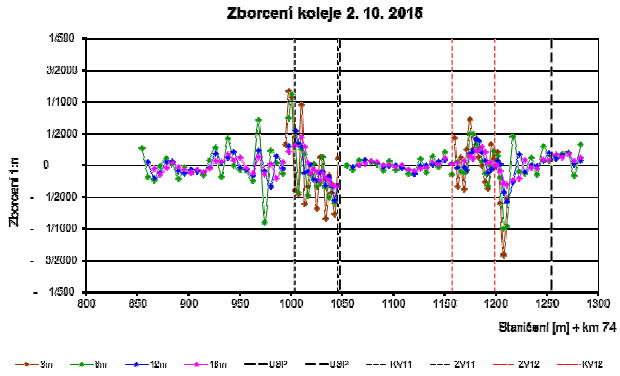
Zkušební úsek žst. Planá nad Lužnicí

- Největší sedání vykazují výhybky a úsek bez USP před výhybkou č. 7, viz Obr. 2.
- Nejmenší sedání je v úseku s USP mezi výhybkami (oproti předchozímu měření v 11/2013 bylo průměrné sedání 0,2 mm).
- Rychlost sedání úseku s USP mezi výhybkami se oproti ostatním sledovaným úsekům výrazně snížila.
- Zborcení koleje je menší v úseku s USP (včetně výhybky č. 8), viz Obr. 3.
- V úseku s USP mezi výhybkami byly naměřené také menší odchylky u sledovaných parametrů GPK, což potvrzuje lepší kvalitu jízdní dráhy.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Obr. 2 Zborcení koleje ve zkušebním úseku v žst. Planá nad Lužnicí.

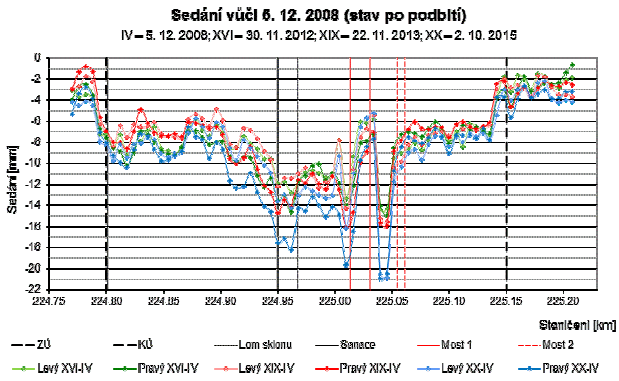


Obr. 3 Zborcení koleje ve zkušebním úseku v žst. Planá nad Lužnicí.

Ve zkušebním úseku v žst. Planá nad Lužnicí se projevuje vliv USP (především v úseku v běžné koleji, mimo výhybku), a to pozitivně.

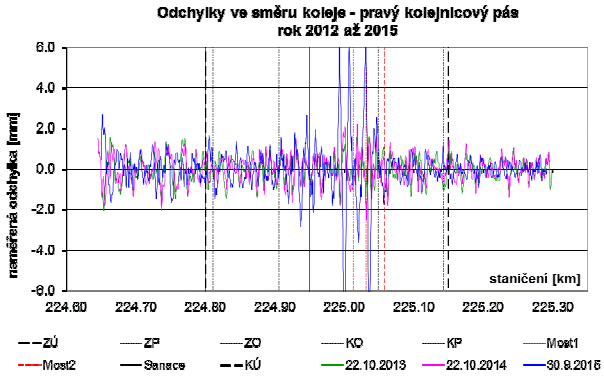
Zkušební úsek Havlíčkův Brod – Okrouhlice

- Kolej s USP vykazuje větší sedání než navazující úseky bez USP.
- Největší sedání vykazují přechodové oblasti mostů (od posledního podbití, tj. po zhruba 7 letech, až 20 mm), viz Obr. 4.



Obr. 4 Sedání koleje ve zkušebním úseku s USP Havlíčkův Brod – Okrouhlice.

- Sedání vůči předchozímu měření (11/2013) je v celém sledovaném úseku poměrně vyrovnané (průměrné sedání činí 1,5 mm).
- Zborcení koleje oproti předchozímu měření nezaznamenalo výrazné změny.
- Mnohonásobně vyšší odchylky (až 4x) ve sledovaných GPK vykazuje oblast mostních konstrukcí, kde se jako problematické jeví přechodové oblasti.
- Odchylky GPK úseků bez USP a s USP (mimo přechodovou oblast mostů) jsou srovnatelné; mírné zvýšení odchylek lze sledovat na konci úseku, kde byla provedena sanace železničního spodku, viz Obr. 5.
- Pozitivní vliv podpražcových podložek na GPK se v tomto úseku v porovnání s navazující kolejí významně neprojevuje.



Obr. 5 Odchylky ve směru pravého kolejnicového pásu naměřené měřicím vozem ve zkušebním úseku s USP Havlíčkův Brod – Okrouhlice.

Závěr

V následujících letech se předpokládá pokračování s monitoringem obou zkušebních úseků. Rozsah sledování bude upraven dle možností projektu a požadavků SŽDC.

Literatura

[1] HRUZÍKOVÁ, M. Vliv podpražcových podložek na kvalitu jízdní dráhy : dizertační práce. Brno, 2012. 179 s. , 13 p. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.

[2] SŽDC (ČD) SR103/4 (S). *Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením.* Praha : Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, 2010. S. 43, p. 10.

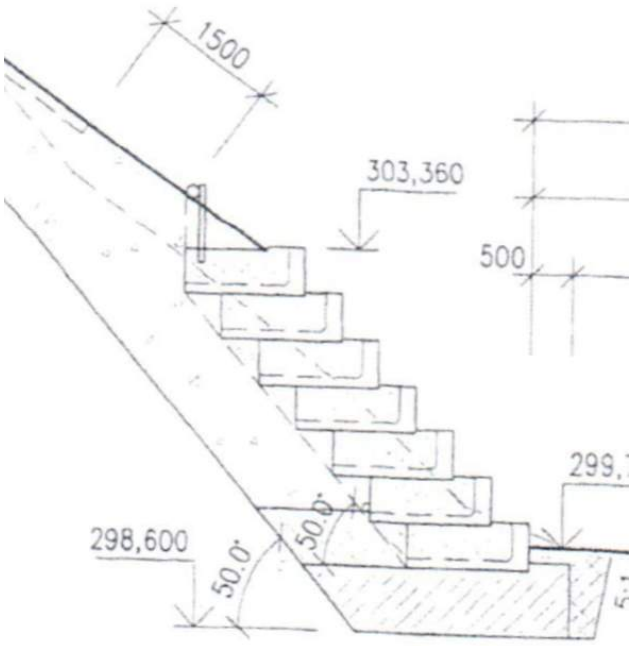
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

PREFABRIKÁT OPĚRNÉ ZDI Z VLÁKNOBETONU

Zpracovali: Ing. Vladimír Brejcha, FEng., Ing. Antonín Brnušák, FEng., Ing. Jiří Peřina, Ing. Magdaléna Dudíková (SMP CZ, a.s.)

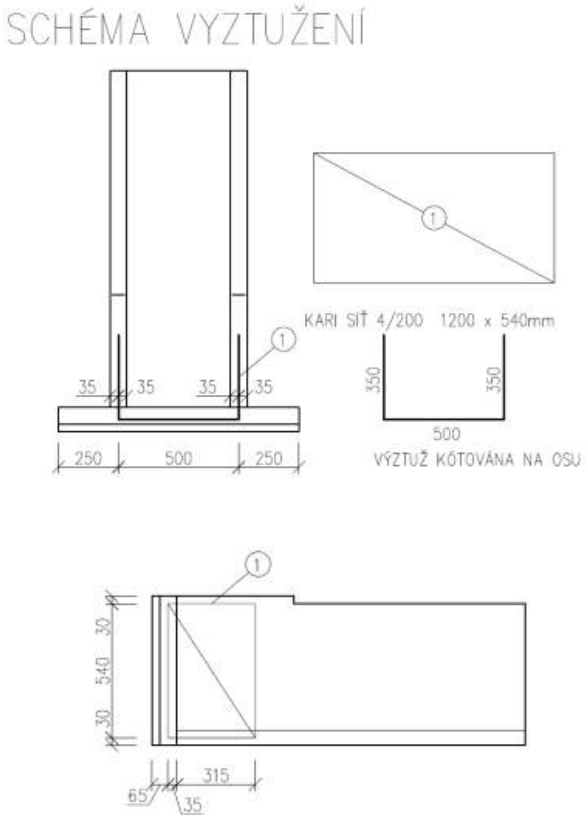
Souhrn

Předmětný výrobek je určen k výstavbě opěrných zdí. Opěrná zeď se vytvoří tak, že se nejdříve v patě zářezu vybetonuje monolitický základ, na který se osadí první řada prefabrikátů tzv. na sraz svými čely. Po prosypání zeminou se osadí další řada tak, aby převazovala řadu první. S ohledem na sklon svahu se provede odsazení druhé řady. Tímto způsobem se postupuje až k vrcholu zářezu, viz následující obrázek.



Obr. 1 Příčný řez dokončenou zdí.

Každý prefabrikát je vyroben z vláknobetonu z polypropylénových vláken, což umožní dosáhnout nízké váhy prvku. Prvek je vyztužen jen na styku čela a stěn. Jedná se o jednoduchou síť KARI ve tvaru U. Vyztužení je nutné z výrobních důvodů, protože při výrobě se čelo prvku vyrábí odděleně od jeho stěn.



Obr. 2 Tvar prefabrikovaných prvků.

Z důvodů estetických je možné čelo prefabrikátu obložit štípaným kamenem tl. 2-3 cm, nebo ho vyrobit přímo z pohledového betonu. Pro montáž jsou ve stěnách prvku vytvořeny dva otvory Ø 30 mm.

Oblast použití

Z vláknobetonových prefabrikátů lze variabilně vytvářet opěrné odskakované zdi, které působí velice příznivým estetickým dojmem. Prosypáním zeminou a odskoky je vytvářen prostor pro osazování zelení, což umožní dokonalý soulad s okolní přírodou. Uplatní se nejen v inženýrském stavitelství, ale také v pozemním stavitelství, kde okolí budov je zapuštěno do terénu.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 3 Fotografie prefabrikovaných prvků.

Metodika a postup řešení

Protože bude nutné vyrábět ve výrobně styky kusů prefabrikátů v omezeném čase, bude prefabrikát vyráběn ze dvou dílů. Samostatně bude vyráběno čelo, nejlépe na pracovních stolech, a stěnová část na ocelovém „kopytě“, k jehož přední straně bude osazeno již vyrobené čelo. Prefabrikát je navržen z vláknobetonu C30/37 XF4 s vlákny Forta Ferro dl. 54 mm Ø 1 mm, množství 2,5 kg/m^3 . Postup montáže zdi byl popsán v souhrnu technického listu.

Výsledky

Prefabrikát byl vyroben v několika kusech, aby se ověřila jeho tuhost, proveditelnost kamenného obkladu a manipulovatelnost. Pro kontrolu byl proveden statický výpočet stěn na dva zatěžovací stavy, a to mezní stav únosnosti při transportu prvku a při odbedňování ve výrobně. V druhém zatěžovacím stavu bylo posouzeno jeho chování po osazení a zasypání zeminou. V obou případech prefabrikát vyhověl.

Závěr

Vyvinutý prefabrikát má celou řadu předností. Je lehký, levný, skladný. Má velkou šanci všude tam, kde chceme dosáhnout co největšího splynutí umělé stavby s přírodním prostředím. Na prefabrikát byla podána žádost o ochranu užitným vzorem. První aplikace bude provedena v zářezech komunikace v Lánské oboře, pro kterou je vyráběno několik tisíc kusů.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VLIV REDUKOVANÉ SOUDRŽNOSTI PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

Zpracovali: Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav a.s. a Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. David Čítek (Kloknerův ústav ČVUT v Praze)

Souhrn

Soudržnost předpínací výztuže může být redukována použitím ochranných nátěrů proti korozi. Výsledky experimentálního programu ukazují, že tento vliv není významný pro funkci ani bezpečnost předpjatých konstrukcí.

Oblast použití

Předpínací kabely je nutno zainjektovat v předepsané lhůtě (obvykle 14 dní) po napnutí, aby nedošlo k jejich korozi. V zimním období může být obtížné takovou lhůtu dodržet kvůli klimatickým podmínkám. Proto se lana opatřují ochrannými nátěry, pak je možné lhůtu pro injektáž prodloužit až na několik měsíců. Ochranný nátěr má však negativní vliv na soudržnost s injektážní maltou resp. s betonem. Přestože se ochranné nátěry používají celkem běžně u nás i v zahraničí, objevila se před několika lety u některých významných investorů obava, že by snížená soudržnost mohla ohrozit působení konstrukce v provozním stavu (nadměrnou šířkou trhliny) nebo v mezním stavu únosnosti (snížením bezpečnosti konstrukce). Cílem aktivity bylo objasnit působení konstrukce a ověřit působení nového ochranného prostředku.

Metodika a postup řešení

Nejprve byla snaha prověřit vliv soudržnosti pomocí numerických výpočtů. Posléze se ukázalo, že soudržnost se obtížně modeluje, protože není k dispozici vhodný soubor výsledků zkoušek pro stanovení parametrů numerických modelů. Dále nebyla ani dostatečná důvěra ve výsledky výpočtů, pokud neexistovalo žádné ověření na větším modelu, nebo na předpjaté konstrukci. Byl proto navržen a realizován experimentální program, který byl zaměřen na zjištění vlivu soudržnosti předpínací výztuže na působení konstrukce. Experimentální program měl dvě části. V první části se stanovila soudržnost předpínacích lan s betonem pomocí standardní normové zkoušky, tzv. pull-out testu. V druhé části experimentálního programu byly navrženy, vyrobeny a odzkoušeny předpjaté nosníky s předpínací výztuží bez ochrany a s dvěma ochrannými prostředky. Nosníky byly vyrobeny a předepnuty podobně, jako je tomu při výstavbě reálné konstrukce. Nosníky byly postupně zatěžovány až do dosažení meze únosnosti. Přitom se během celého zatěžovacího procesu sledoval vývoj trhlin a jejich šířky. Protože na vznik a šíření trhlin má vliv též vyztužení betonářskou výztuží, bylo u většiny nosníků navrženo vyztužení v přiměřeně malé míře. Aby se prokázal vliv tohoto vyztužení, byly některé nosníky vyrobeny ve střední části (kde jsou trhliny největší a nejčetnější) zcela bez betonářské výztuže. Dále byla měřena závislost mezi zatížením a průhybem, aby se dal vyhodnotit vliv vznikajících a rozšiřujících se trhlin na tuhost nosníků.

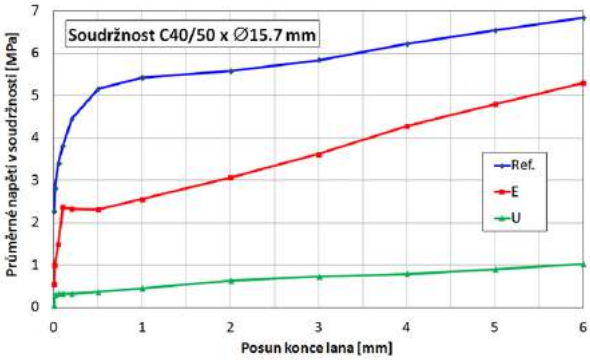
U všech zkoušek byly sledovány 3 kategorie vzorků. 1. Referenční vzorky – tj. vzorky bez jakékoli úpravy výztuže. 2. Vzorky opatřené ochranným nátěrem, který je užíván tradičně v České republice a který je zde označen jako E. 3. Vzorky opatřené ochranným nátěrem nového typu, který je zde označen jako U. Lana všech typů byla podrobena pull-out testu a též všechny typy byly použity u zkoušky nosníků.

Výsledky

Pull out testy se prováděly standardně na krychlích o délce hrany 150 mm, ze kterých se vytahovala zabetonovaná lana. Délka lana, kde je soudržnost aktivní, je pouze 140 mm. Výsledky jsou shrnuty v grafu na Obr. 1. Ukázalo se, že ochranný nátěr má velmi významný vliv na soudržnost. Lana opatřená nátěrem E dosahovala kolem 50% soudržnosti referenčních vzorků (tj. bez nátěru) a lana s nátěrem U dosahovala ještě podstatně horších výsledků. K tomu je však nutné dodat, že zkouška pull-out testem je poněkud umělá. Neodpovídá skutečnému působení lan v dodatečně předpjatém betonu. (U předem předpjatého betonu je problém ochrany irelevantní, tam se nepoužívá, protože lana se okamžitě po napínání zabetonují, a nemá proto žádný smysl je ochraňovat.) U reálných konstrukcí jsou lana umístěna v kabelovém kanálku a zainjektována cementovou maltou, která má podstatně jemnější složení, než běžný beton, a to

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

může soudržnost ovlivňovat. Dále jsou lana opatřena kotvami, které drží hlavní část předpínací síly a vliv soudržnosti je využíván pouze v případě, že dojde k tahovému namáhání okolního betonu a pak soudržnost může ovlivňovat šířky a vzdálenosti vznikajících trhlin.

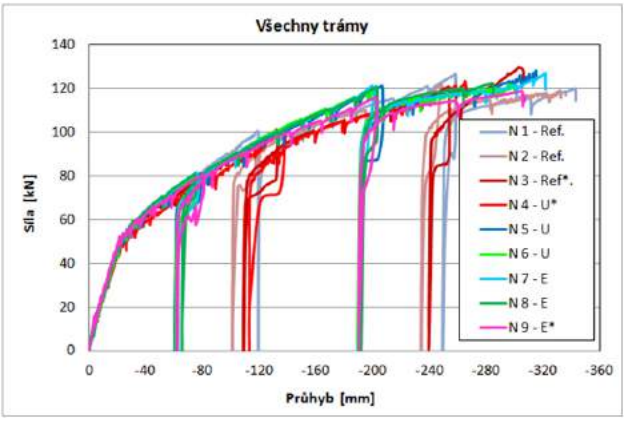


Obr. 1 Výsledky zkoušek pull-out testem.

Za rozhodující je proto nutné považovat výsledky na nosnících, které byly zkoušeny ohybem, zcela shodně se způsobem zatěžování běžných předpjatých konstrukcí. Nosníky o délce 10,5 m (Obr. 2) byly zatěžovány 4 bodovým ohybem.

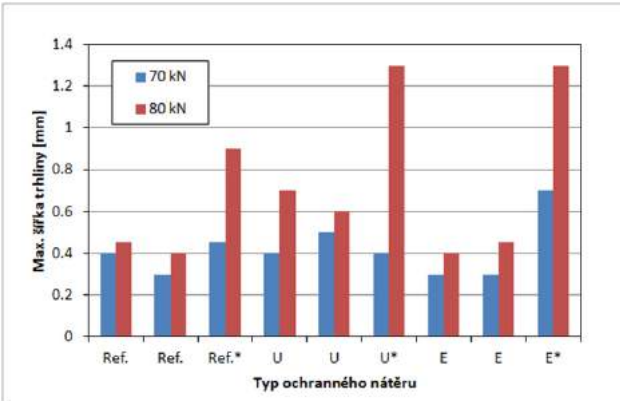
Obr. 2 Hotové nosníky před zkouškou.

Nosníky byly vyztuženy jedním 4 lanovým kabelem a konstrukční betonářskou výztuží (kromě 3 nosníků, kde byla konstrukční výztuž vynechána).



Obr. 3 Závislost zatížení – průhyb u všech zkoušených nosníků

Na Obr. 3 je vyznačena závislost mezi průhybem a zatížením u všech devíti zkoušených nosníků. Soudržnost neovlivňovala nijak významně ani tuhost, ani únosnost jednotlivých nosníků. Je zřejmé, že křivky jsou velmi podobné. Odlehčovací větve na grafu odpovídají přestavování zatěžovacích válců. To bylo při zkoušení nutné, neboť zdvih válců byl pouze 150 mm, zatímco nosníky dosahovaly max. průhyb přesahující 300 mm. U některých nosníků byly válce přestavovány jedenkrát, u některých dvakrát. Výsledky byly podrobně vyhodnoceny, zde uvádíme pouze hlavní výsledky. Na Obr. 4 je uveden graf ilustrující maximální šířku trhliny u jednotlivých nosníků, a to při hladině zatížení 70 a 80 kN, která je již za mezí použitelnosti, kdy již mohou vznikat trhliny. Nosníky označené hvězdičkou nemají konstrukční betonářskou výztuž. Je jasně patrné, že pro max. šířku trhliny má větší význam přítomnost betonářské výztuže než velikost soudržnosti předpínací výztuže.



Obr.4 Max. šířka trhliny u jednotlivých nosníků.

Závěr

Z experimentálního programu byly zjištěny souvislosti, které jasně ukazují, že soudržnost předpínací výztuže není hlavním prvkem, který ovlivňuje působení předpjatých konstrukcí. Experimentální program prokázal, že únosnost všech nosníků byla téměř shodná, vývoj průhybů nebyl ovlivněn soudržností, šířka trhlin byla ovlivněna zejména betonářskou výztuží a minimálně soudržností. Závěrem lze konstatovat, že pokud bude v konstrukci konstrukční betonářská výztuž, není vliv redukované soudržnosti významný. Není proto důvod jakkoli omezovat používání ochranných prostředků proti korozi.

Literatura

[1] Vítek, J. L., Čítek, D.: Vliv redukované soudržnosti předpínací výztuže. Betonářské dny, ČBS 2015.

[2] Laco, J., Borzovič, V., Pažma, P.: Výzkum vlivu soudržnosti sedmidrátových lan na působení dodatečně předpjatých dvoupolových nosníků. Beton TKS, Vol. 15, 2/2015, 55-59.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

PŘÍPRAVA METODIKY PRO STANOVENÍ STAVU EXISTUJÍCÍCH MOSTŮ (Část 1 – mosty ocelové)

Zpracovali: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Martin Macho, prof. Ing. Michal Polák, CSc., Ing. Michal Netušil, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Výstupem bude metodika, která zpřesní postup pro klasifikaci stavebního stavu mostů pozemních komunikací a mostů železničních. Dále doplní a zpřesní uváděné závady, na základě kterých se stanovuje klasifikační stupeň stavebního stavu mostu. V této části je popsána činnost v oblasti ocelových mostů postižených korozí.

Oblast použití

Uplatnění metodiky se předpokládá pro činnost projekční a při stanovení zatížitelnosti stávajících mostů, dále ji bude možno využít při výkonu činnosti správce a hlavních prohlídek, ke zpřesnění hodnocení mostů.

Metodika a postup řešení

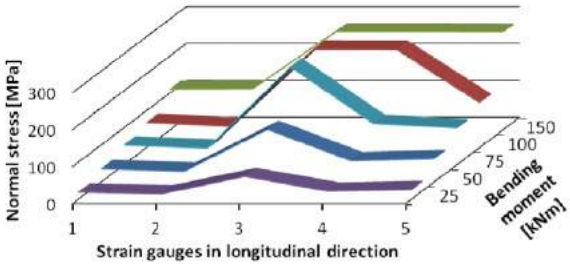
V roce 2015 probíhalo zejména podrobné vyhodnocení zkoušek na korodovaných vzorcích z mostu Opočno. Šlo o 4 podélníky délky cca 1200 mm, značně postižené korozí. Tyto podélníky byly otryskány, proběhlo jejich laserové skenování za účelem zjištění přesné geometrie a následně byly podrobeny zatěžovací zkoušce. Při ní bylo měřeno poměrné přetvoření uprostřed rozpětí a současně v korozních důlcích.

Druhou aktivitou bylo měření na železničním mostě Červená, kde byla na historické korozně degradované konstrukci provedena statická, dynamická a brzdná zkouška, společně s rozsáhlým tenzometrickým měřením. S ohledem i na zjištěné závěry přepočtu zatížitelnosti pak bylo následně rozhodnuto o tvorbě fyzického modelu mostu a jeho osazení ve větrném tunelu. Cílem je zpřesnění stanovení součinitele síly $c_{fx,0}$ a následně redukce účinků větru, který je rozhodujícím faktorem při výpočtu zatížitelnosti.

Třetí oblastí bylo stanovení vlivu modelové degradace na únosnost ocelového nosníku.

Výsledky

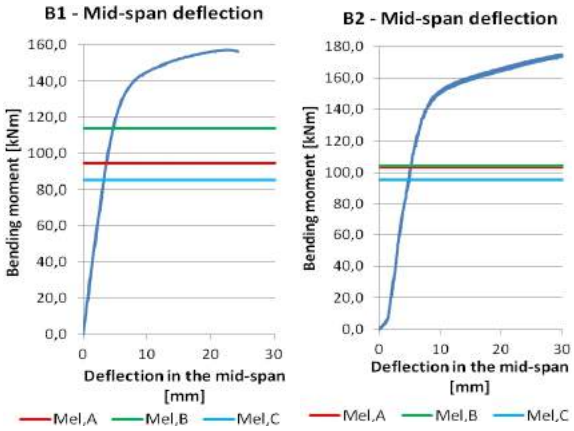
Výsledky ukazují dva významné závěry. Jednak napětí v korozních důlcích je mnohonásobně vyšší než průměrné napětí, viz Obr. 1, dále je patrná disproporce mezi napětím ve stěně a přilehlých úhelnících, tvořících dolní pásnici.



Obr. 1 Průběh normálového napětí v korozním důlku při různé úrovni zatížení.

Činnost v roce 2015 byla zaměřena na stanovení metodiky pro zohlednění korozního oslabení. Byly zvoleny tři přístupy – A, B, C. A – pro každou část řezu, dolní a horní pásnice, stěna, je použita minimální tloušťka dané části, B – pro každou část řezu, dolní a horní pásnice, stěna, je použita průměrná tloušťka dané části, C – maximální korozní oslabení z celého příčného řezu je aplikováno na všechny části řezu.

Dle těchto pravidel byly stanoveny průřezové parametry a stanovena únosnost prvku na základě skutečně zjištěné meze kluzu.



Obr. 2 Průběh deformace při zkoušce a elastické únosnosti podélníku dle metod A, B, C pro vzorky B1, B2.

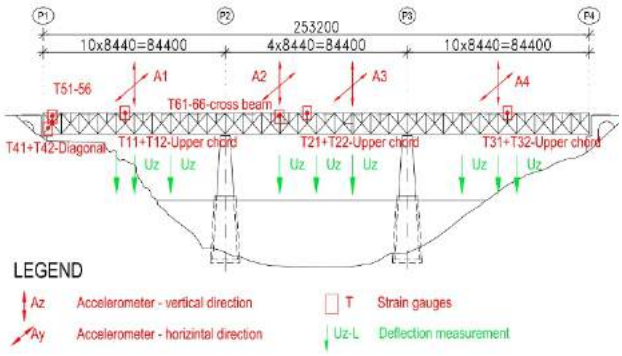
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Tab. 1 Porovnání metod stanovení korozního oslabení A, B, C.

Vzorek		1		2		3		4	
Metoda		fy MPa	Mel kNm	fy MPa	Mel kNm	fy MPa	Mel kNm	fy MPa	Mel kNm
A	●	236	94	201	103	221	100	251	98
B	●	236	114	201	104	221	111	251	113
C	●	236	85	201	96	221	95	251	87
Plný prof.		236	126	201	107	221	118	251	134

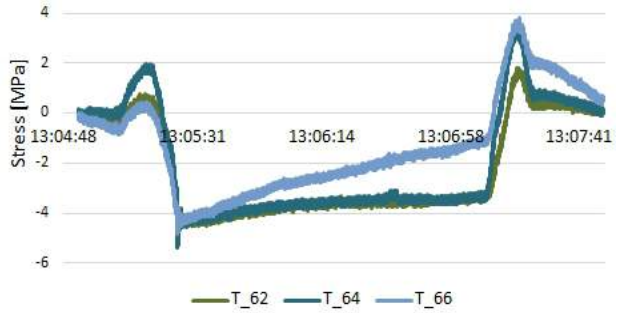
Jak je patrné z obr. 2, nejblíže skutečnému chování prvku je metoda B.

Další probíhající činností byla zkouška na železničním mostě Červená. Jejím cílem bylo zjistit reálné chování historické nýtované konstrukce, a to jednak při dynamickém zatížení, jednak od brzdných sil, jejichž hodnota je podle současných norem mimořádně vysoká a je i příčinou nízkých hodnot zatížitelnosti při přepočtech. Při zkoušce bylo měřeno napětí ve 20 místech, bylo použito 9 snímačů zrychlení. Měřen byl průhyb geodeticky a radarovou interferometrií.



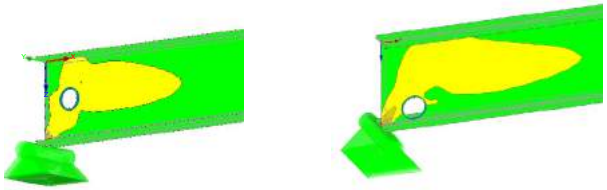
Obr. 3 Tvar mostu Červená a poloha měřených míst.

Výsledky ukazují jednak poměrně dobrou shodu s numerickými modely (SUDOP Praha), současně i nízké hodnoty napětí od reálných brzdných účinků. Na běžné konstrukci je vybuzení normou požadovaných brzdných sil téměř nereálné. Výsledky budou v dalším roce dále zpracovávány.



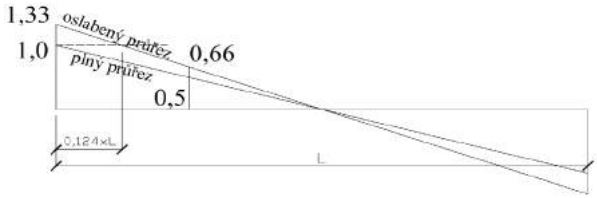
Obr. 4 Napětí v příčníku v průběhu brzdění a rozjezdu. Je patrné, že tyto hodnoty jsou poměrně nízké.

Numerická studie pokračovala stanovením vlivu pozice a velikosti poškození stojiny na průběh smykového a normálového napětí na modelovém mostním nosníku o rozpětí 15 m výšky 800 mm. Korozní úbytek byl modelován pomocí otvoru ve stojině o průměru 200 mm. Dle očekávání má defekt stojiny zanedbatelný vliv na ohybovou únosnost. V případě smykové únosnosti má však chybějící část stojiny nezanedbatelný vliv na průběh smykového napětí, zejména u podpory a to i v závislosti na poloze, viz obr. 5.



Obr. 5 Smykové napětí u podpory nosníku s otvorem.

Analyticky lze vliv otvoru na smykovou únosnost u spojitě zatíženého nosníku vyjádřit grafem na Obr. 6, kde je pro konkrétní výše popsaný nosník zachyceno využití plného a oslabeného průřezu ve smyku – relativně k využití 1,0 průřezu v podpoře neoslabeného.



Obr. 6 Využití plného a oslabeného průřezu ve smyku.

Závěr

Lze konstatovat, že v průběhu roku bylo získáno množství cenných podkladů, které umožnují lepší pochopení chování existujících konstrukcí, současně ale i výsledků, které jsou použitelné při stanovení zatížitelnosti mostů.

Literatura

[1] APPUHAMY, J., OHGA, M., KAITA, T., DISSANAYAKE, R. Reduction of Ultimate Strength due to Corrosion – A Finite Element Computational Method, International Journal of Engineering, 2011, vol. 5, no. 2.

[2] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí.

[3] Směrnice Určování zatížitelnosti železničních mostních objektů, SŽDC s.o., 2014.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI ZDIVA POMOCÍ JEDNOLANOVÉHO NAPÍNACÍHO LISU – POSTUP MĚŘENÍ

Zpracovali: Doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., Ing. Radim Nečas, Ph.D., Ing. Jiří Strnad, Ph.D., Ing. Michal Požár (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Modul pružnosti materiálu patří mezi nejvýznamnější deformační charakteristiky. Pro tvorbu výpočetních modelů příčně předepnutých mostních kleneb je rozhodujícím parametrem modul pružnosti zdiva opěr, pilířů a kleneb ve směru rovnoběžně s ložnou spárou. Současně platná norma ČSN EN 1996-1-1 uvádí vztah pro výpočet modulu pružnosti na základě pevnosti zdiva kolmo na ložné spáry a součinitele K_E. V případě konstrukcí zatížených v horizontální rovině (např. předpětím), tedy rovnoběžně s ložnými spárami, žádné řešení dané problematiky literatura neuvádí.

Uvedený postup měření slouží pro stanovení deformačních charakteristik zdiva klenbových mostů ve směru rovnoběžném s ložnou spárou pomocí proměnného předpětí vyvozeného předpínacím lanem a dutým napínacím lisem.

Oblast použití

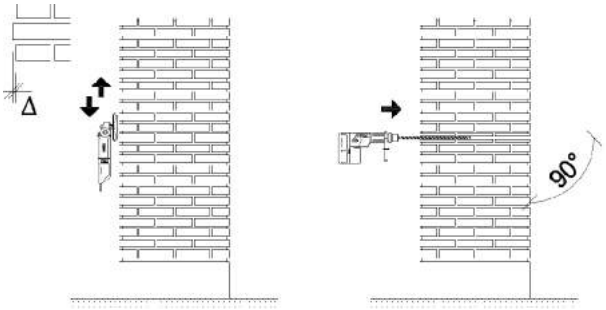
Uvedený princip měření modulu pružnosti je s výhodou použitelný při návrhu rekonstrukcí historických zděných mostních staveb. Je aplikovatelný na zdivo mostních pilířů nebo na zdivo mostních opěr, podmíněně na zdivo mostních kleneb, kde vychází délka potřebného vyvrtaného kabelového kanálku relativně velká.

Postup měření

Základní myšlenka popisovaného měření spočívá v zatěžování vyšetřovaného zdiva předem definovanou předpínací silou, která je do konstrukce vnesena pomocí jednolanového napínacího lisu. Předpětí zdiva přitom způsobí přírůstek poměrného přetvoření. Skutečně naměřené deformace jsou následně matematicky a graficky vyhodnocovány. Pro stanovení krátkodobého modulu pružnosti zdiva je zapotřebí numerické simulace pomocí výpočetní techniky. Konečná hodnota modulu pružnosti je následně odečtena z grafu v závislosti na úhlu roznosu zatížení.

Obr. 1 Měřicí sestava osazená na zděném mostním pilíři.

Při měření je kladen velký důraz na přípravu zkušebního místa, protože zdivo vykazuje značné povrchové nerovnosti. Ty mají negativní vliv na měření modulu pružnosti z toho důvodu, že roznášecí ocelová deska nedosedá plošně, ale bodově na „vyvýšená“ místa a nastává nežádoucí místní drcení. Výhodné je v tomto případě broušení povrchu pomocí úhlové brusky a diamantového brusného kotouče (Obr. 2). Je požadováno, aby maximální nerovnosti nepřesáhly hodnotu Δ=1,0 mm v celé dosedací ploše zkušební desky.

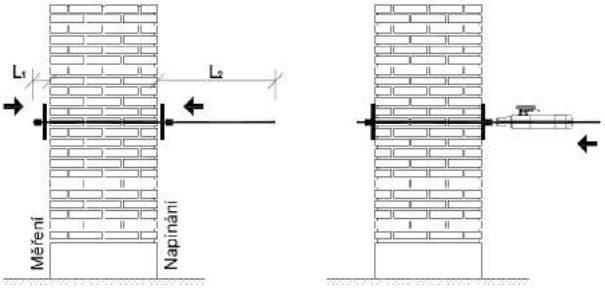


Obr. 2 Broušení konstrukce, vrtání kanálku

Pro vnesení tlakového namáhání do zdiva se použije předpínací lano průměru 15,7 mm v náhradním kabelovém kanálku o průměru 35 mm. Lano je z důvodu ochrany opatřeno mazivem a PE chráničkou. Pro zhotovení vrtu je použita vrtací tvrdokovová technika (Obr. 2). Odchylka osy vrtu

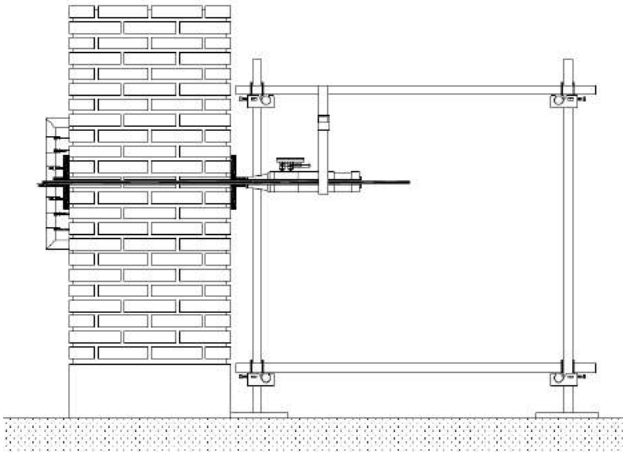
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

od teoretického průběhu se připouští maximálně 20 mm. U konstrukcí větší tloušťky se předpokládá použití speciálního polohovacího zařízení (supportu) s přesností +/-1 mm v rozsahu možných nastavení, jenž umožní splnění požadavku na geometrii kanálku.



Obr. 3 Instalace lana a desek, osazení napínacího lisu.

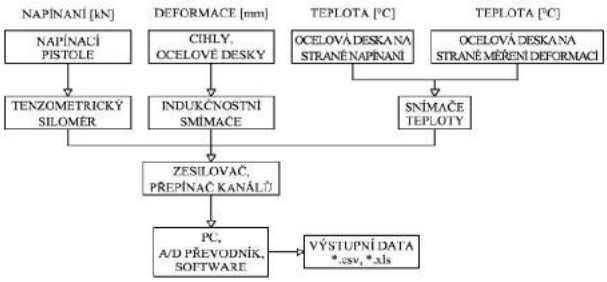
Do předem zhotoveného náhradního kabelového kanálku se provlékne s příslušnými přesahy předpínací lano (Obr. 3). Vhodná volba rozměrů roznášecích desek vychází z předběžné studie a z následného vyhodnocení měření, kdy při malých tloušťkách desky dochází k výrazným deformacím v oblasti kotevní objímky. Z tohoto důvodu je nutné volit rozměry desky min 250 x 350 x 45 mm. Roznášecí desky se osadí na předpínací lano z obou stran stěny. Tlakové napětí je do konstrukce vnášeno pomocí jednolanového napínacího lisu HAMA, schopném vyvinout tlak 31,6 MPa (200 kN) při maximálním zdvihu 150 mm (Obr. 4).



Obr. 4 Vnášení tlakového napětí do konstrukce.

Skutečná deformační charakteristika (krátkodobý modul pružnosti zdiva) se určí pomocí změřené závislosti zatlačení roznášecí desky na vnesené tlakové síle.

Pro odečítání stlačení konstrukce se používají indukčnostní snímače dráhy typu T102F. Součástí měřicí soustavy jsou rovněž i snímače teploty a tenzometrický siloměr udávající aktuální velikost předpínací síly v době napínání. Schéma zapojení sestavy je patrné z Obr. 5. Pro instalaci snímačů se použije měřicí rám (speciálně navržená ocelová konstrukce). Při instalaci snímačů je nutné dbát na dostatečně velký měřicí rozsah (vzhledem k předpokládané totální deformaci). Tento rozsah v uvedeném příkladu činil 0 – 2,5 mm.



Obr. 5 Blokové schéma měřicího řetězce.

Měření deformací konstrukce probíhá pomocí osazených deformometrů v závislosti na velikosti předpínací síly. Zatěžování zdiva se provádí postupně po krocích o velikosti 10 kN, s podržením síly 10 sekund pro zajištění odečtení dostatečného množství měřených dat. Zatěžování končí v okamžiku dosažení max. kapacity předpínacího lana. Zde je nutné podržení napětí 5 minut z důvodu ustálení deformací konstrukce. Odlehčování zdiva probíhá obdobně (po krocích 20 kN s podržením napětí 10 sekund). Aby nedocházelo ke zvýšenému namáhání snímačů v okamžiku úplného odtížení, je nutné zajistit min. předpínací sílu v laně 5 kN. Pro správné vyhodnocení výsledků je zapotřebí provést alespoň tři zatěžovací a odlehčovací cykly vždy s podržení napětí 5 minut mezi jednotlivými cykly.

Závěr

Popsaný postup měření pro stanovení krátkodobého modulu pružnosti zdiva ve směru rovnoběžném s ložnou spárou popsaný v příspěvku je vhodný pro aplikaci na historické zdivo mostních kleneb, opěr nebo pilířů. Vyžaduje minimální zásah do stávající konstrukce. Rovněž rychlost a mobilita osazování měřicího rámu s deformometry snižuje celkovou dobu provádění. Pro stanovení deformačních charakteristik zdiva je nutné provést minimálně 3 měření.

Literatura

[1] DUCHÁČ, P.; KLUSÁČEK, L. Horizontálně předepnuté pásy zdiva – problematika roznosu zatížení rovnoběžně s ložnou spárou. In Sborník přednášek sanace betonových konstrukcí 2014. Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, 2014. s. 34-40. ISBN: 978-80-905471-1-7.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

STANOVENÍ MODULU PRUŽNOSTI ZDIVA POMOCÍ JEDNOLANOVÉHO NAPÍNACÍHO LISU – VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ

Zpracovali: Doc. Ing. Ladislav Klusáček, CSc., Ing. Radim Nečas, Ph.D., Ing. Jiří Strnad, Ph.D., Ing. Michal Požár (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

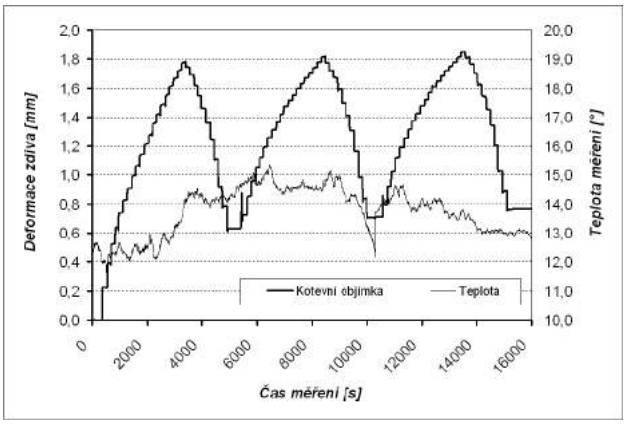
Technický list navazuje na předchozí list 3.3b, který se zabýval postupem měření deformačních charakteristik zdiva klenbových mostů ve směru rovnoběžném s ložnou spárou. Uveden je postup pro vyhodnocení naměřených dat.

Oblast použití

Uvedený princip vyhodnocení modulu pružnosti je s výhodou použitelný při návrhu rekonstrukcí zděných mostních staveb pomocí nových železobetonových stěn a příčného předpětí.

Měření deformací konstrukce

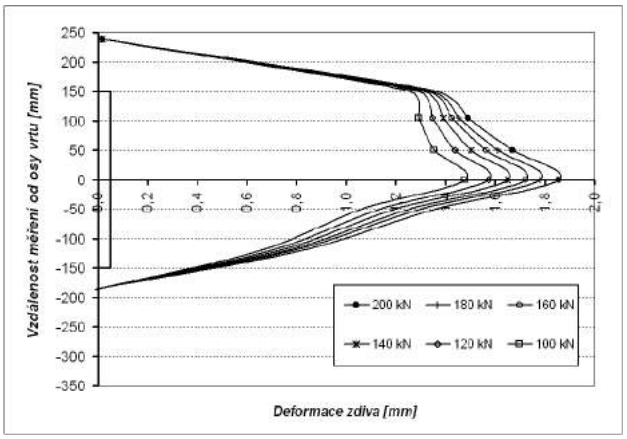
Měření deformací konstrukce probíhá prostřednictvím osazených deformometrů v závislosti na velikosti předpínací síly (Obr. 1).



Obr. 1 Ukázka změřené deformace zdiva v čase.

Postup vyhodnocení

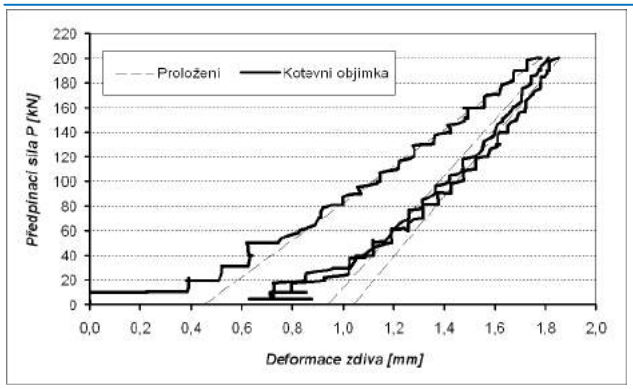
Uvedený postup popisující měření deformačních charakteristik zdiva lze nazvat jako metoda přímého stanovení modulu pružnosti s nepřímým vyhodnocením. Nepřímé vyhodnocování spočívá v kombinaci numerické simulace zdiva pomocí výpočetních programů a skutečně naměřených a zpracovaných hodnot. Pro stanovení modulu pružnosti zdiva se osvědčilo uvažovat data ze snímače s nejvyšší naměřenou celkovou deformací. Vzhledem k uspořádání měření jde o deformometr osazený v místě osy napínání (kotevní objímka). Další snímače a jimi naměřená data slouží pro popis deformací po výšce zdiva neboli pro popis tzv. deformační kotliny (Obr. 2).



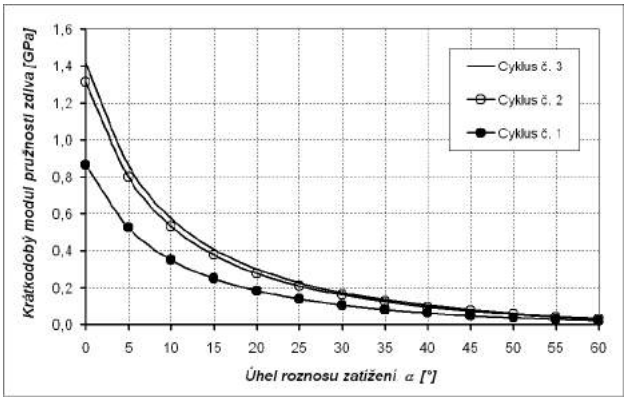
Obr. 2 Ukázka deformace zdiva v okolí měřící desky (deformační kotlina).

Základním výstupem naměřených dat je závislost deformace konstrukce na velikosti předpínací síly. Vynesením příslušných hodnot do grafu získáme tzv. L-D diagram (load-deflection diagram) pro všechny provedené cykly měření (Obr. 3). Z hlediska vyhodnocování výsledků postačí vzestupné větve grafů reprezentující zatěžování konstrukce. Proložením přímky každou vzestupnou větví vytneme úhel svíraný touto přímkou a horizontální osou grafu. Hookův zákon uvádí vztah pro výpočet modulu pružnosti materiálu jako poměr napětí způsobeného předpětím a poměrné deformace. Hodnoty poměrných deformací lze stanovit přímo z naměřených dat s přihlédnutím k šířce zkoumané konstrukce. Napětí ve zdivu je přímo závislé na úhlu roznosu zatížení, jenž definuje efektivní roznášecí plochu. V případě zdiva není tento náhradní úhel v žádné literatuře definován. Představu o vlivu úhlu roznosu zatížení na krátkodobý modul pružnosti dokládá grafická závislost obou zmiňovaných veličin (Obr. 4), kde byl volen úhel v rozmezí 0 – 60°.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

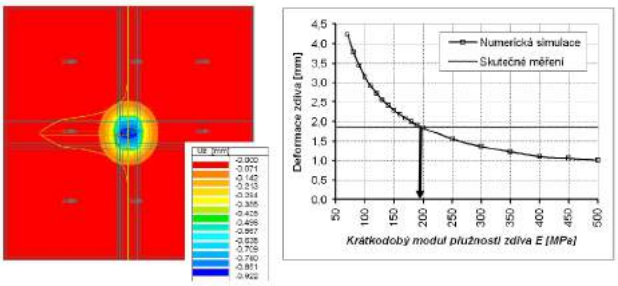


Obr. 3 Load deflection digram.



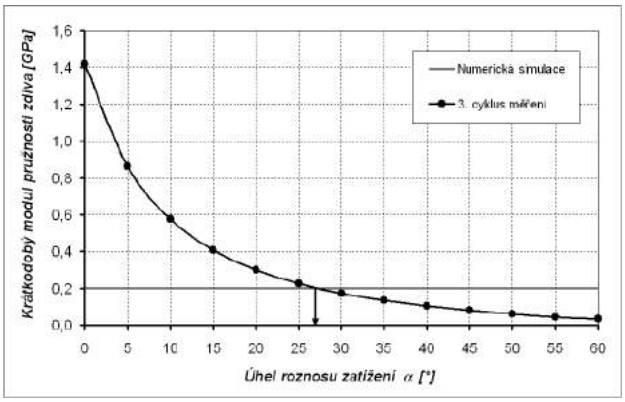
Obr. 4 Závislost modulu pružnosti na úhlu roznosu zatížení.

Matematické popsání nehomogenního materiálu (zdivo) je obecně značně obtížné. Z tohoto důvodu byl vytvořen zjednodušený výpočtový model simulující reálně měřenou konstrukci. Jde o deskový model uložený na pružném podloží s parametry odpovídajícími vyšetřovanému zdivu. Princip stanovení krátkodobého modulu pružnosti zdiva spočívá v opakovaném zatěžování matematického modelu předem definovanou silou, vždy s jinou hodnotou modulu pružnosti zdiva na straně vstupních parametrů tak, aby bylo dosaženo deformace modelu shodné s deformací změřenou. Jedná se o interval od 70–500 MPa (Obr. 5 vlevo). Výsledkem je grafická závislost deformací konstrukce na modulu pružnosti (Obr. 5 vpravo) při konstantní tlakové síle. Pro vyhodnocení výsledku je nutné zanést do grafu skutečnou hodnotu zatlačení konstrukce v podobě přímky rovnoběžné s vodorovnou osou grafu. V místě průsečíku numerické simulace s naměřenou hodnotou (skutečné měření) je možné odečíst požadovaný krátkodobý modul pružnosti.



Obr. 5 Výpočtový model, grafické vyhodnocení numerické simulace.

Na základě vyhodnocení krátkodobého modulu pružnosti zdiva pomocí numerické simulace v kombinaci s reálnými hodnotami deformací je možné zpětné určení efektivního úhlu roznosu zatížení. Do grafu závislosti úhlu roznosu zatížení na modulu pružnosti je nutné vynést hodnotu modulu pružnosti stanovenou dříve. V místě průsečíku obou křivek lze odečíst úhel roznosu zatížení pro vyšetřovanou konstrukci (Obr. 6).



Obr. 6 Stanovení úhlu roznosu zatížení

Závěr

Vyhodnocení měření za účelem stanovení krátkodobého modulu pružnosti zdiva ve směru rovnoběžném s ložnou spárou popsané v příspěvku je vhodné pro aplikaci jak na historické (mostní opěry, pilíře a klenby), tak i současné zdivo. Vyžaduje minimální zásah do stávající konstrukce. Rovněž rychlost a mobilita osazování měřícího rámu s deformometry snižuje celkovou dobu provádění. Pro stanovení deformačních charakteristik zdiva je nutné provést minimálně 3 měření.

Literatura

[1] DUCHÁČ, P.; KLUSÁČEK, L. Horizontálně předepnuté pásy zdiva – problematika roznosu zatížení rovnoběžně s ložnou spárou. In Sborník přednášek sanace betonových konstrukcí 2014. Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, 2014. s. 34-40. ISBN: 978-80-905471-1-7.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

SLEDOVÁNÍ VLIVU REÁLNÝCH TUHOSTÍ NADPODPOROVÉ ČÁSTI OCELOBETONOVÝCH MOSTŮ NA DEFORMACE

Zpracovali: Ing. Jiří Jachan, Ing. Tomáš Militký, Ing. Martin Pekár (Valbek EU a.s.)

Souhrn

Technický list popisuje stav a průběh dlouhodobého sledování dvou spřažených ocelobetonových mostních konstrukcí.

Oblast použití

V rámci řešení problematiky doporučení pro koncepční návrhy mostů jsme se zaměřili na oblast vstupních předpokladů při navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí. Primárním cílem sledování je ověření reálně dosažených tuhostí spřaženého průřezu v oblastech tažené železobetonové desky. Sekundárními výsledky pak jsou informace o reálném chování ocelobetonových mostů v čase a data o chování inovativního typu konstrukce – ocelobetonové předpjaté vnějšími kabely.

Metodika a postup řešení

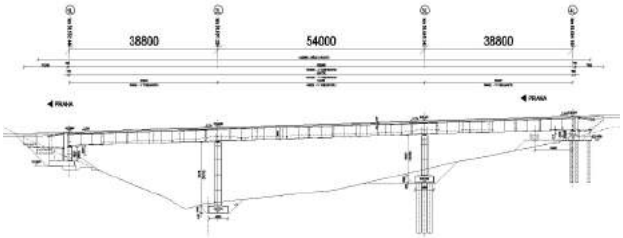
Předmětem sledování jsou dvě mostní konstrukce:

1) Most přes Biskupický kanál a Váh v Trenčíně, Dilatační celek I. Spojitá ocelobetonová konstrukce o 3 polích s rozpětím 65,0 + 110,0 + 68,9 m. Jedná se o most s komorovým průřezem, s dodatečným předpětím vnějšími kabely. Výška příčného řezu v poli je 2,5 m, nad podporou 6,0 m.

Obr. 1 Celkový pohled na most přes Biskupický kanál a Váh v Trenčíně.

Most je ve smyslu dříve uvedeného podrobnějšího popisu osazen odporovými tenzometry aktivními a doplněn kompenzačním tenzometrem a snímači teploty. V komoře mostu je umístěno 7 dataloggerů a byla použita ústředna pro stejnoměrné měření různých typů snímačů.

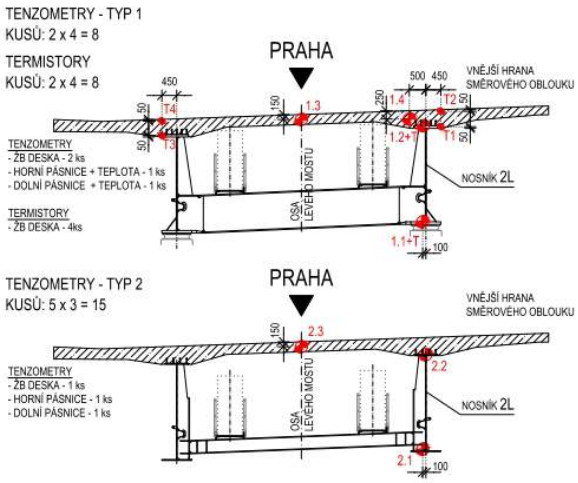
2) Most F211 na budovaném úseku dálnice D8, spojitá ocelobetonová konstrukce o 3 polích s rozpětím 38,8 + 54,0 + 38,8 m. Jedná se o spřažený dvoutrámový most s trámy ze svařovaných plnostěnných nosníků. Výška příčného řezu je 3,45 m. Osová vzdálenost hlavních nosníků je 7,5 m. Ocelová konstrukce je v současné době realizována podélným výsuvem.



Obr. 2 Schéma mostu F 211 – 38,8 + 54,0 + 38,8 m.

V letošním roce jsme se věnovali návrhu systému měření a zpracování projektu sledování konstrukce.

Projekt dlouhodobého sledování popisuje princip měření, umístění jednotlivých komponent zařízení pro sledování, postup sledování v závislosti na výstavbě nosné konstrukce a následné sledování po dobu životnosti konstrukce v delších časových intervalech. Systém měření umožní zaznamenat chování konstrukce jak v době užívání, tak i při mimořádných zatíženích nebo budoucích zatěžovacích zkouškách.



Obr. 3 Schéma umístění tenzometrů – Projekt dlouhodobého sledování mostu.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

V současné době probíhá stavební část sledování přípravou ocelové konstrukce před osazením tenzometrů. Tato fáze se skládá z osazení tenzometrů na OK nebo na výztuž betonové desky, osazení elektroinstalačních lišt na OK, umístění ústředny na příčník P3, osazení chrániček do bednění pro zřízení prostupu vodiče, instalace vodiče a připojení tenzometrů k ústředně. Dále bude zřízena elektrická přípojka od SOS hlásky tunelu Prackovice a zajištěn náhradní zdroj napájení z místa staveniště.

Obr. 4 Schéma rozmístění lišt pro kabeláž na pilířovém příčníku.

Sledování bude probíhat pomocí strunových tenzometrů s možností měřit teplotu. Tenzometry budou umístěny ve dvou nadpilířových řezech a doplněny vždy čtyřmi termistory. Při každém kroku odečítání hodnot naměřených tenzometry bude současně měřena geometrie konstrukce. Geodeticky budou sledovány 3 řezy v každém poli.

Výsledky

1) Vzhledem k technickým problémům při takto rozsáhlém měření nebylo možné získat kompletní naměřená data. Aktuálně (12/2015) jsou data alespoň v částečném rozsahu k dispozici a v příštím roce budou dostupné výsledky analýzy. Základní správnost použitých metod výpočtu byla však potvrzena výsledky měření deformací konstrukce. Tato měření byla realizována geodeticky v průběhu výstavby i zatěžovací zkoušky.

2) V letošním roce byla výstavba mostu obnovena v letních měsících a započala výroba OK. V současné době je vysunuta ocelová konstrukce pravého mostu a vybetonovány 4 takty železobetonové desky. Ocelová konstrukce je vysouvána a probíhá zde osazování vybavení pro instalaci měření. Předpokládáme dostupnost měřených dat v roce 2016.

Závěr

Práce na měření mostu v Trenčíně, které proběhy v uplynulém roce, bohužel nedošly k předpokládaným výsledkům v podobě analýzy dat. Zkušenosti z problémů při sledování mostu jsme však zohlednili při řízení rizik měření na mostu D8 F 211.

Literatura

[1] Jachan, J. – Sedmík, M. – Militký, T. – Vráblík, L. – Meľová, T.; Most přes Biskupický kanál a Váh – 1.dilatační celek, Konstrukce 2014, 5. Odborná konference České asociace ocelových konstrukcí, Ostrava.

[2] Vráblík, L. - Jachan, J. – Sedmík, M. – Malina, D. – Blažek, M. – Šístek, M. – Meľová, T.; Projekt a realizace nového mostu přes Váh v Trenčíně, 21. Betonářské dny, Konference s mezinárodní účasti, Hradec Králové.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ ESTAKÁDY PŘES MASARYKOVO NÁDRAŽÍ

Zpracovali: Ing. Petr Klimeš, Ing. Petr Jedlinský, (EUROVIA CS, a.s.)

Souhrn

Předmětem činnosti v roce 2015 bylo zpracování dat získaných v rámci dlouhodobých měření železniční estakády přes Masarykovo nádraží a vyhodnocení vybraných veličin.

Sledovaná estakáda je největší mostní objekt stavby Nové spojení. Jde o konstrukci technicky velmi náročnou.

Nosná konstrukce je z předpjatého betonu, využito bylo podélné, příčné i svislé předpětí. Nosná konstrukce je tvořena kombinací prefabrikátů a monolitického betonu.

Obr. 1 Pohled na mostní konstrukci při výstavbě.

V rámci projektu CESTI byla obnovena dlouhodobá měření a načtena data z předchozího období.

Oblast použití

Záměrem je využít získané hodnoty pro návrh dalších mostních konstrukcí. Pro řadu konstrukčních prvků není k dispozici dostatek ověřovacích měření. Rozdíly v návrhových hodnotách mohou být značné. Potvrzení nebo upřesnění návrhových hodnot může mít proto podstatné ekonomické dopady.

Metodika a postup řešení

V roce 2015 se program soustředil na zpracování dat. Vzhledem k mimořádnému množství dat bylo nutno optimalizovat tvar výstupů z hlediska dalšího zpracování a ověřit časovou návaznost mezi jednotlivými soubory dat. Zpracována byla data z měření posunů na pilířích P2, P3, P9, P10, měření teplot v betonu, teploty vzduchu v tubusu i měření kotvení na opěře OP1. Během roku 2015 rovněž probíhaly prohlídky mostní konstrukce.

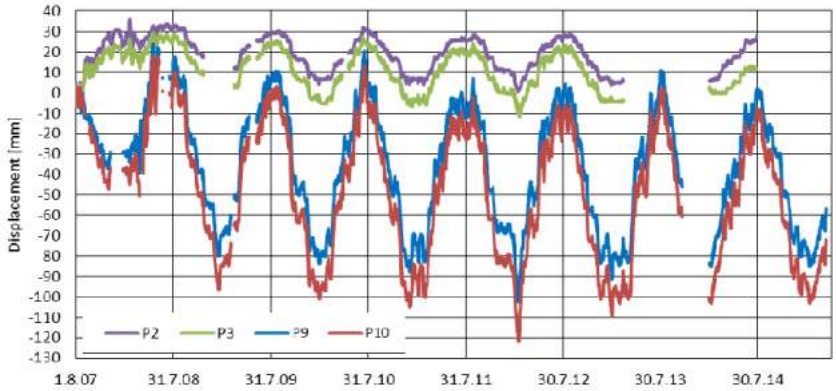
Největším problémem z hlediska měření byla otázka zabezpečení objektu. Zajistit bezpečnost zařízení se ukázalo nemožné. Problematická je především Vítkovská opěra, kde je most využíván neoprávněnými osobami. Ty rovněž omezují přístup do konstrukce. Přestože řada zařízení byla umístěna na opačné straně mostu v bočních komorách s komplikovaným přístupem, docházelo postupně k demontáži částí zařízení i v této části mostu.

Z uvedeného důvodu bylo rozhodnuto o ukončení měření.

Obr. 2 Monitorování posunů ložisek.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 3. Tenzometrický snímač pro měření poměrných deformací a teplotní čidlo.

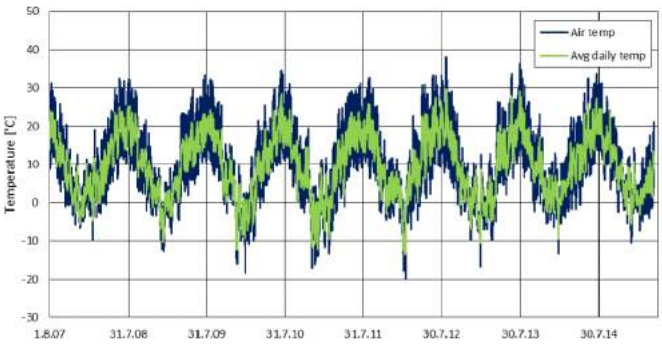


Obr. 5. Vodorovné posuny ložisek na pilířích P2, P3, P9 a P10.

Výsledky

V rámci projektu CESTI se navázalo na předchozí měření zahájená během výstavby objektu. Rozsáhlé datové soubory umožní porovnání naměřených a teoretických hodnot. Příkladem je obr. 5, který dokladuje naměřené velikosti posunů ložisek. V daném případě byla zjištěna dobrá shoda s návrhovými hodnotami.

Pro další analýzu je potřebné doplnit výpočetní modely konstrukce na základě hodnot získaných během výstavby. Porovnání teoretických a skutečných hodnot je cenné pro další rozvoj návrhových norem a optimalizaci drahých konstrukčních prvků.



Obr. 4 Teplota vzduchu ve stínu a průměrné denní teploty.

Literatura

[1] Vokáč, M. - Kolísko, J. - Bouška, P. - Klimeš, P.: Sledování vývoje teploty, změn deformací a napjatosti betonu během betonáže masivních konstrukcí. 13. betonářské dny 2006. Praha: ČBS - Česká betonářská společnost ČSSI, 2006.

[2] Vokáč, M. - Kolísko, J.: Měření a výpočtový model vývoje teplot v prvcích masivní betonové mostní konstrukce vlivem hydratačního tepla. Betonářské dny 2007. Praha: ČBS - Česká betonářská společnost ČSSI, 2007.

[3] Vokáč, M. - Kolísko, J. - Bouška, P.: Monitorování železniční estakády přes Masarykovo nádraží během výstavby. Experimental Stress Analysis 2007. 45th International Coference. Extended abstracts. Plzeň: Západočeská universita, 2007.

[4] Vokáč, M. - Klimeš, P. - Kolísko, J.: Monitorování vybraných veličin při stavbě mostní estakády přes Masarykovo nádraží. Mosty 2009. Brno: Sekurkon, 2009.

[5] Vokáč, M. - Klimeš, P. - Kolísko, J.: Měření na železniční estakádě přes Masarykovo nádraží v Praze. Zpravodaj SŽDC 4/2009. Praha: SŽDC, 2009.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝROBA A ZKOUŠKY ZÁBRADELNÍCH PANELŮ Z UHPC

Zpracovali: Ing. Jan Tichý, CSc., Ing. Stanislav Ševčík, Ing. Bohuslav Slánský ml. (Skanska a.s.)

Souhrn

V současnosti je materiál UHPC intenzivně rozvíjen po celém světě a byl využit na řadě konstrukcí v Severní Americe, Japonsku, Austrálii i v západní Evropě. Také v Česku již našel tento materiál své uplatnění. V polovině roku 2014 se naskytla příležitost vyrobit a postavit experimentální stavbu mostního nosníku z UHPC. Jednalo se o modernizaci železniční trati Hradec Králové – Pardubice – Chrudim, objekt SO 04-38-09 lávka pro pěší přes Opatovický kanál.

Namísto původní monolitické konstrukce navrhla firma Pontex, s.r.o. výrazně štíhlejší a efektivnější předem předpjatý nosník tvaru dvojitého „T“ z UHPC třídy C110/130 XF4. Původní ocelové zábradlí nahradila ocelovými sloupky, do kterých byly vsazeny výplně – zábradelní panely z UHPC [1] a [2].

Oblast použití

Při návrhu a realizaci mostního zábradlí u rekonstruovaných i nových mostních konstrukcí.

Metodika a postup řešení

Statické zatěžovací zkoušky pilotních výplňových desek o tloušťkách 13 a 20 mm nevyhověly požadavkům normy pro mostní zábradlí [3].

Deska s tloušťkou 20 mm se svou hmotností 71 kg jevila jako hraniční z hlediska snadné montáže. Proto další zvyšování tloušťky nebylo možné. Z toho důvodu byly navrženy zábradelní panely s větší tloušťkou žeber, ale s vylehčovacími otvory. Žebra byla vyztužena v prvém případě 2D výztužnou sítí ze skleněných vláken a pro objekt SO 04-38-09 betonářskou výztuží o Ø 6 mm, která byla zakotvena do ocelového rámu po obvodu zábradelního panelu.
Protože jednotlivé složky UHPC musely být navažovány laboratorními váhami s přesností na gramy, musela být k výrobě těchto zábradelních panelů použita míchačka s nuceným oběhem M 250. Postup dávkování, míchání a celé výroby zábradelních panelů byl přesně popsán v technologickém předpisu.

Do forem důkladně očištěných od nečistot, opatřených separačním prostředkem, byla vložena přesně zakotvená výztužná síť. Z míchačky byl plynule naléván čerstvý UHPC, který se bez jakéhokoliv zhutnění pomalu rozléval sám. Povrch byl zarovnáván ocelovým hladítkem.

Obr. 1 Postup odlévání UHPC do forem.

Hotový zábradelní panel s 2D výztužnou sítí ze skleněných vláken je znázorněn na obrázku č. 2.

Obr. 2 Zábradelní panel z UHPC s 2D výztužnou sítí.

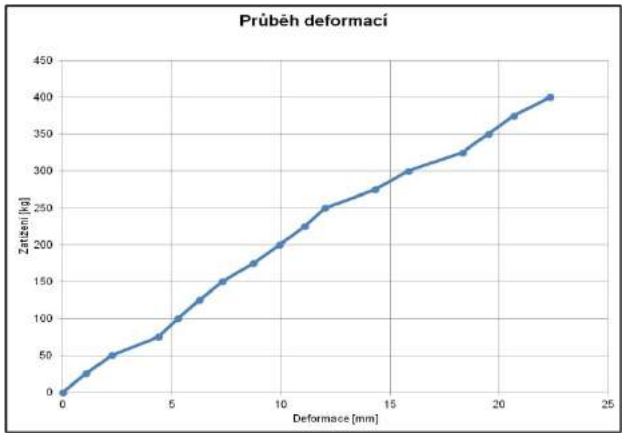
Výsledky

Při statické zkoušce byl zábradelní panel postupně zatěžován závažím v násobcích 25 kg, které bylo uloženo na střed dílce.

Zábradelní panel, vyztužený betonářskou výztuží o Ø 6 mm, dosáhl únosnosti cca 260 % požadovaného

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

zatížení (4,50 kN). Přírůstky deformací byly zaznamenávány pomocí odporového úchylkoměru a byly až do porušení víceméně lineární, jak ukazuje obrázek č. 3.



Obr. 3 Průběh deformací při statické zkoušce panelu tl. 33 mm.

Také dynamická zkouška tohoto panelu dopadla pozitivně. Její podstatou jsou tři kyvadlové rázové zkoušky – náraz měkkým tělesem o hmotnosti 50 kg (pytel naplněný skleněnými kuličkami o průměru 3 mm) a tvrdým tělesem (ocelová koule o hmotnosti 1 a 3 kg). Při nárazu se žádná část nezlomila ani neoddělila, ačkoliv zde byly patrné trhliny přes celou tloušťku průřezu po nárazu měkkého tělesa.

Obr. 4 Náraz měkkého tělesa při dynamické zkoušce.

Závěr

Technologii výroby se podařilo výrazně zdokonalit odléváním čerstvého UHPC do tenkostěnných forem a vyrobit tak kvalitní zábradelní panely.

Použitím čerstvého UHPC dochází k důkladnému zatékání do všech částí forem, přestože je do tenkostěnných dílců zabudována výztužná síť 2D ze skleněných vláken nebo betonářská výztuž. Tím se zvyšuje bezpečnost zábradelních panelů, protože vyhoví požadavkům normy na statickou i dynamickou zátěž.

Také jsme se přesvědčili, že dokážeme vyhovět náročným požadavkům architektů na profilování i odstín pohledové plochy zábradelních panelů.

Velkým přínosem je i zvýšení užitných vlastností a trvanlivosti UHPC s výztužnou sítí, zvláště v podmínkách vysoce agresivního prostředí.

Literatura

[1] Tichý, J.; Slánský, B.; Slánský, B. ml.; Ševčík, S. (2015) „Výroba a zkoušky zábradelních panelů z UHPC“, Skalský Dvůr, 12. konference Speciální betony.

[2] Tichý, J; Komanec, J.; Slánský, B.; Čítek, D.; Hubka. M; Kolísko, J. (2015) „Lávka pro pěší z UHPC přes Opatovický kanál“, Litomyšl, 22. Betonářské dny 2015.

[3] CEN/TR 1317-6. Silniční záchytné systémy - Záchytné systémy pro chodce - Část 6: Mostní zábradlí. Praha: ÚNMZ, 2012. 44 p.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

LÁVKA PRO PĚŠÍ Z UHPC PŘES OPATOVICKÝ KANÁL

Zpracoval: Ing. Jan Tichý, CSc. (Skanska a.s.)

Souhrn

Po řadě laboratorních a praktických aplikacích ve firmě Skanska a.s., v závodě Prefa bylo vyrobeno několik sérií předem předpjatých nosníků z ultravysokohodnotného betonu (UHPC) [1] až [3]. Po jejich úspěšném experimentálním ověření [4] byl koncem roku 2014 v provozovně Štětí vyroben prefabrikovaný předem předpjatý nosník z UHPC, který byl určen pro pilotní projekt v rámce modernizace železniční trati Hradec Králové – Pardubice – Chrudim k realizaci lávky pro pěší přes Opatovický kanál v obci Čeperka [5].

Oblast použití

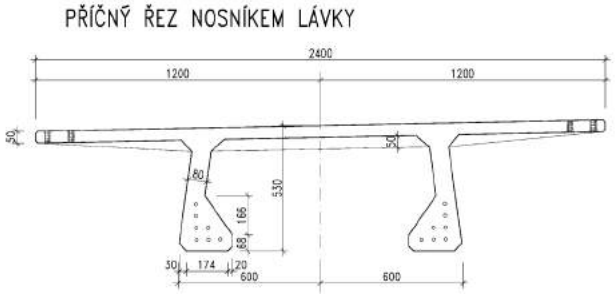
Při návrhu a realizaci lávek pro cyklisty a pěší i pro rekonstruované i nové mostní konstrukce.

Metodika a postup řešení

V polovině roku 2014 se naskytla příležitost vyrobit a postavit experimentální stavbu mostního nosníku z UHPC. Jednalo se o objekt SO 04-38-09 lávka pro pěší přes Opatovický kanál.

Původní projekt uvažoval s monolitickou konstrukcí s konzolami o rozpětí 15,3 m z betonu C 35/45 XC4, XF3. Konstrukce lávky byla dodatečně předpjatá 2ks 12-lanových kabelů z lan o Ø 15,7 mm a pro konstrukci bylo uvažováno s objemem betonu 14 m^3.

Firma Pontex s.r.o. navrhla výrazně štíhlejší a efektivnější nosník tvaru dvojitého „T“, předem předpjatý a zhotovený z UHPC třídy C 110/130 XF4. Objem UHPC je cca o 2/3 menší, tedy cca 4m^3. Při návrhu bylo plně využito příznivých vlastností UHPC, které umožnily realizovat tenkostěnnou konstrukci předepnutou 14 lany ø15,7 mm.



Obr. 1 Tvar předem předpjatého nosníku lávky pro pěší z UHPC.

Výsledky

Koncem roku 2014 byl v provozovně Štětí vyroben předem předpjatý nosník dle návrhu firmy Pontex s.r.o. Čerstvý UHPC s rozptýlenou výztuží byl vyráběn na betonárně ve Štětí s maximálním objemem míchačky 1,5 m^3 s nuceným mícháním, vybavené automatickým ovládacím systémem.

Po předchozím předepnutí předpínacích lan byl čerstvý UHPC dopravován od betonárny do výrobní haly speciálním vozíkem a pak bádií do ocelové formy, kombinované s překližkou. Postup dávkování, míchání a celé výroby nosníku byl přesně popsán v technologickém předpisu.

Na obrázku č. 2 je znázorněn průběh ukládání čerstvého UHPC do předem připravené formy.

Obr. 2 Postup ukládání čerstvého UHPC do formy.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Souběžně s výrobou předem předpjatého nosníku byla v Kloknerově ústavu ČVUT v Praze provedena celá řada doprovodných zkoušek na různých zkušebních tělesech. Krychelná pevnost na krychlích o hraně 150 mm po 28 dnech byla 130,7 MPa a statický modul pružnosti na trámcích 100 × 100 × 400 mm byl 43,0 GPa.

Namísto původně navrženého ocelového zábradlí firma Pontex, s.r.o. navrhla ocelové sloupky, do kterých byly vsazeny výplně – zábradelní panely z UHPC.

Dne 14. října 2015 byl předem předpjatý nosník naložen na návěs, převezen na stavbu a uložen na připravená ložiska. Ocelové sloupky a zábradelní panely z UHPC byly osazeny ve 46. týdnu roku 2015. Pohled na hotovou experimentální stavbu – lávku pro pěší z UPHC přes Opatovický kanál je znázorněn na obrázku č. 3.

Obr. 3 Pohled na hotovou lávku pro pěší z UPPC přes Opatovický kanál.

Závěr

Předem předpjaté nosníky z UHPC mají vůči ocelovým nosníkům mnoho výborných vlastností. Odolávají vysoce agresivnímu prostředí, proto nevyžadují dodatečnou ochranu proti korozi a mají vysokou a dlouhotrvající požární odolnost.

I když se zdá, že předem předpjaté nosníky z UHPC oproti nosníkům z běžného železobetonu jsou ekonomicky náročnější, přesto jsou jednoznačně výhodnější. Celková hmotnost je zhruba o polovinu nižší a tím se ušetří na manipulaci s nosníky a základové konstrukce nemusí být tak robustní. To má velký přínos pro omezování skleníkových emisí a tím snižování zátěže prostředí.

Literatura

[1] Tichý, J.; Kolísko, J.; Trefil, V.; Hájek, P.; Kalný, M.; Karliak, J., (2010): "Další zkušenosti s ultravysokohodnotným betonem v prefabrikaci", Hradec Králové, 17. Betonářské dny.

[2] Tichý, J.; Kolísko, J., (2012): "Provozní zkoušky ultravysokohodnotného betonu v prefabrikaci", Pardubice, 10. konference Technologie betonu.

[3] Tichý, J.; Kolísko, J.; Kalný, M.; Huňka, P. (2012) „First Practical Implementation of UHPC in Czech Republic", Plitvice Lakes, 8th CCC durability of Concrete Structures.

[4] Tichý, J.; Kolísko, J.; Kalný, M.; (2014) „Destructive tests of UHPC pretensioned beams", Liberec, 10th CCC Cencrete offers for the period of economic recovery.

[5] Tichý, J.; Komanec, J.; Slánský, B.; Čítek, D.; Hubka. M; Kolísko, J. (2015) „Lávka pro pěší z UHPC přes Opatovický kanál", Litomyšl, 22.Betonářské dny 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ POSTUPŮ PRO ÚDRŽBU A OPRAVY ČASTÝCH ZÁVAD MENŠÍCH MOSTŮ

Zpracoval: Doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V rámci dílčího cíle projektu byla na základě hodnocení závad na ocelových mostech pozemních komunikací provedena klasifikace postupů pro údržbu a opravy častých závad menších mostů. Podkladem byla rozsáhlá databáze z prohlídek cca 135 mostů pozemních komunikací převážně na silnicích 2. a 3. třídy, která obsahuje závěry a doporučení z provedených prohlídek.

Oblast použití

Výstupem činnosti je klasifikace závad, které lze odstranit běžnou údržbou nebo opravou na základě jednoduché dokumentace nebo závady většího rozsahu na základě projektové dokumentace a v poslední řadě závady, které lze odstranit na základě diagnostického průzkumu a projektové dokumentace. Hlavní využití se předpokládá u správců mostů pozemních komunikací.

Metodika a postup řešení

Předmětem prohlídek byly ocelové a ocelobetonové mosty z období výstavby 1880 až 2006. Převažovaly trámové plnostěnné a příhradové mosty. Ze 135 prohlédnutých mostů bylo pouze 19 ve stavu bezvadném nebo velmi dobrém. Zbývající mosty byly hodnoceny ve stavu dobrém až havarijním podle ČSN 73 6221.

Přehled nejčastějších závad z hlediska četnosti výskytu:

zanedbaná údržba	více než 50 %
závady PKO a koroze	40
vegetace na mostě	13
velká tloušťka vozovky	11
nepřístupná ložiska	5
deformace částí konstrukce	4
zúžení profilu	4
špatná funkce v uložení	3
zasypaná ložiska	3
velký průhyb	3
závady mostního závěru	3

Menší četnost dalších závad: vady ve vozovce, zanesené odvodňovací žlaby, závady v odvodnění, závady vodotěsné izolace, koroze členěných prutů, poruchy spodní stavby, rozpad římsy aj.

Výsledky

1. Závady, které lze odstranit běžnou údržbou (drobné závady): většinou závady v důsledku zanedbané údržby, lokální závady PKO, lokální korozní závady, vegetace na mostě, nepřístupná ložiska, špatná funkce uložení (nečistoty), lokální závady ve vozovce (výtluky), zanesení mostního závěru, výtluky ve vozovce okolo odvodňovačů, zanesené odvodňovací žlaby a odvodňovací potrubí, vegetace pod mostem, zatékání do říms okolo sloupků zábradlí aj. Uvedené závady odstraňuje správce mostního objektu vlastními silami.

2. Závady, které lze odstranit opravou na základě jednoduché dokumentace: závady PKO většího rozsahu, korozní závady většího plošného rozsahu bez zjevných korozních úbytků, velká tloušťka vozovky v důsledku přidávání dalších obrusných vrstev bez předchozího frézování, nepřístupná ložiska pro údržbu, deformace části nenosné konstrukce (zábradlí, svodidla), špatná funkce uložení (nemožnost podélné dilatace nebo pootáčení hlavní nosné konstrukce mostu, viz obr. 1).

Obr. 1 Nemožnost podélné dilatace a pootáčení.

Dále vady ve vozovce u mostního závěru, které vyžadují vybourání části vozovky bez nutnosti obnovy mostního závěru, závady mostního závěru

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

(výměna některých prvků), celkový rozpad obrusné vrstvy vozovky, nefunkční odvodnění v důsledku nedostatečných sklonů vozovky, lokální závady vodotěsné izolace (nutné lokální vybourání vozovky, oprava detailů izolace), poruchy spodní stavby (oprava spárování, podemleté základy malých mostů), rozpad římsy (odlupování vrstev betonu, obnažení výztuže, použití sanačních materiálů). Pro tyto závady si správce mostního objektu vypracuje vlastními silami jednoduchou dokumentaci. Většinou se jedná o práce menšího rozsahu bez potřeby výběrového řízení. Za kvalitu zodpovídá zhotovitelská firma ve smyslu objednávky. Jedná se hlavně o dobu záruky na provedené práce.

3. Závady, které lze odstranit opravou většího rozsahu na základě projektové dokumentace: závady PKO velkého rozsahu (kompletní obnova PKO včetně tryskání celé konstrukce), vážné korozní závady se zjevnými korozivními úbytky (nutnost lokálního zesílení, výměna korozně oslabených prvků nebo nýtů), velká tloušťka vozovky v důsledku přidávání dalších obrusných vrstev bez předchozího frézování a rozsáhlé průsaky deskou mostovky (odfrézování všech vrstev až na úroveň desky mostovky, zhotovení kompletního vozovkového a izolačního souvrství), nepřístupná ložiska v důsledku chybné projektové dokumentace (při opravách ložiska nutno zřídit provizorní podepření hlavní nosné konstrukce), deformace části nosné konstrukce mostu, zúžení profilu, které bylo provedeno za účelem snížení zatížení od dopravy (nutnost zesílení nosné konstrukce), velký průhyb hlavní nosné konstrukce (nutnost zesílení hlavní nosné konstrukce), vady ve vozovce u mostního závěru s nutností výměny mostního závěru, celkové závady mostního závěru (nutnost výměny mostního závěru), plošné závady mostovky spolu s plošnými průsaky (nutnost kompletní výměny vozovkového a izolačního souvrství), závady v odvodnění zamrzání odvodňovacích svodů a potrubí (nový systém odvodnění), průsaky do podélných předpjatých prefabrikovaných nosníků (nutnost kompletní výměny vozovkového a izolačního souvrství), závady v průchodu hlavního nosníku mostovkou u ocelových příhradových mostů s dolní mostovkou (výměna nebo zesílení korozně oslabených prutů, obnovy PKO), výrazné podemletí plošných základů, rozpad římsy většího rozsahu (doplnění výztuže, nové kotvení sloupků zábradlí). Pro odstranění těchto závad musí správce mostního objektu nechat vypracovat dokumentaci pro zadání stavby a vybrat zhotovitele opravy. Za kvalitu provedené opravy zodpovídá zhotovitelská firma ve smyslu objednávky. Jedná se hlavně o dobu záruky na provedené práce.

4. Závady, které lze odstranit rekonstrukcí na základě diagnostického průzkumu a projektové dokumentace: závady PKO velkého rozsahu na mimořádných konstrukcích (diagnostický průzkum korozním inženýrem, kompletní obnova PKO včetně tryskání), korozní závady se zjevnými korozními úbytky na výjimečných konstrukcích (zohlednit zbytkovou životnost, respektovat historickou hodnotu a estetický dojem mostu), velký průhyb hlavní nosné konstrukce v důsledku degradačních jevů nebo dlouhodobého přetěžování vlastní váhou nebo dopravou (oprava na základě diagnostického průzkumu s následným zesílením hlavní nosné konstrukce), závady mostního závěru u staticky složitých mostních konstrukcí nebo v případě tvarově složitého mostního závěru, plošné závady ve vozovce v důsledku závad v desce mostovky (degradace betonové desky mostovky, únavové závady v ortotropní desce mostovky), velká dynamická odezva při přejezdu vozidel v důsledku změny statické funkce mostu (degradace nosného systému, použití modální analýzy). Pro odstranění těchto závad musí správce mostního objektu zajistit provedení diagnostického průzkumu a na základě jeho výsledků nechat zpracovat dokumentaci pro zadání stavby a vybrat zhotovitele. Doporučuje se kontrola realizační dokumentace nezávislou osobou. V případě potřeby doplnit diagnostický průzkum. V průběhu prováděné rekonstrukce dbát na kontrolu kvality projektantem a správcem (investorem). Za kvalitu provedené opravy zodpovídá zhotovitelská firma ve smyslu objednávky. Jedná se hlavně o dobu záruky na provedené práce.

Závěr

Na základě předložené klasifikace závad mostů pozemních komunikací jsou uvedeny postupy pro jejich odstranění. Závady jsou rozděleny na ty, které lze odstranit běžnou údržbou nebo opravou na základě jednoduché dokumentace, na závady většího rozsahu, které lze odstranit na základě projektové dokumentace a v poslední řadě závady, které lze odstranit na základě výsledků diagnostického průzkumu a následné projektové dokumentace. Ve všech případech je důležitá odpovědnost zhotovitele za provedené opravy do konce záruční doby.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ŘEŠENÍ DOBETONÁVKY DILATAČNÍCH ZÁVĚRŮ, KDE BETON TVOŘÍ ZÁROVEŇ POJÍŽDĚNOU ČÁST VOZOVKY

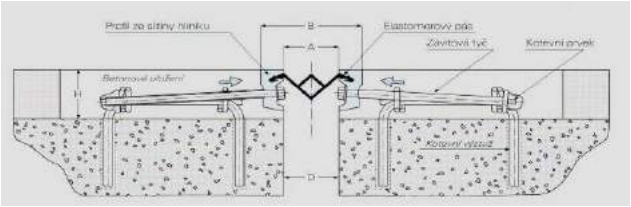
Zpracoval: Ing. Vladimír Brejcha, FEng. (SMP CZ, a.s.)

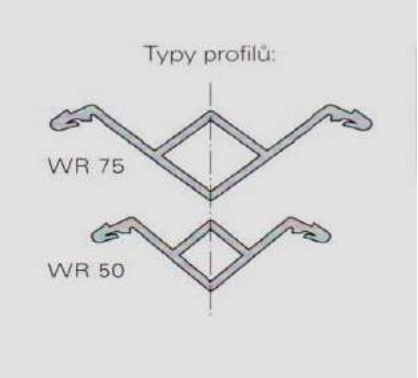
Souhrn

Při použití nových typů dilatačních závěrů od firmy Freyssinet bylo nutné vyřešit otázku vybetonování kotevní části dilatace, jejíž horní povrch tvoří zároveň pojížděnou část vozovky. Při betonáži klasickým způsobem dochází během provozu ke vzniku četných trhlin, které jsou pro ŘSD nepřípustné a bez vyřešení tohoto problému je šance na využití dilatačních závěrů Freyssinet pro Českou republiku nulová.

Oblast použití

Jedná se o dobetonávky dilatačních závěrů firmy Freyssinet pod továrním označením WR 50 a WR 75WoSd 50, 75, 100, Wd a WP.





Obr. 1 Dilatace WR 50.

Tento typ dilatací je vhodný nejen pro novostavby, ale hlavně pro rekonstrukce. Zde se postupuje tak, že se vyřízne vozovka v předepsané šíři podle typu dilatace a vyboura se až na nosnou konstrukci. Následně se osadí nová dilatace a zabetonuje.

Metodika a postup řešení

Abychom zamezili vzniku trhlin na povrchu dobetonávky, používáme pro dobetonávku zásadně vláknobeton. Z důvodů ekonomických se jedná o polypropylénová vlákna průměru 0,5 mm větších délek. Přesné dávkování i receptura jsou předmětem pokračujících zkoušek. Pro další snížení vzniku trhlin vkládáme 2 cm pod povrch čedičovou síť FBM 209 od firmy Vertex. Dobetonávky byly zatím pokusně realizovány na dvou mostních objektech v Severočeském kraji.

Výsledky

Postup a průběh betonáže zachycuje fotodokumentace z mostu v Plzni. Povrch betonu bude pravidelně sledován a receptura může být následně upravována.

Obr. 2 Spára před osazením dilatace.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 3 Osazená dilatace před betonáží.

Obr. 4 Betonáž dilatace.

Obr. 5 Zabetonovaná dilatace.

Závěr

Je předpoklad, že tato problematika bude řešena dlouhodobě a bude pravidelně vyhodnocována.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

SMYKOVÉ VLASTNOSTI VLÁKNOBETONU + ZTRÁTY PŘEDPĚTÍ OD DOTVAROVÁNÍ NA KOMOROVÝCH MOSTECH SE ZAHRNUTÍM NEJISTOT VLIVŮ PROSTŘEDÍ

Zpracovali: Prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc., Dr.h.c., FEng., Ing Lukáš Kadlec, Ph.D., Ing. Václav Ráček, prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Činnost v rámci projektu CESTI za rok 2015 lze rozdělit do dvou tematických oblastí:

První oblastí výzkumu byly vlastnosti betonu v režimu čistého smyku. Řešitelé projektu pokračovali v již započatém výzkumu z předešlých let. V letošním roce se podařilo vyrobit první zkušební těleso – vláknobetonový dutý válec. Dále byly předvedeny teoretické postupy umožňující odvození smykových charakteristik vláknobetonu z konvenčních axiálních zkoušek.

Druhou oblastí výzkumu byly ztráty předpětí komorových mostů. Řešitelé Prof. Křístek a Dr. Kadlec provedli studii dlouhodobých ztrát předpětí od dotvarování na komorovém nosníku, přičemž bylo přihlédnuto k nejistotám vlivu prostředí a vlastností betonu. Úloha byla řešena pro konkrétní příčný řez, nesoudržné kabely, proměnlivou délku pole, různě rozmístěné kabely po průřezu. Účinky dotvarování byly stochasticky počítány podle modelu B4, přičemž byla uvážena náhodnost vstupů ovlivňujících dotvarování. Pro dosažení skutečných ztrát předpětí je poukazováno na nutnost prostorového modelování (zahrnutí vlivu deplanace) v případě tenkostěnných nosníků. Dále je upozorněno na značnou variabilitu výsledků ztrát předpětí vlivem nejistot v predikci dotvarování. Také byl diskutován vliv rozmístění předpínacích kabelů a vliv délky rozpětí pole na ztráty předpětí.

Metodika a postup řešení

V rámci výzkumu vláknobetonových dutých válců byly teoreticky odvozeny fyzikální vztahy pro smykové chování vláknobetonu a dále byl diskutován předpokládaný přínos experimentů. Krom jiného, experimenty umožní lépe definovat oblast popisující hranici porušení při rovinné napjatosti v oblasti smyku. Dále byl vyroben první zkušební prvek. Další výroba zkušebních těles je naplánována na přelom roku 2015 a 2016. V téže době jsou očekávány také první výsledky experimentů.

V rámci výzkumu ztrát předpětí od dotvarování bylo teoretickou cestou poukázáno na nutnost použití odpovídajícího výpočetního modelu pro získání skutečných hodnot předpětí. Pro případ tenkostěnné konstrukce by takovýto model měl být prostorový (skořepina, nebo 3D prvky) a zároveň je nutné zahrnout vliv velké variability účinků dotvarování způsobené nejistotami ve vstupních parametrech.

Výsledky

Na obrázcích 1 až 3 je fotografická dokumentace z betonáže vláknobetonového dutého válce. Na obrázcích 4 až 6 jsou poté vyobrazeny výsledky analýzy ztrát předpětí od dotvarování na komorových mostech s uvážením náhodnosti vstupních parametrů.

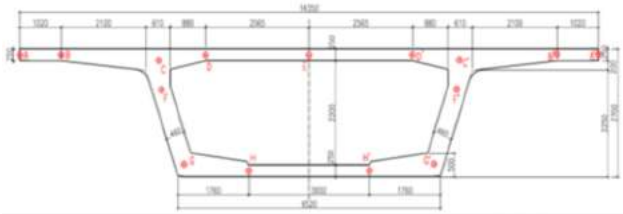
Obr. 1 Pohled do bednění.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 2 Betonáž tělesa.

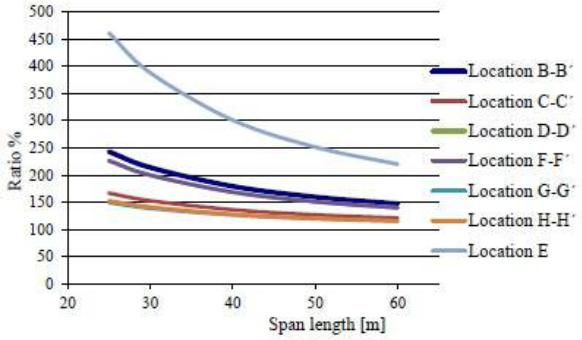
Obr. 3 Dokončení betonáže.

Na obrázku je 4 zobrazen příčný řez uvažovaný ve studii ztrát předpětí způsobených dotvarováním betonu.

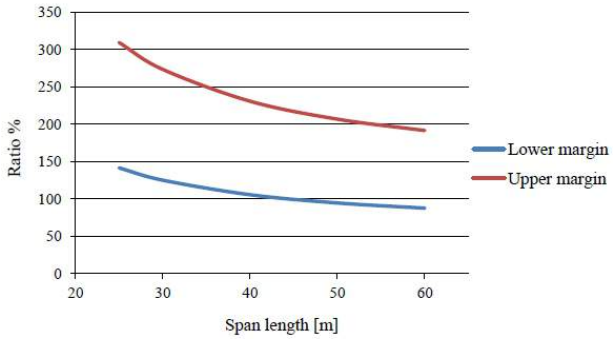


Obr. 4 Příčný řez včetně rozmístění předp. kabelů

Na obrázku 5 je vynesen poměr mezi ztrátami předpětí z 3D modelu ve vztahu k modelu předpokládajícímu zachování rovinnosti průřezu (rámový výpočet). Z grafu je patrné, že zejména pro krátká rozpětí je 3D analýza nepostradatelná.



Obr. 5 Ztráty předpětí od dotvarování získané na prostorovém modelu (respektující deplanace průřezu) vztažené k rámovému modelu (zachování rovinnosti průřezu).



Obr. 6 Ztráty předpětí od dotvarování získané stochasticky na prostorovém modelu (95% spolehlivostní mez) vztažené k rámovému modelu pro kabely v místě D-D´.

Obrázek 6 potvrzuje značnou variabilitu výsledků ztrát předpětí od dotvarování způsobenou nejistotami ve vstupních parametrech ovlivňujících dotvarování.

Závěr

V příštím roce se bude pokračovat v započatém postupu. Především budou k dispozici první výsledky z experimentů vláknobetonových dutých válců.

Literatura

[1] Ráček, V. - Kadlec, L. - Křístek, V. - Vítek, J.: Shear Characteristics of Fibre-Concrete. In World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, WMESS 2015. Amsterdam: Elsevier, 2015, p. 111-118. ISSN 1878-5220.

[2] Kadlec, L. - Křístek, V.: Prestress Loss and Uncertainty in Concrete Box Girder Creep. In CONCREEP-10 Mechanics and Physics of Creep, Shrinkage, and Durability of Concrete and Concrete Structures. Vienna: Vienna University Of Technology, Institute For Mechanics of Materials and Structures, 2015, p. 697-706. ISBN 978-3-9503537-8-5.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ PRO SPOLEHLIVOU A DLOUHODOBOU FUNKCI MOSTŮ

Zpracovali: Doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Bc. Petr Kubiš (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V případě provádění montážních styků zejména železničních mostů bývají tyto často slabým místem z hlediska únavy. To vede k nutnosti zesílení prvku a větší spotřebě materiálu. V roce 2015 byla z tohoto důvodu provedena analýza, která měla za cíl zjistit alternativní možnosti zdokonalení detailu únavové kategorie 71 (kruhový výřez ve stojině nosníku pro provedení montážního svaru pásnice). Dalším cílem bylo zjištění únavové životnosti některých v praxi používaných řešení úprav tohoto detailu, a to jednak zavaření víčkem a jednak provedení okénka pro montážní svar pásnice a jeho zavaření (tzv. Olemutz). U zmíněných dvou detailů není s ohledem na vlivy reziduálních pnutí nikde kategorie detailu definována. Různá geometrická řešení tohoto detailu byla podrobena optimalizační parametrické analýze pomocí MKP programu Ansys. Výsledkem je doporučení pro úpravu geometrie výřezu s ohledem na redukci lokální napjatosti v kritickém místě.

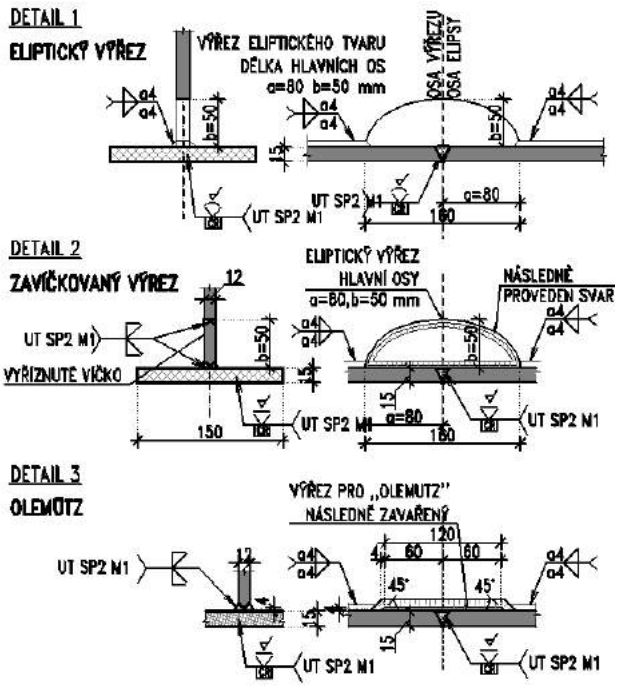
Oblast použití

Oblastí použití jsou veškeré ocelové mostní svařované konstrukce, kde existuje nutnost provádět dílenské nebo montážní styky konstrukcí, které jsou vystaveny významnému únavovému namáhání. Zejména se jedná o železniční mosty.

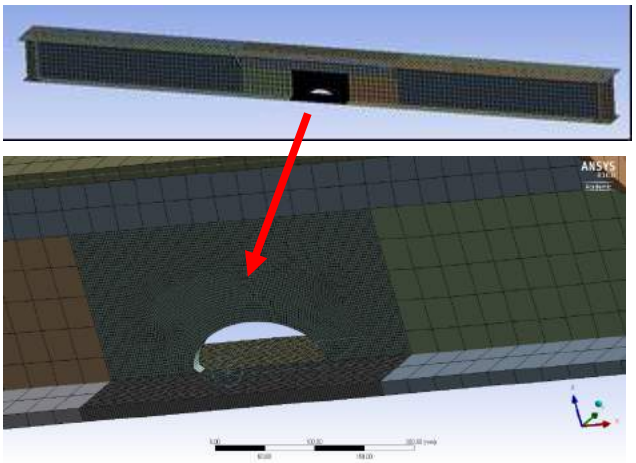
Metodika a postup řešení

Předmětem analýzy detailu byly výřezy různých křivek. Referenčním detailem se stala polokružnice o R=50mm. Jako parametr byla zvolena šířka detailu W (respektive vzdálenost kraje a osy detailu). Druhý zkoumaný parametr je výška výřezu označovaná L. Při změně šířky detailů byly uvažovány tyto tvary: parabola 2°, elipsa, ovál, viz obrázek 1.

Únavová životnost svařovaných detailů se dá určit pomocí třech základních metod. Těmi jsou posouzení na základě normálových napětí, hot-spot napětí a efektivních vrubových napětí. K ověření únavového chování zkoumaného detailu byly použity všechny zmíněné postupy. Pro letmý odhad životnosti - metoda uvažující normálové napětí, pro parametrickou analýzu – metoda hot spot napětí a pro kontrolu a upřesnění výsledků metoda efektivních vrubových napětí. V další činnosti bude využito vlastností metody hot spot napětí, která právě umožňuje porovnání výpočetního model a experimentu.



Obr. 1 Tři zkoumané detaily - výřez, zavaření víčkem a „Olemutz.

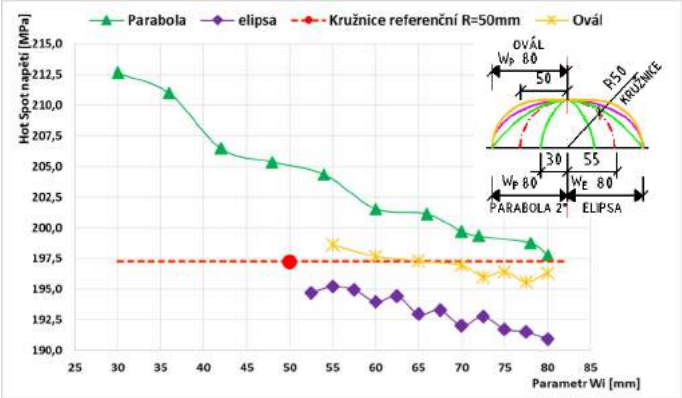


Obr. 2 Numerický model pro hot spot metodu.

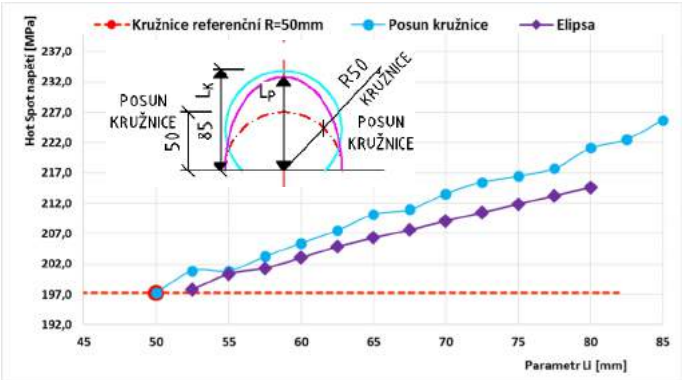
Výsledkem analýzy s parametrem W je graf, který má pro všechny křivky klesající trend, tedy

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

prodlužování výřezu má pozitivní vliv, viz obrázek 3. Při změně parametru (výšky) výřezu L naopak dostáváme závislosti, kdy při zvětšování parametru L roste hot spot napětí. Tvary pro tento parametr byly zvoleny na základě předchozích zkušeností a jedná se o elipsu a kružnici (která se vertikálně posouvá po své ose), viz Obrázek 4.

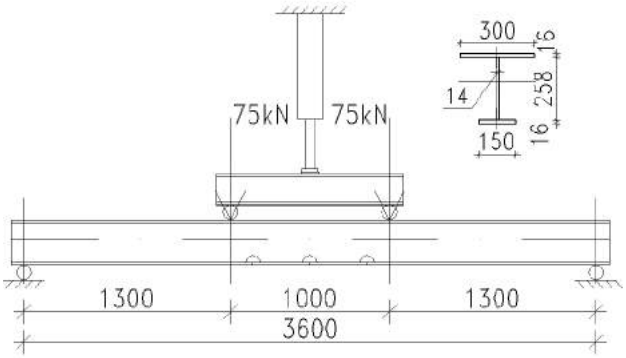


Obr. 3 Výsledky hot spot napětí pro křivky výřezu s proměnným parametrem W (šířka).



Obr. 4 Výsledky hot spot napětí pro křivky výřezu s proměnným parametrem L (výška).

Pro stanovení únavové životnosti je však vždy nezbytné provést experimentální ověření. Za tímto účelem byly vyrobeny za podpory firmy Bilfinger MCE Slaný s.r.o. celkem 3 zkušební vzorky, kde každý z nich obsahuje celkem 3 zkoumané detaily – cílem je získání většího počtu dat pro eliminaci nahodilých vlivů. Schéma zkušebního vzorku je na obrázku 5.



Obr. 5 Zkušební vzorek pro experimentální ověření.

Výsledky

Na základě provedené analýzy je možné usoudit, že výhodnější je použití detailů, které jsou spíše ploššího charakteru.

Při porovnávání jednotlivých křivek se jeví nejvýhodnějším tvarem elipsa. Dokazuje to i tabulka 1, kde jsou porovnány nejlepší alternativy detailů s životností referenční kružnice.

Tab. 1 Porovnání únavové životnosti křivek.

	nominální napětí - N	Hot Spot -H	faktor N/H	Životnost	Porovnání životností
	[MPa]	[MPa]	[-]	cyklů	%
referenční kružnice	117,288	195,819	1,670	266 358	0,00
Parabola	117,288	197,789	1,686	258 478	-2,96
Elipsa	117,288	190,917	1,628	287 406	7,90
Ovál	117,288	195,687	1,668	266 897	0,20

Z výsledků uvedené parametrické analýzy a technologických požadavků byl vybrán pro další práci eliptický výřez s rozměry hlavních os a=80mm, b=50mm (Detail 1). Zavíčkováním tohoto výřezu vznikne Detail 2, přičemž ale je do prvku vneseno pnutí od svařování, obdobně jako u Detailu 3, tzv. „Olemutzu“. Únavová kategorie detailu 2 a 3 zatím nebyla v literatuře ani normách stanovena. Tyto detaily budou zkoušeny a výsledky vyhodnoceny na začátku roku 2016.

Závěr

Parametrická analýza navrhuje zlepšený tvar únavového detailu kategorie 71, míra zlepšení bude zjištěna experimentálně. Tímto detailem je eliptický výřez (a=80mm, b=50mm). Uplynulý rok výzkumu také přinesl návrh vzorků, které budou podrobeny cyklické zatěžovací zkoušce důležité pro určení únavové kategorie probíraných detailů.

Literatura

[1] Hobbacher, A. Recommendations for fatigue design of welded joints and components. Paris: International Institute of Welding, 2008.

[2] Aygül, Mustafa. Fatigue Analysis of Welded Structures. Gothenburg: Department of Civil and Environmental Engineering, 2012.

[3] Fatigue Strength Improvement of Weld Joints with Cope Hole. Min Choi, Sung, Tateishi, Kazuo a Takeshi, Hanji. 4, Nagoya: Department of Civil Eng., 2013, Sv. Vol 13.

[4] Dyląg, Zdzisław a Orłos, Zbigniew. Únava materiálu a její zkoušení. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1968.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ODHAD JEDNOTKOVÉ INVESTIČNÍ CENY MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

Zpracoval: Doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Výstupy slouží pro stanovení nákladů životního cyklu mostní konstrukce (life cycle cost – LCC). Umožňují vyčíslení nákladů za životnost mostní konstrukce, která je u mostů požadována 100 let. Zahrnují prvotní pořizovací náklady, náklady na provoz, údržbu, opravy, rekonstrukce za celou životnost mostní konstrukce i na jeho likvidaci.

Oblast použití

Metodika LCC slouží pro rozhodovací činnost při předprojektové přípravě při volbě typu mostní konstrukce z hlediska potřebnosti a účelnosti mostní konstrukce a z hlediska hospodárnosti a efektivnosti mostní konstrukce. Metodiku LCC využijí hlavně ŘSD ČR a SŽDC při své investiční činnosti do dopravní infrastruktury, ale také kraje, města a obce.

Metodika a postup řešení

Celoživotní náklady tvoří náklady: investiční, provozní, náklady na údržbu, opravy a rekonstrukce, náklady na likvidaci a náklady vyvolané vnějšími vlivy.

Investiční náklady: náklady na projektovou dokumentaci (volba výsledné varianty na základě vyhodnocení LCC s uvážením nákladů daných funkčním a estetickým standardem stanoveným investorem), náklady na výrobu a montáž mostní konstrukce a náklady na uvedení mostu do provozu.

Provozní náklady: náklady na zajištění bezpečného provozu na mostě, náklady na pravidelné prohlídky mostní konstrukce, příjmy od uživatelů (mýto, poplatky).

Náklady na údržbu, opravy a rekonstrukce: činnosti na základě závěrů z prohlídek, projektová dokumentace pro opravy a rekonstrukce, výběr zhotovitele opravy nebo rekonstrukce.

Náklady na likvidaci: ekologická hlediska, využití recyklace materiálů.

Vnější vlivy: změna dopravní politiky státu, změna transevropských koridorů, environmentální vlivy.

Výsledky

Většina nákladů je ovlivněna velikostí nákladů na výrobu a montáž. Předpokládané náklady na výrobu a montáž ovlivňují náklady na předprojektovou a projektovou činnost. Celkové investiční náklady také ovlivňují náklady na provoz, údržbu, opravy, rekonstrukce a na likvidaci mostní konstrukce.

V projektu byla provedena analýza investičních nákladů vybraných mostů na pozemních komunikací, železničních mostů a lávek pro chodce uvedených do provozu v České republice v letech 2007 až 2013. Do analýzy byly zahrnuty mosty, které byly přihlášeny do soutěže Mostní dílo roku, která je součástí každoročního sympozia Mosty. Jedná se tudíž o mosty, které se vyznačují dokonalým technickým řešením, kvalitní výrobou a montáží a také ekonomickým návrhem. Tyto mosty lze tudíž považovat za etalon, se kterým lze v metodice LCC dále pracovat.

Ukazatelem použitelným při rozhodovací činnosti jsou jednotkové ceny. Jedná se o celkové investiční náklady na 1 m^2 užitné plochy mostu. Užitnou plochou se rozumí součin volné šířky na mostě (např. světlost mezi zábradlím) a délky nosné konstrukce.

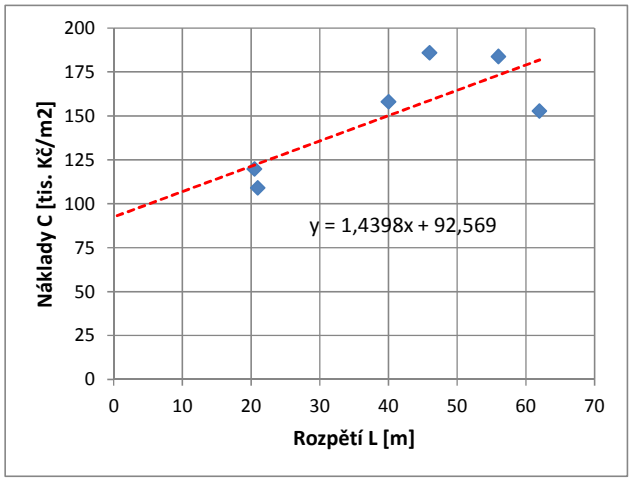
Je známou skutečností, že rozhodujícím parametrem pro jednotkovou cenu mostní konstrukce je její rozpětí. Jednotková cena se vzrůstajícím rozpětím výrazně roste. Vliv použitého materiálu a konstrukčního řešení je méně výrazný, pokud jsou dodrženy všeobecně uznávané zásady mostního stavitelství. Cílem činnosti v roce 2015 bylo nalezení aktuálních algoritmů pro jednotkovou cenu železničních mostů, mostů pozemních komunikací a lávek pro chodce v České republice. Algoritmy byly zpracovány regresní analýzou s použitím metody nejmenších čtverců. V algoritmech značí x rozpětí mostu v metrech a y náklady v tisících Kč na m^2 užitné plochy.

Ve vyhodnocovaném souboru železničních mostů bylo celkem šest mostů, z nichž pět jsou mosty dvoukolejné a jeden je jednokolejný. Pět mostů je ocelových a jeden je spřažený ocelobetonový.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

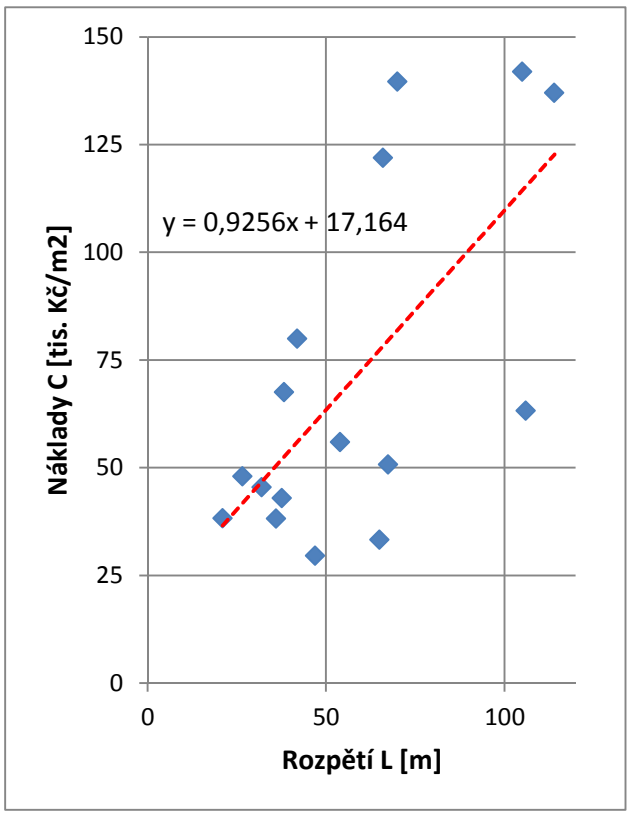
Jednotkovou cenu železničních mostů lze určit z rovnice (1) nebo z grafu na obr. 1.

$$C = 92{,}644 + 1{,}438\ L \qquad (1)$$



Obr. 1 Jednotková cena železničních mostů.

Ve vyhodnocovaném souboru mostů pozemních komunikací bylo 16 mostů. Z hlediska konstrukčního systému je 10 trámových mostů, 4 zavěšené a po jednom most rámový a obloukový. Jednotkovou cenu mostů pozemních komunikací lze určit z rovnice (2) nebo z grafu na obr. 2.



Obr. 2 Jednotková cena mostů pozemních komunikací.

$$C = 17{,}164 + 0{,}925\ L \qquad (2)$$

V obou vyhodnocovaných souborech byla zvolena lineární závislost mezi rozpětím mostu a jednotkovou cenou. Větší rozptyl nákladů mostů pozemních komunikací je ovlivněn různým rozpětím jednotlivých polí mostů. Jednotková cena byla vždy vypočtena pro největší rozpětí pole vyhodnocovaného mostu bez ohledu na to, jaká jsou rozpětí v dalších polích.

Jednotkové ceny lávek pro chodce jsou výrazně závislé na volbě konstrukčního systému a na požadovaném architektonickém výrazu lávky. Neplatí zde dominantní závislost na rozpětí lávky. Ve vyhodnocovaném souboru bylo celkem 11 lávek různého statického systému. Rozpětí lávek je od 27 do 89 m. Jednotkové ceny se pohybovaly v širokém pásmu od 38 000 do 122 000 Kč/m^2. Nejnižší cena byla u lávky rozpětí 73 m s ocelovým vzpínadlem. Naopak nejvyšší cena byla u lávky rozpětí 45 m se složitou geometrií a s náročným konstrukčním řešením. Investorem lávek pro chodce jsou většinou města a obce a při volbě konstrukčního řešení lávky většinou rozhodují architektonické a urbanistické požadavka před cenou.

Závěr

Výsledkem činnosti jsou rovnice pro odhad investičních nákladů železničních mostů a mostů pozemních komunikací od 20 m rozpětí výše. Extrapolovat pro mosty menších rozpětí nelze. Rovnice udávají jednotkové ceny na 1 m^2 užitné plochy mostu v závislosti na rozpětí největšího pole mostu. Investiční náklady železničních mostů a mostů pozemních komunikací téměř lineárně rostou s rozpětím největšího pole mostu.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

NÁSTROJ PRO OPTIMALIZACI SPŘAŽENÝCH OCELOBETONOVÝCH MOSTŮ

Zpracovali: Doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Bc. Jan Žitný (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Ocelobetonová spřažená trámová konstrukce je jedna z častých variant při řešení dálničních mostů a estakád v České republice. Pro zvýšení konkurenceschopnosti oproti ostatním, převážně železobetonovým, mostům je nutný udržitelný návrh. Cílem činnosti je vytvořit nástroj schopný optimalizovat konstrukci na celoživotní náklady LCC (Life Cycle Cost) a celoživotní cyklus LCA (Life Cycle Analysis) při zadaných okrajových podmínkách.

Oblast použití

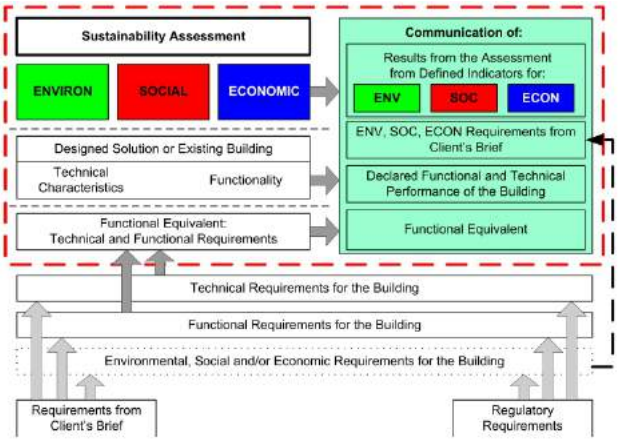
Využití nástroje se předpokládá v rámci prvotního plánování stavby a koncepčního řešení mostu se zadanými okrajovými podmínkami, kdy nástroj dokáže na jejich základě konstrukci posoudit a nalézt optimální řešení. Potenciálně lze nástroj rozšiřovat i na další typy konstrukcí.

Metodika a postup řešení

Postup řešení je rozdělen na několik dílčích kroků. V minulém roce byl proveden koncepční návrh nástroje a započalo jeho programování v prostředí MATLAB. Software se skládá ze tří hlavních částí, které jsou navzájem propojeny.

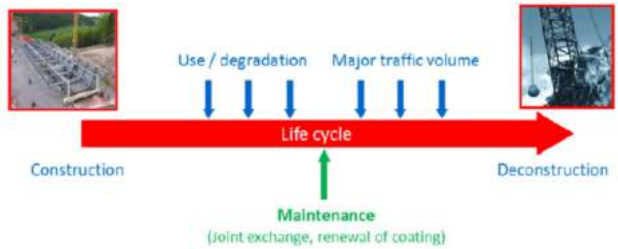
První část nástroje počítá vnitřní síly v konstrukci a posuzuje je ve všech fázích výstavby a životnosti mostu v mezních stavech použitelnosti MSP a únosnosti MSÚ na základě zadaných vstupních parametrů a dle platných evropských norem.

Druhá část provádí pro danou konstrukci posudek udržitelnosti s uvážením celoživotních nákladů LCC a celoživotním cyklem LCA. Přestože v rámci evropských norem a předpisů jsou definovány základní principy pro řešení udržitelnosti staveb, žádný není implementován do praxe.



Obr. 1 Koncept posudku udržitelnosti staveb ČSN-EN 16627.

Nástroj tedy využívá postupy zavedené do praxe ve Spolkové republice Německo. Tyto postupy zahrnují přímé i nepřímé ekonomické a ekologické dopady stavby po celou dobu její životnosti. Nepřímými dopady jsou převážně myšleny vlivy kongescí a dopravních úprav způsobených stavebními a údržbovými pracemi na posuzované konstrukci.



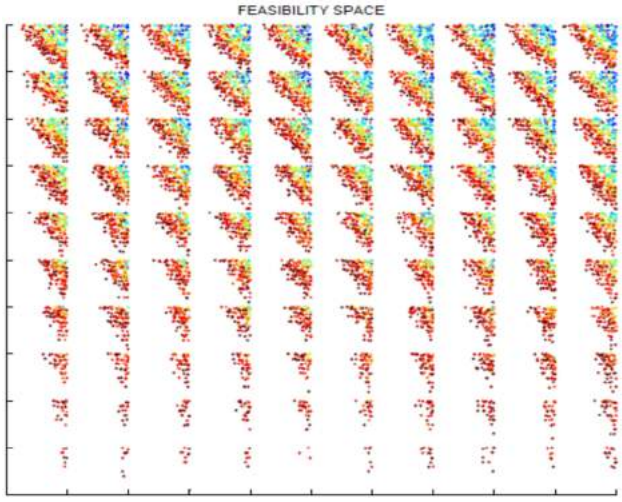
Obr. 2 Úkony a dopady v rámci životního cyklu mostu.

V současné době probíhají přípravné studie pro závěrečnou část nástroje. Využívá se metodika citlivostní analýzy a návrhu experimentu pro výběr nejvhodnější optimalizační metody.

Výsledky

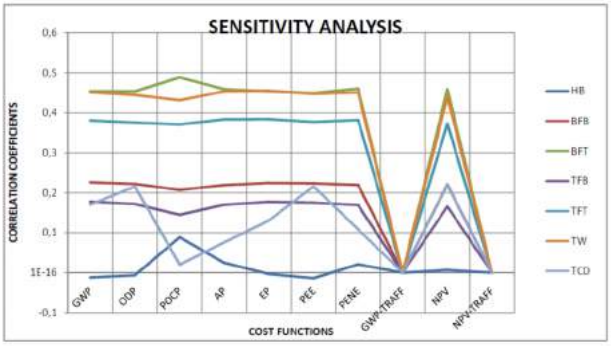
Následující graf zobrazuje řešitelný prostor pro generované sady proměnných parametrů (průřezové charakteristiky), které byly využity pro citlivostní analýzu.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



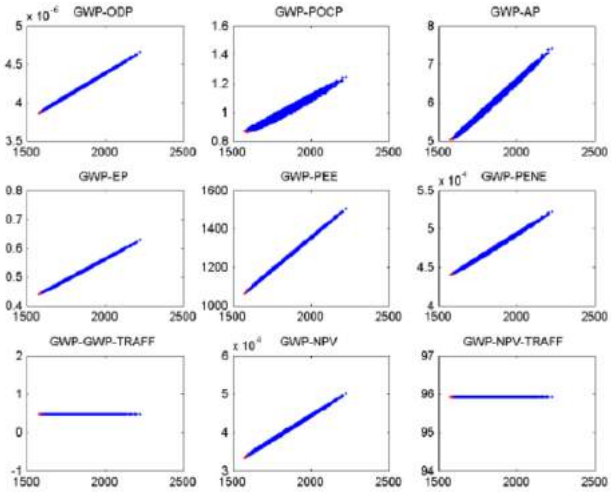
Obr. 3 Hypergraf řešitelného prostoru v zadaných okrajových podmínkách pro jednotlivé proměnné parametry.

Z citlivostní analýzy vyplývá, že až na parametr „výška nosníku“, u kterého nešlo statisticky určit přímý vliv na vyšetřované funkce, ostatní proměnné korelují, tudíž jejich přírůstek způsobuje růst hodnot všech funkcí až na ekologické a ekonomické dopady dopravních omezení na mostě vlivem rekonstrukcí. To vyplývá z důvodu, že příkladový most je novostavba na plánované dálnici R11 a nevede pod ním žádná stávající komunikace.



Obr. 4 Graf zobrazující citlivost výsledných veličin na jednotlivých proměnných parametrech na příkladu mostu na připravované R11.

Pro vypočtená data z návrhu experimentu bylo nalezeno Paretovo optimum, z jehož zobrazení je pro jednotlivé dvojice výsledných veličin patrné, jak jsou mezi sebou provázány a vykazují stejné tendence při změně parametrů.



Obr. 5 Grafy závislosti potenciálu globálního oteplování (GWP) na ostáních veličinách (červenou barvou je vyznačeno Paretovo optimum).

Závěr

Další postup je nalézt pomocí více-kriteriální optimalizace co největší množství vyhovujících nejlepších sad parametrů a z Paretova optima získat pro jednotlivá řešení váhové funkce. Ty posléze porovnat s výsledky z jedno-kriteriální optimalizace s využitím váhových funkcí daných v postupech ve Spolkové republice Německo.

Literatura

[1] Mielecke, T.; Kistner, V.; Graubner, C.-A.; Knauf, A.; Fischer, O.; Schmidt-Thrö, G.: Schlussbericht – Entwicklung einheitlicher Bewertungskriterien für Infrastruk-turbauwerke in Hinblick auf Nachhaltigkeit; Life Cycle Engineering Experts GmbH (LCEE).

[2] Lepš M.: Single and Multi-Objective Optimization in Civil Engineering with Applications; Czech Technical University in Prague.

[3] Janouchová E.: Design of experiments for sampling-based sensitivity analysis; Czech Technical University in Prague.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ TECHNICKÝCH POŽADAVKŮ PRO NÁVRH, REALIZACI A ZKOUŠENÍ VOZOVEK NA MOSTĚ

Zpracovali: Ing. Jan Hradil, Ph.D., Ing. Josef Žák, Ph.D., Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Konstrukce vozovek na mostech jsou řešeny jako dvouvrstvé či třívrstvé systémy tvořené vrstvami z asfaltových směsí uložených na tuhém podloží – z tohoto pohledu se tedy už principiálně nejedná o netuhé vozovky, nýbrž koncepčně o hybridní (polotuhé) konstrukce. Pochopitelně ale základní požadavky z hlediska kvality zůstávají identické: trvalé deformace, textura obrusné vrstvy, protismykové vlastnosti, tuhost, odolnost k vzniku a šíření trhlin, trvanlivost, rovinatost, odolnost proti stárnutí apod. Nelze rovněž pominout podstatnou funkci povrchové ochrany nosné konstrukce zejména z hlediska dopravního zatížení a klimatických vlivů. Stávající předpisy upravující využití jednotlivých konstrukčních vrstev na mostech, ale příliš nezohledňují základní fakt, že existují z hlediska statického působení a deformačních vlastnosti rozdíly mezi mosty s betonovou či spřaženou mostovkou a mosty s mostovkou ocelovou ortotropní. V rámci výzkumu je tedy snaha definovat ideální využití materiálů do vozovkového souvrství s ohledem na specifické vlastnosti ocelových ortotropních mostovek

Oblast použití

Poznatky rozvíjené v rámci řešení této dílčí aktivity se v budoucnu uplatní při návrhu nových mostů s ocelovými ortotropními mostovkami a při rekonstrukci vozovkového souvrství na stávajících mostech. Současně by mělo dojít k získání poznatků vhodných pro predikci chování uvedeného typu konstrukce, jež se uplatní při nastavení vlastního systému hospodaření s danou částí dopravní infrastruktury (údržba, prevence apod.).

Metodika a postup řešení

Postup řešení lze rozdělit na dvě základní oblasti:

a) Návrh a optimalizace asfaltových směsí (zejména MA), které budou použitelné do vrstev vozovek na mostních konstrukcích, včetně jejich laboratorního odzkoušení.

b) Modelování ortotropní mostovky s vozovkovým souvrstvím pro možnost aplikace principů spolupůsobení jednotlivých konstrukčních vrstev, resp. spolupůsobení vozovky a ocelové ortotropní mostovky pomocí konečně prvkových metod.

Z hlediska první etapy je zkoušení prováděno na následujících směsích:

- MA 11 (pojivo 20/30; 7,6 %-hm.),
- MA 11 (pojivo PMB; 7,6 %-hm.),
- MA 11 (PMB s přísadou přírodního asfaltu),
- MA 11 (pojivo 20/30 + přísada + vlákna Forta),
- MA 11 (pojivo s přísadou VBT či podobnou).

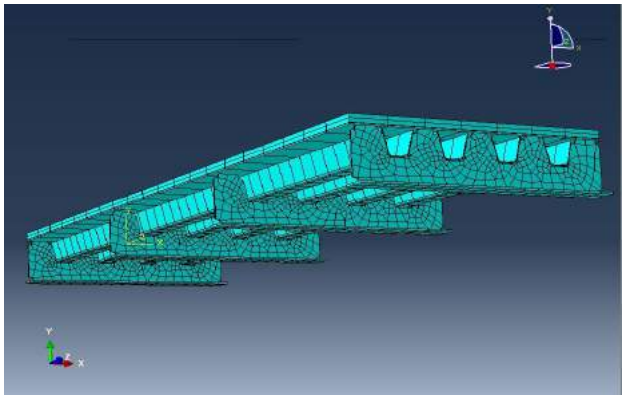
Prováděny jsou přitom následující základní zkoušky, které dovolí sledovat základní charakteristiky jednotlivých asfaltových směsí.

1) Stanovení čísla tvrdosti a přírůstku čísla tvrdosti širokým trnem – měření je prováděno na krychlích o hranách 70,7 mm, zkušební tělesa jsou umístěna do vodní lázně o teplotě vody 40°C (postup dle ČSN EN 12 697-20 [1]).
2) Stanovení zpracovatelnosti – vyhodnocuje se hloubka vniknutí zkušebního trnu v časové závislosti do horké směsi MA ve zkušebním zařízení (postup dle ČSN 73 6160 [2]).
3) Stanovení modulu tuhosti opakovaným namáháním v příčném tahu modifikací zkušebního postupu dle ČSN EN 12697-26 při zvolených teplotách na válcových tělesech.
4) Odolnost asfaltové směsi proti šíření trhliny zkouškou ohybem na půlválcovém zkušebním tělese – pro stanovení pevnosti v tahu nebo odolnosti vůči lomu asfaltové směsi pro hodnocení možného šíření trhliny při nízkých teplotách.
5) Dále se předpokládá provedení zkoušky jednoosým smykovým přístrojem (UST). UST zkouška umožňuje měření smykových parametrů asfaltových směsí, jako je smykový modul tuhosti, počet cyklů do 5% smykového přetvoření, viskoelastické parametry akumulace smykového přetvoření. Je známo, že tyto parametry souvisí s citlivostí materiálu ke vzniku trvalých deformací. Měření parametrů vybraných

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

asfaltových směsí metodou UST bude tedy prováděno za účelem stanovení odolnosti materiálu mostního souvrství k trvalým deformacím.

Z hlediska druhé etapy byly připraveny dva konečně prvkové modely ortotropní mostovky s využitím parametrů a dat mostu přes Ohři na rychlostní silnici R6. První model o rozměrech 7,5x2,5 m reprezentuje ortotropní mostovku ve středu mostního pole. Mostovka je podepřena čtyřmi příčníky, které podpírají samotnou mostovku; to je doplněno o podélné trapézové výztuhy. Ukotvení příčníků do stojiny trámů je modelováno jako vetknuté. Jsou modelovány dva zatěžovací stavy. Prvním je zatížení odpovídající kolu hnané nápravy zatížené 115 kN. Druhé zatížení odpovídá tlaku dvojnápravy zatížené 180 kN. Modelované zatížení odpovídá průběhu napětí pod kolem pneumatiky, které jsou známé z dostupné literatury [3, 4], tedy napětí v ploše zatížení se zvětšuje směrem od středu zatížení (kola) ke krajům (bočnicím pneumatiky). Předpokládá se porovnání napěťového stavu tohoto komplexního modelu v kombinaci s dále zjednodušeným modelovaným (početně jednodušším) stavem.

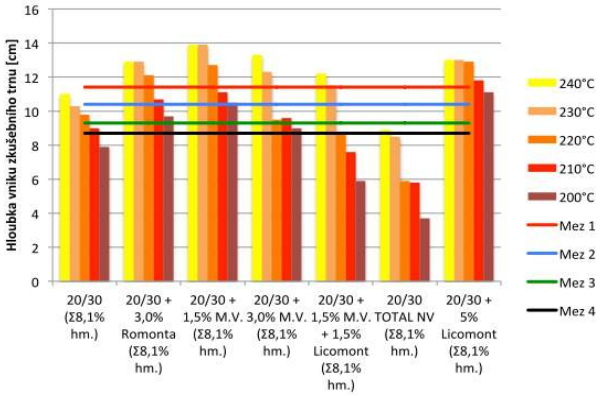


Obr. 1 Model pro stanovení napětí/deformací v rámci spolupůsobení mostovky a vozovkového souvrství.

Druhý konečně prvkový model je tvořen třemi podélnými trapézovými výztuhami a plechem mostovky. Rozměr modelu je 2,5x2,5m. Předpokládá se využití tohoto modelu k detailní analýze napětí ve vozovkovém souvrství. Tento model bude použit k identifikaci stavu napětí v jednotlivých vrstvách vozovky a spojení vrstev. Analýza bude provedena se zaměřením na smykové deformace vznikající ve vrstvách, přetvoření na spoji izolační a ložné vrstvy a modelování imperfekcí vzniklých při provádění vozovkového souvrství.

Výsledky

V současné době probíhá v rámci první etapy návrhu směsí zkoušení výše uvedených směsí pomocí zvolených zkušebních metod a postupů. Cílem je zde optimalizovat zejména funkční charakteristiky asfaltových směsí s důrazem na prodlouženou životnost. Pomocí aditiv je snaha na základě analýzy výsledků přistoupit k návrhu využití nízkoteplotních směsí MA pro vozovkové souvrství na mostních konstrukcích, čímž se eliminuje jednak vyšší teplotní zatížení mostní konstrukce jako takové, ale rovněž degradace vlastního pojiva i použitých přísad, resp. vláken, které zlepšují vlastnosti litých asfaltů. Na tomto místě jsou dále uváděny díky omezenému prostoru výsledky zpracovatelnosti vybraných směsí MA11 s jednotlivými typy aditiv.



Obr. 2 Výsledky zkoušek zpracovatelnosti MA 11- první etapa, po 30 s.

Závěr

V rámci řešení byly navrženy základní asfaltové směsi, zkušební postupy a rovněž teoretický prvkový model, do kterého budou formou kalibrací vnášeny výsledky jednotlivých materiálů, aby bylo možné stanovit charakteristiky odezvy jednotlivých vrstev a míru spolupůsobení. Jako značný potenciál se přitom jeví zejména kombinace modifikovaných nízkoteplotních litých asfaltů a výztužných vláken

Literatura

[1] ČSN EN 12697-20: Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horky – Část 20: Stanovení čísla tvrdosti na krychli nebo na válcových zkušebních telesech, ČNI, 2012.

[2] ČSN 73 6160: Zkoušení asfaltových směsí, ČNI, 2008.

[3] Determination of Pneumatic Tyre/Pavement Interface Contact Stresses under Moving Loads and Some Effects on Pavement with Thin Asphalt Surfacing Layers, De Beer, M., C. Fisher, and F. J. Jooste, 1997.

[4] EN 1991-2: Actions on Structures - Part 2: Traffic Loads on Bridges, European Commitee for Standardization, 2003.

[5] Žák, J., C. L. Monismith, E Coleri, and J. T. Harvey. 2015. "Uniaxial Shear Tester - Test Method to Determine Shear Properties of Asphalt Mixtures." Ve vydání časopisu Road Materials and Pavement Design Journal.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ŘEŠENÍ ZTRACENÉHO BEDNĚNÍ U SPŘAŽENÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ TENKOSTĚNNÝCH VLÁKNOBETONOVÝCH DESEK S HYBRIDNÍ VÝZTUŽÍ

Zpracovali: Ing. Vladimír Brejcha, FEng., Ing. Antonín Brnušák, FEng. (SMP CZ, a.s.); Ing. Pavel Fidranský, Ph.D., Ing. Josef Novák (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V rámci předmětného úkolu „Vývoj pokrokových technologických postupů pro výstavbu mostů - jsme řešili problematiku realizace ztraceného bednění u spřažených konstrukcí typu beton (nosníky), beton (spřažená deska) a ocel – beton. Dosavadní způsoby realizace bednění spřažené desky jsou:

a) klasické dřevěné nebo ocelové bednění, vyžadující montáž a demontáž,
b) bednění pomocí filigránových desek zvyšující pracnost při provádění armatury spřažené desky,
c) dřevocementové desky CETRIX, CEMVIT, které mají omezenou únosnost v závislosti na vzdálenosti nosníků spřažené mostovky.

Právě při zajištění ztraceného bednění při osové vzdálenosti nosníků okolo 2 m je nutné nahradit dřevocementové desky únosnějším prvkem. To řeší vláknobetonová deska, vyztužená hybridní výztuží, nevyžadující předepsané krytí jako u výztuže kovové.

Oblast použití

Tenkostěnné vláknobetonové desky s hybridní výztuží lze úspěšně použít jako ztracené bednění pro desku mostovky spřažených mostních konstrukcí. Bednění z těchto desek umožňuje volný pohyb pracovníků při ukládání betonářské výztuže desky.

Metodika a postup řešení

Připravili jsme návrh tenkostěnné vláknobetonové desky, která musela splňovat určitá kritéria.

a) Váhová – její váha okolo 60 kg umožní ruční ukládku na konstrukci.
b) Ekonomická – její cena nesmí převýšit cenu klasického bednění.
c) Bezpečnostní – musí zajistit bezpečnost před porušením vlivem krátkodobého náhodného přetížení.

Vyrobili jsme 6 zkušebních desek vyztužených čedičovou sítí FBM 110 a u dvou desek jsme použili jako další hybridní výztuž s dvojicí prutů od firmy STADO.

a) 2 ks skleněných kompositních tyčí STADO GLAS BAR Ø 8 mm,
b) 2 ks nerezových prutů šroubovicového tvaru STADO SPIBAR Ø 5 mm.

Výsledky

Desky byly vyzkoušeny v Kloknerově ústavu a výsledky jsou obsaženy v Protokolu o zkoušce 86/14/EXPO.

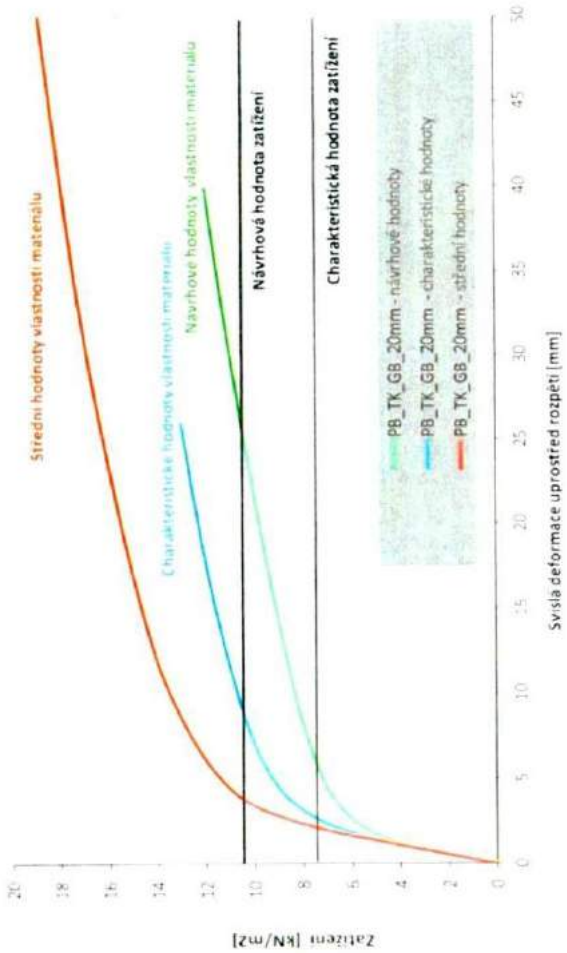
Ukázalo se, že bezpečnostní kritérium splnily desky vyztužené čedičovou sítí a dvěma pruty GLASBAR. Bylo dosaženo maximálního zatížení 6,2 kN při průhybu 0,42 mm.

Desky splnily i ekonomické kritérium. Jejich výrobní cena je 460 Kč/m^2, což je menší než cena klasického bednění.

Váhové kritérium bylo také splněno, protože průměrná dosažená váha desky byla 60,8 kg. Tato váha umožňuje ruční manipulaci.

V současné době pracujeme ve spolupráci s ČVUT na „Numerické analýze vláknobetonových desek“, kde se snažíme výpočtovými modely najít shodu s výsledky zatěžovacích zkoušek a dále co nejvíce optimalizovat zkoušený již vyvinutý prvek. Po dokončení optimalizace prvku provedeme jeho odzkoušení zatěžovací zkouškou. Všechny tyto výsledky se týkají prefabrikátu délky 2 m. Zároveň budeme pokračovat v optimalizaci prvku délky 2,5 – 3 m. Po skončení numerické analýzy provedeme i odzkoušení zatěžovací zkouškou pro tento další prvek. Předpokládáme, že definitivní výstup by měl být hotov do poloviny roku 2016.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Závěr

Výsledkem dokončení tohoto úkolu bude katalogové zpracování s technickým osvědčením, které bude předáno k dalšímu využití výrobně SMP v Brandýse v průběhu roku 2016.

TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK NA MOSTĚ

Zpracovali: Doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Md. Mohasin Howlander (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Na moderních železničních tratích se v současné době prakticky výhradně používá bezstyková kolej. V případě jejího umístění na mostní konstrukci však dochází k významné interakci mostu a koleje. Důsledkem je přídavné napětí v kolejnici a zatížení konstrukce mostu. Cílem výzkumu je přispět ke zpřesnění současně používaných parametrů pro výpočet spolupůsobení bezstykové koleje s mostem.

Oblast použití

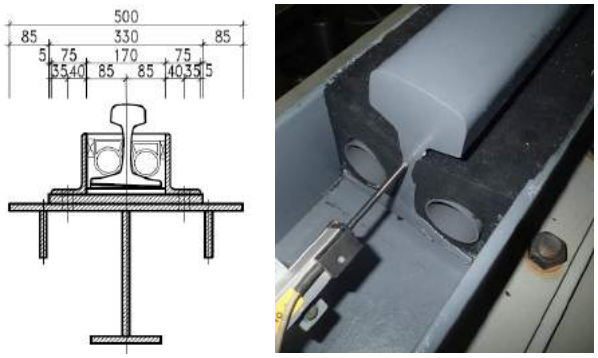
Využití získaných výsledků se předpokládá v oblasti navrhování mostních konstrukcí, kde pro železniční mosty je velmi významným prvkem zatížení vodorovnými silami.

Metodika a postup řešení

Metodika řešení je rozdělena na několik dílčích kroků. V roce 2015 byla činnost zaměřena zejména na oblast kontinuálně podepřené koleje. Spočívala v experimentech, provedených na vzorku reprezentujícím část mostní konstrukce, a dále v numerické simulaci a zobecnění pro návrh mostu.

Výsledky

Analýza systému kontinuálně podepřené koleje Edilon-Sedra probíhala na zkušebních vzorcích, reprezentujících segment mostní konstrukce (podélník, podélná výztuha) o rozpětí 2500 mm. Uspořádání je patrné z Obr. 1 a 2.

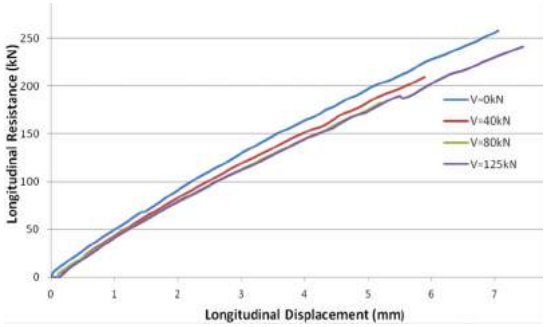


Obr. 1 Vzorky systému kontinuálního podepření koleje.

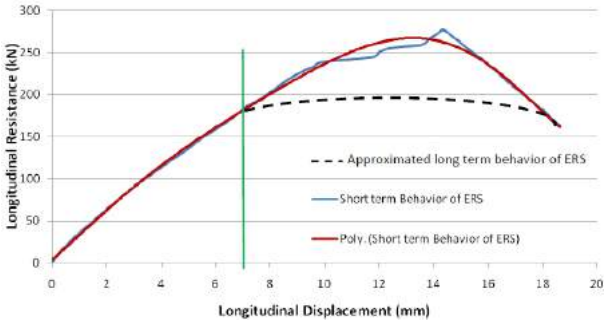
Uvedené vzorky byly zatěžovány různou úrovní svislé síly a zjišťován podélný odpor koleje. Dalším cílem bylo i stanovení charakteru roznosu zatížení s ohledem na návrh a posouzení ocelové konstrukce.

Obr. 2 Zkušební vzorek v laboratoři.

Kolejnice byla zatěžována svislými silami v rozmezí 0, 40, 80 a 125 kN, které odpovídají kolovým silám. Současně byla kolejnice zatěžována vodorovným zatížením a měřen podélný posun. Oproti očekávání byl zjištěn zajímavý fakt, že podélný odpor neroste, ale mírně klesá se zvyšujícím se zatížením.



Obr. 3 Závislost podélného odporu na svislém přitížení kolejnice.



Obr. 4 Dlouhodobý vliv – dotvarování ERS pod aplikovaným zatížením.

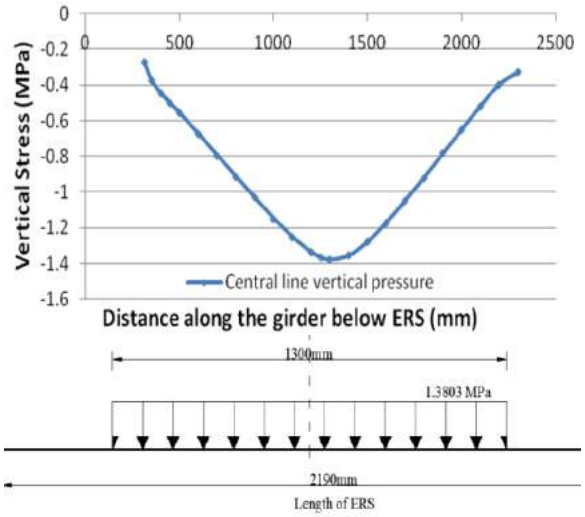
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Současně se ukázalo, že poměrně velký vliv má rychlost zatěžování, tj. zda v reálu jde o teplotní účinky nebo účinky dopravy, tento efekt bude dále analyzován, viz Obr. 4.

Tab. 1 Porovnání podélného odporu koleje k (UIC 774-3 vs. FEA & experiment.

	Nezatížená kolej (kN/mm)	Zatížená kolej (kN/mm)
UIC 774-3	13	19
FEA	28.6	31.4
Experiment	33.0	30.7

Na základě numerického modelu byla stanovena roznášecí délka pro zatížení ocelové konstrukce, která vychází ze svislého průběhu tlaku pod patou kolejnice tak, aby odpovídala maximální hodnotě tlaku a celkové výslednici. V podélném směru se doporučuje aplikovat 1300 mm, v příčném směru 60 mm (obr. 5).

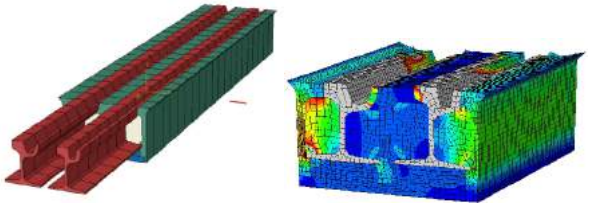


Obr. 5 Průběh svislého tlaku pod patou kolejnice v úrovni ocelové konstrukce a odpovídající podélná roznášecí délka.

Zjištěné výsledky byly aplikovány při posouzení interakce most/kolej na aplikaci ERS systému na Starém mostě v Bratislavě o délce 465 m. Zde je použit systém dvojího rozchodu 1435 a 1000 mm se dvěma tramvajovými kolejnicemi, PUR výplňovým blokem a VA60 zálivkou.

Na základě numerických výpočtů byla posouzena interakce most/kolej s vyhovujícím výsledkem. Dále byl vytvořen model reprezentující výsek ERS v přechodu na opěru, který byl zatěžován jak účinky dopravy, tak teploty, viz Obr. 6. Na základě analýzy bylo doporučeno aplikovat na 35 m na každém konci plné prolití namísto PUR bloků.

Obr. 6 Starý most – příprava betonové mostovky, kanálky pro pokládku ERS.



Obr. 7 Závislost podélného odporu na svislém přitížení kolejnice.

Závěr

V uplynulém roce proběhla řada zkoušek a numerických výpočtů, které přispěly k rozšíření znalostí o problematice kontinuálně podepřené koleje na mostech. Zjištěné poznatky byly publikovány v odborné literatuře a na mezinárodních konferencích. V současné době probíhají zkoušky, jejichž cílem je analyzovat chování ERS při různých teplotních vlivech a rychlostech zatěžování.

Literatura

[1] Freystein, H. Interaktion Gleis/Brücke –Stand der Technik und Beispiele. 79, Heft 3, 2010 Ernst & Sohn. *Stahlbau*, 2010, vol. 3, no. 79, p. 220–231.

[2] Ryjáček, P., Howlader, M., Vokáč, M.: The Behaviour of the Embedded Rail in Interaction with Bridges. (2015) IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 96, conference 1.

[3] Eszter L 2002 Elastic behavior of continuously embedded rail system, Periodica Politechnica Cer. Civ. Eng. Vol. 46, No.1. 103-114.

[4] Kormos Gy 2002 The Longitudinal Behavior of the Rail Embedded in Flexible Material Periodica polytechnica ser. civ. eng. Vol. 46, No. 1, 115–124.

[5] Union Internationale des Chemins de fer (UIC) 2001 Track / bridge interaction, Recommendations for calculations 774-3R.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

KONCEPT TP – MINIMALIZACE RIZIK PŘI VÝSTAVBĚ TUNELŮ

Zpracovali: Doc. Ing. Alexandr Rozsypal CSc. (Fakulta stavební VUT v Brně) a kolektiv řešitelů

Souhrn

V roce 2015 byla odsouhlasena pracovní osnova Technických podmínek „Řízení rizik při výstavbě tunelů“ a některé kapitoly byly podrobně rozpracovány – viz. kapitola „Výsledky“. Dále byl přeložen dokument (druhé vydání) „Code of Practice for Risk Management“ připravený pod záštitou mezinárodních institucí ITA AITES, ITIG a zpracovaný „The International Tunnelling Insurance Group – ITIG“ a vydaný v roce 2012.

Byla odsouhlasena koncepce Technických podmínek se zaměřením na všechny fáze přípravy a výstavby tunelu a všechny typy tunelů a podzemních staveb.

Byly analyzovány 2 varianty koncepce zpracování Technických podmínek pro řízení rizik. Buď převzít existujícího dokumentu „Code of Practice for Risk Management“ připravený ITA-AITES ve spolupráci s dalšími mezinárodními organizacemi, anebo připravit komplexnější českou variantu takového dokumentu.

S ohledem na novost problematiky rizikového inženýrství v českém inženýrském stavitelství byla zvolena varianta vypracování komplexnějšího národního standardu (Technických podmínek) s tím, že bude respektovat zásady výše uvedeného Standardu ITA- AITES a ITIG.

Oblast použití

Plánované Technické podmínky budou stručným metodickým návodem pro řízení inženýrských rizik ve všech fázích přípravy, projektování i budování všech druhů tunelů, budovaných v podmínkách očekávatelných v České republice.

Metodika a postup řešení

Základním metodickým postupem bylo studium existujících zahraničních dokumentů podobného druhu (včetně dokumentu ITA AITES) a jejich konfrontace s národní českou normativní a předpisovou základnou, zavedenou technickou kulturou a zkušenostmi.

Výsledky

Odsouhlasená pracovní osnova je uvedena dále. Podrobně rozpracovány byly kapitoly 1 až 3, jejichž aktuální struktura je uvedena podrobněji.

1. Úvodní část
   - 1.1. Všeobecně
   - 1.2. Zásady řízení rizik
   - 1.3. Předmět řízení rizik
2. Inženýrské postupy řízení rizik
   - 2.1. Východiska rizikové analýzy
   - 2.2. Základní postupy řízení rizik
   - 2.3. Nástroje pro identifikaci a kvantifikaci rizik
   - 2.4. Volba strategie řízení rizika
3. Vnější podmínky pro řízení rizik
   - 3.1. Legislativa při řízení rizik
     - *3.1.1. Právní a legislativní rizika*
     - *3.1.2. Občanský zákoník a riziko*
     - *3.1.3. Stavební zákon a riziko*
     - *3.1.4. Horní zákon a riziko*
     - *3.1.5. Gelogický zákon a riziko*
     - *3.1.6. Zákon o veřejné zakázce a riziko*
     - *3.1.7. Zákoník práce*
     - *3.1.8. Zákon č. 309/2006 o bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*
   - 3.2. Normy a technické předpisy
     - *3.2.1. Eurokód 1997 č. 7 a riziko*
     - *3.2.2. Eurokód 1991-1-7 Zatížení konstrukcí a riziko*
     - *3.2.3. ISO 31 000, Risk management*
     - *3.2.4. Eurokód ISO 1990 Zásady navrhování konstrukcí*
     - *3.2.5. ČSN 608 Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA)*
     - *3.2.6. Technické předpisy (TKP, TP a riziko)*
     - *3.2.7. Riziko využívání zrušených norem*

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

3.3. Úloha smluvních vztahů při řízení rizik
3.3.1. Význam smluvních vztahů při řízení
3.3.2. Odpovědnost za riziko. (Alokace rizika)
3.3.3. Standardizované smlouvy, FIDIC
3.3.4. Kompenzace rizika, náklady řízení rizik
3.3.5 Snižování rizik smluvními vztahy
3.3.6. Snižování rizik sporů mezi účastníky výstavby
3.3.7. Rizika pojištění

4. Řízení rizik v průběhu přípravy, výstavby a provozu podzemní stavby
4.1. Podmínky řízení inženýrských rizik
4.2. Rozdělení rizik mezi účastníky výstavby
4.3. Řízení rizik v jednotlivých fázích přípravy a výstavby podzemní stavby
4.4. Řízení vlastních rizik různých účastníků výstavby podzemní stavby
4.5. Manažer rizik
4.6. Komunikace o rizicích
4.7. Čelení externím nahodilým jevům
4.8. Systém řízení výstavby a systém řízení rizik.
4.9. Řízení změn

5. Snižování rizika geotechnickými metodami
5.1. Zdroje nejistot a rizik majících svůj původ v horninovém masivu
5.2. Dostatečný geotechnický průzkum
5.3. Souhrnné zpracování geotechnických informací
5.4. Zpráva pro řízení geotechnických rizik (Geotechnical base line report)
5.5. Geotechnický monitoring

6. Rozhodovací postupy při vysoké míře nejistoty
6.1. Omezení subjektivismu rozhodovacího subjektu
6.2. Zásady rozhodovacího procesu za nejistoty
6.3. Úloha statistiky

Jako podklad pro kapitolu 3, Vnější podmínky pro řízení rizik, byla vypracována komplexní studie „Riziko výstavby, aktuální ČSN a zákonný rámec“ (Stavební zákon, Geologický zákon, Občanský zákoník, Zákon o hornické činnosti, Zákon o výkonu autorizovaných inženýrů ve výstavbě a zákon o veřejné zakázce).

Smyslem studie bylo jasné vymezení prostoru a pravidel v nichž samotné řízení inženýrských rizik probíhá.

Závěr

V roce 2015 byla vypracována koncepce budoucích Technických podmínek pro řízení rizik tunelových staveb, stanovena jejich struktura a vypracovány podrobněji první tři kapitoly. V roce 2016 bude probíhat v užším pracovním týmu zpracování kapitol 4 až 6 technických podmínek a podle potřeby bude zahájena příprava práce na přílohách.

Literatura

[1] Code of Practice for Risk Management. ITA AITES, ITIG, 2012.

.

BETON VYZTUŽENÝ ROZPTÝLENOU OCELOVOU VÝZTUŽÍ – DRÁTKY. ÚNOSNOST DRÁTKŮ V ZÁVISLOSTI NA JEJICH ORIENTACI.

Zpracovali: Dr. Ing. Petr Vítek (Metrostav a.s.), prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav a.s. a Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Únosnost drátků se zjišťuje buď nepřímo, např. odvozením z ohybových testů na trámcích, nebo přímo pomocí pull-out testu, tedy testu vytahování jednotlivého drátku z betonu. Zatímco běžně se test realizuje za ideálních podmínek, kdy je drátek v betonu zakotven do poloviny délky a vytahován silou působící ve směru drátku, nyní byl zpracován soubor testů, který podrobněji vystihuje reálné podmínky působení. Kromě standardního testu drátků zabetonovaných do poloviny délky se testovaly drátky zakotvené do 1/4 délky a dále pak drátky uložené šikmo pod úhlem 45°.

Oblast použití

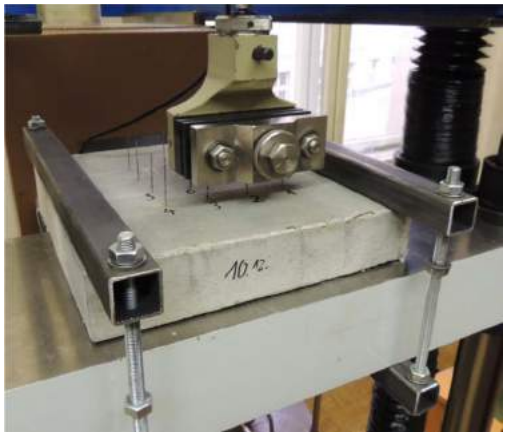
Beton vyztužený rozptýlenou výztuží nachází stále častější uplatnění v oblasti konstrukcí dopravních staveb. Nedílnou potřebou pro navrhování je predikce odezvy na zatížení získaná formou numerického modelu. Uvedená experimentální činnost je podkladem pro sestavovaný numerický model, který je založen na analytickém přístupu, kde jsou materiálové komponenty (betonová matrice a výztuž) modelovány separátně. Beton vyztužený rozptýlenou výztuží nachází široké uplatnění ve stavebnictví, kde lze získané poznatky využít. Výzkum se soustřeďuje zejména na oblast vyztužení segmentů ostění tunelů budovaných technologií TBM.

Metodika a postup řešení

V první fázi byla vyrobena zkušební tělesa tvaru desky. Do dolní bednicí plochy byly upevněny jednotlivé drátky v pravidelném rastru tak, aby ve stanovené délce (1/2 nebo 1/4) v daném úhlu (90° nebo 45°) byly následně uloženy v betonu. Celkem bylo vybetonováno 6 vzorků, při čemž 2 vzorky obsahovaly drátky zabetonované kolmo do poloviny délky, 2 vzorky drátky uložení kolmo do 1/4 a poslední 2 vzorky byly s drátky v úhlu 45° zakotvenými do poloviny délky. Každý vzorek obsahoval 16 drátků. Po zatvrdnutí betonu byly realizovány zkoušky únosnosti metodou řízené deformace, kdy jednotlivě každý drátek byl vytahován z betonu konstantní rychlostí deformace, přičemž byla měřena silová veličina - odpor drátku proti vytažení. Celkem bylo testováno 6 vzorků o 16 drátcích, získalo se tedy celkem 96 pracovních diagramů drátků. Beton třídy C45/55, drátky délky 60 mm, profilu 1 mm, nominální pevnosti 1500 MPa.

Současně s uvedeným byly realizovány doplňkové standardní testy tlakové pevnosti, modulu pružnosti a pracovních diagramů trámců namáhaných čtyřbodovým ohybem.

Obr. 1 Příprava vzorků (drátky v úhlu 45°).

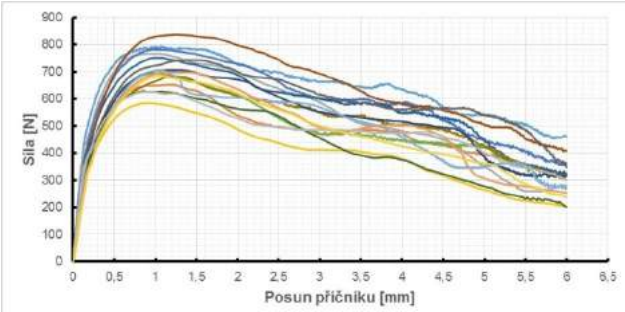


Obr. 2 Uspořádání zkoušky.

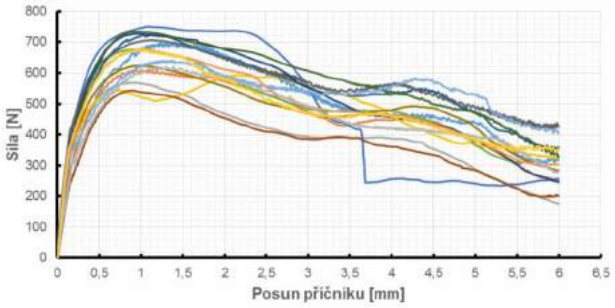
Výsledky

Výsledky jsou uspořádány do formy pracovních diagramů a jsou seřazeny přehledně podle typu zkoušky.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

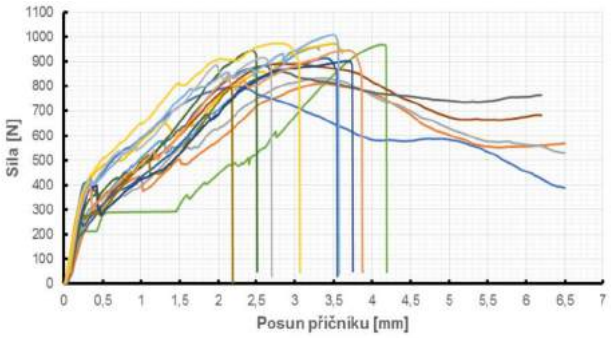


Obr. 3 Kolmé drátky zakotvené 1/2.



Obr. 4 Kolmé drátky zakotvené 1/4.

Pracovní diagramy kolmo zabetonovaných drátků na různou hloubku jsou tvarově podobné. Přestože je hloubka zakotvení výrazně rozdílná – 30 a 15 mm – je mezní tahová síla rozdílná jen málo. Zakotvení 30 mm – průměrná mezní síla 686 N, zakotvení 15 mm – průměrná mezní síla 650 N. Ve všech uvedených případech došlo k vytažení drátků. Z uvedeného vyplývá, že pro stanovení únosnosti drátků má vliv koncové úpravy rozhodující význam.



Obr. 5 Drátky skloněné 45° zakotvené 1/2.

Drátky zabetonované pod úhlem 45° dosahovaly vyšší únosnosti – průměrná mezní síla 905 N. V řadě případů (cca 50%) došlo k přetržení drátků (náhlý pokles únosnosti na pracovním diagramu – Obr. 5). Nominální únosnost drátků má být 1500 MPa, a tomu odpovídá tahová únosnost cca 1180 N. Průměrné tahové síle 900 N odpovídá pevnost jen cca 1150 MPa. Lze předpokládat, že při vytahování drátků dochází rovněž k ohybu – kombinace tahu a ohybu, ale s ohledem na malý průměr drátku a značnou tažnost materiálu rozhoduje namáhání tahem. Z uvedeného lze usuzovat, že by bylo dále vhodné zkontrolovat, zda pevnost drátků odpovídá deklarované hodnotě a ověřit tak předpokládanou hypotézu.

Patrná je menší tuhost skloněného drátku, kdy jeho únosnost odpovídající mezní únosnosti kolmého drátku je dosažena při cca 2x větší deformaci. Rovněž i rozptyl jednotlivých křivek je větší, zřejmě závisí na velikosti zrn při povrchu betonu v okolí testovaného drátku.

Tento druh experimentu je zcela unikátní, jelikož velká většina pull-out testů se zkouší pouze ve směru drátků. Výsledky znamenají posun v přístupu k problematice, neboť se většinou zavádí předpoklad úbytku únosnosti s odklonem drátku až do nulové hodnoty pro drátek rovnoběžný s povrchem. Experimenty však ukazují, pro některé hodnoty odklonů drátků je únosnost naopak vyšší, a že závislost na odklonu drátku je poněkud složitější.

Závěr

Sadou pull-out experimentů byly prokázány následující závěry:

- Mezní únosnost drátku je jen málo závislá na hloubce uložení, závislost únosnosti není lineární na délce uložení. Zřejmý je vliv koncové úpravy drátku.
- Mezní únosnost odkloněných drátků je vyšší oproti drátkům kolmým.
- Skloněné drátky vykazují nižší tuhost oproti drátkům kolmým.

V následujícím období budou výsledky zapracovány do numerického modelu. Uvedené experimenty byly doplněny o standardní testy, se kterými je možné výsledky numerického modelu porovnat.

Literatura

[1] Vítek, J.L., Smiřinský, S., Veselý, P., Koísko, J.: Fibre distribution and efficiency in SFRC. Fibre Concrete, 2015, CTU in Prague, Sept. 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

SPECIFIKACE BETONU A VLIV KRYSTALIZACE

Zpracovali: Prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav, a.s. a Stavební fakulta ČVUT); Ing. Robert Coufal, Ph.D. (TBG Metrostav, s.r.o.)

Souhrn

Beton se navrhuje dle ČSN EN 206. Existuje buď typový beton, za který plně zodpovídá výrobce, nebo beton předepsaného složení, za který zodpovídá zejména specifikátor. Přínos krystalizační přísady použité jako složky do betonu je nejasný.

Betony pro vodonepropustné konstrukce dle ČSN EN 206

Výroba a kvalita betonu pro konstrukce se řídí evropskou normou ČSN EN 206, která byla vydána v roce 2014 a nahrazuje dřívější ČSN EN 206-1. K této starší, dnes již neplatné normě byly vydány změny, zejména Z3 a Z4, které doplňovaly některá ustanovení specifická pro poměry v České republice. Tato doplňující ustanovení nejsou v nové normě obsažena, proto budou dle nové koncepce pravděpodobně uvedena v tzv. doplňkové normě č. ČSN P 732404.

Je třeba připomenout, že dle ČSN EN 206 se betony specifikují a lze vyrábět z legislativního pohledu dva druhy betonů. Tzv. typový beton tvoří první skupinu, beton předepsaného složení pak druhou.

Pokud specifikátor definuje požadované vlastnosti betonu (čerstvého i zatvrdlého), pak výrobce navrhne a ověří směs a dále zodpovídá za to, že beton tyto vlastnosti opravdu má. V druhém případě, kdy specifikátor navrhne složení, jde o druhou skupinu tedy beton předepsaného složení, pak zodpovědnost za kvalitu betonu přechází na specifikátora. Výrobce zodpovídá pouze za to, že beton je vyroben z předepsaných surovin, které jsou smíchány v předepsaných poměrech.

Tento rozdíl je samozřejmě významný a projevuje se často právě při specifikování betonu pro vodonepropustné konstrukce. Např. objednatel často požaduje přidání krystalizační přísady do betonu pro zvýšení nepropustnosti.

Problematika krystalizačních přísad

Objednatel automaticky předpokládá, že do typového betonu pro vodonepropustnou konstrukci přidá krystalizační přísadu a tím zlepší vodonepropustnost. Z legislativního hlediska se tedy jedná o kombinaci typového betonu a betonu předepsaného složení, což je v rozporu s normami na výrobu betonu a následkem jsou nejasnosti ohledně zodpovědností za finální parametry materiálu. Technické listy dodavatelů krystalizačních přísad jsou na různé technické úrovni a více či méně popisují očekávaný efekt přísady a požadavky na směs. Beton je ale v současnosti natolik rozmanitý materiál (různé cementy, různé přísady a příměsi), že by dodavatel krystalizační přísady měl navrhnout kompletní složení betonové směsi tak, aby byl dosažen a prokázán jím deklarovaný přínos přidání přísady. Takto navržená receptura by měla být vyráběna v režimu betonu předepsaného složení a dodavatel krystalizační přísady by za finální parametry zatvrdlého betonu měl nést plnou zodpovědnost.

Některé zkušenosti s použitím krystalizačních přísad

Samotný přínos krystalizačních přísad je diskutabilní. Dodavatelé nejčastěji uvádějí jako přínos zvýšení vodotěsnosti betonu a pevnosti. Oba tyto parametry lze přesně předepsat stupněm vlivu prostředí a pevnostní třídou a poté vyrobit v režimu typového betonu, kdy za výrobu ručí dodavatel betonu a sám si na základě vlastních zkoušek určí, jestli je pro dané požadavky nutná nějaká speciální přísada. Většinou se přidání těchto přísad vyžaduje do betonů, které už před přidáním přísady mají omezený maximální průsak tlakovou vodou. Efekt přidání přísady je tak technicky zanedbatelný. Toto je vidět na grafu na Obr. 1, kde jsou porovnány hodnoty maximálních průsaků z dlouhodobých výsledků kontrolních zkoušek na betonech s přidáním a bez přidání krystalizační přísady. Rozsáhlejší porovnání vlivu různých krystalizačních přísad na parametry betonu s podobným závěrem je například v článku „Vliv sekundární krystalizace na vlastnosti betonu“ [1]. Dalším argumentem pro přidávání krystalizačních přísad je předpoklad zarůstání případných mikrotrhlin nerozpustnými krystaly. Problémem je fakt, že na prokázání této vlastnosti neexistuje normová zkouška a je spoléháno tak pouze na tvrzení výrobce. Dosud nebylo například jednoznačně prokázáno, kdy

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

k zaplnění případné trhliny dojde nebo jak se konstrukce chová v případě, že trhliny vzniknou po delší době po vybetonování konstrukce. V některých případech se dokonce na základě informace výrobců snižuje vyztužení konstrukce a navrhuje se na větší přípustnou trhlinu, což snižuje bezpečnost konstrukce z pohledu mezního stavu použitelnosti.

Jestliže je u vyráběného betonu deklarována nějaká vlastnost, například právě zarůstání trhlin, musí být v průkazních zkouškách na konkrétní receptuře betonu prokázána. Některé technické listy ke krystalizačním přísadám například uvádějí, že při použití cementů typu II nebo III, nebo latentně hydraulických nebo pucolánových příměsí, může být za určitých okolností omezen trvalý účinek krystalizační přísady. Právě proto je nutné, aby dodavatel krystalizační přísady navrhl kompletní složení betonové směsi a ověřil jím deklarované parametry. Uvažování jiných parametrů než těch ověřených průkazními zkouškami je v rozporu s platnou legislativou.

Je třeba též zdůraznit, že se v technických listech ke krystalizačním přísadám nehovoří o jakémkoliv časovém intervalu, ve kterém je možno s účinky krystalizace počítat. Jestliže při předávání stavby či v záruční době stavba „teče“, není dodavatel stavby schopen přesvědčit investora, že trhliny za několik měsíců zarostou.

Dalším problémem je neexistence jakékoliv kvantifikace, tzn., že nikde není uvedeno kolik a jak širokých trhlin, např. na m^2, a při jakém dávkování krystalizační přísady je schopen výsledný beton zacelit. Další informace jsou uvedeny v [2].

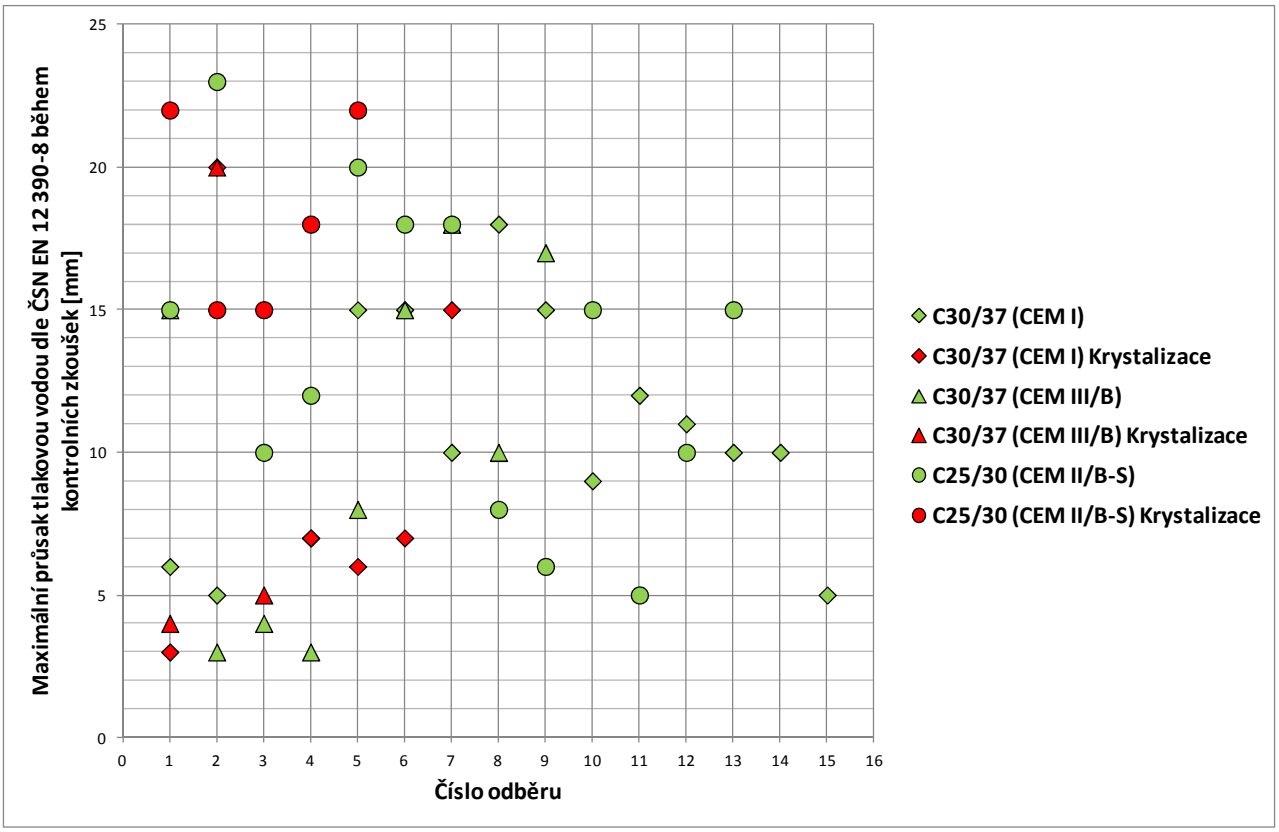
Závěr

Problematika návrhu betonu pro vodonepropustné konstrukce je poměrně obsáhlá a složitá nejen po technické, ale i po legislativní stránce. Z uvedeného plyne poněkud nejasný přínos krystalizačních přísad pro vodonepropustnost betonu a zároveň nedostatek jednoznačných průkazů o funkci krystalizačních přísad v betonu a postupu odzkoušení. Beton musí být specifikován dle platné ČSN EN 206 a zodpovědnost za vhodný návrh přejímá buď výrobce (u typového betonu) nebo specifikátor (u betonu předepsaného složení). Z hlediska případných sporů je však vhodnější navrhovat typový beton.

Literatura

[1] Michal Kropáček, Jiří Šafrata: Vliv sekundární krystalizace na vlastnosti betonu, Beton TKS 2/2015.

[2] Coufal, R., Vítek, J.L., Števula, M.: Beton pro bílé vany – ucelený koncept nebo zázračný prášek? Stavebnictví 09/15, 76-78.



Obr. 1 Porovnání maximálních průsaků během kontrolních zkoušek.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VYSÝCHÁNÍ A SMRŠŤOVÁNÍ BETONU

Zpracovali: Ing. Marek Vinkler (Fakulta stavební ČVUT v Praze), prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav a.s. a Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Vysýchání a smršťování betonu jsou vzájemně provázané jevy, které je nutno sledovat. Prvním důvodem je stanovení jejich velikosti a časového vývoje, druhým důvodem je zajištění experimentálních dat pro kalibraci výpočetních modelů. Experimentální program má těmto cílům sloužit a už v první fázi přinesl zajímavé výsledky.

Oblast použití

Vodonepropustné betonové konstrukce se navrhují na omezení šířky trhlin. Trhliny vznikají od mechanického zatížení konstrukce a současně také vlivu objemových změn, zejména smršťování betonu. V řadě případů je právě vliv smršťování betonu rozhodující pro vznik a šířku trhlin. Proto je nutné věnovat smršťování pozornost a zkoumat mechanismy jeho vzniku. Jednou z hlavních příčin smršťování je postupné vysýchání betonové konstrukce. Vlivem postupného vysýchání vzniká nerovnoměrné smršťování a to je příčinou vzniku vnitřních pnutí, která způsobují nejprve vznik mikrotrhlin a později trhlin, a v důsledku pak netěsnost betonové konstrukce. Vysýchání je velmi pomalé a i smršťování probíhá pomalu, a proto je nutné sledovat, kdy ke vzniku trhlin může docházet a přijmout vhodná opatření.

Metodika a postup řešení

Protože postupné vysýchání betonu a potom jeho smršťování je silně závislé na konkrétních parametrech betonu, byla v počáteční fázi zvolena experimentální cesta výzkumu těchto jevů. Byl navržen experimentální program, jehož cílem je sledovat souvislost mezi vysýcháním a smršťováním betonu. Jako první byl pro experimentální program zvolen beton třídy C30/37, který je nejčastěji vyráběným betonem pro vodonepropustné konstrukce.

Měření vlhkosti v betonu je obecně nesnadná úloha, která byla vyřešena již v předcházejících výzkumných projektech. Pro měření byl zvolen přístroj, který měří vlhkost v různých hloubkách pod povrchem pomocí zabetonovaných trubiček různé délky. Trubičky jsou uzavřené, pouze v době měření se otevřou a sonda přístroje změří vlhkost v místě, kde trubička v betonu končí. Trubičky mají různou délku a podle toho se zjistí vlhkost v určité hloubce.

V roce 2015 byl zahájen experimentální program, kde se sleduje vysýchání v betonových vzorcích různé velikosti. Program začal výrobou vzorků a do výzkumného projektu CESTI byl převeden v době, kdy měření již byla rozběhnuta. Postupné vysýchání se sleduje ve 3 velkých vzorcích představujících výseky z betonových stěn tl. 200, 400 a 800 mm. Délka a výška vzorků ve tvaru hranolu je shodná 800 x 800 mm a tloušťky jsou různé dle tloušťky modelované stěny. Modely mají vždy dvě protilehlé plochy vystavené účinkům vysýchání (volný nechráněný povrch), zatímco ostatní plochy jsou izolovány proti vysýchání pomocí PE fólie. Postupný pokles vlhkosti se měří ve stěnách v hloubkách od 15 mm až do středu tloušťky stěn. Ve stěně tl. 200 mm je 9 sond, ve stěně tl. 400 je 13 sond a ve stěně 800 mm je celkem 17 sond. Největší změny vlhkosti jsou u povrchu, kde jsou sondy ve vzdálenosti 15 až 20 mm, zatímco u středu postačí jejich vzdálenost 100 mm.

Současně jsou v každém modelu stěny zabetonovány 4 strunové tenzometry, které měří poměrnou deformaci ve střednicové rovině ve svislém a vodorovném směru.

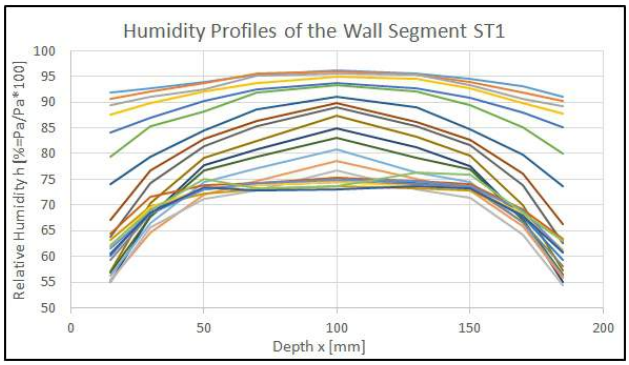
Tyto velké vzorky jsou doplněny malými vzorky – krychlemi o délce hrany 200 mm, kde se též měří vysýchání. Na válcích se měří smršťování též pomocí zabetonovaných strunových tenzometrů. Celkem se sleduje vývoj deformací na 6 válcích, které jsou rozděleny do 3 skupin po 2 válcích. První skupina je uložena v prostředí laboratoře, společně s velkými modely stěn. Další skupina je v prostředí s konstantní teplotou a vlhkostí 65% a poslední dva válce jsou v prostředí s relativní vlhkostí 100%.

Výsledky

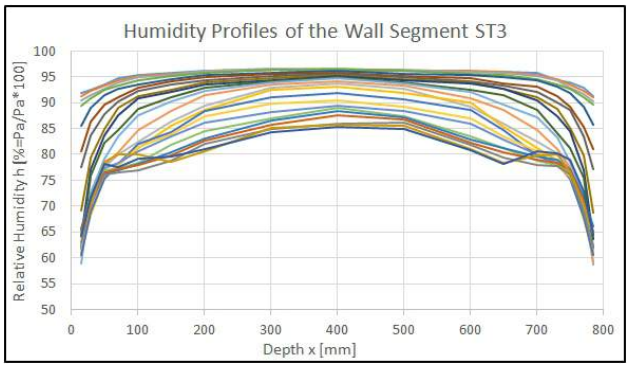
Výsledky měření průběhu vlhkosti ve vzorcích stěn lze ilustrovat na Obr. 1 a 2. Obr. 1 znázorňuje profily vlhkosti v různých časech od vybetonování do stáří betonu cca 200 dní na modelu stěny tlusté

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

200 mm. Na Obr. 2 jsou profily ve stěně tlusté 800 mm. Je patrný značný rozdíl, kdy povrchové vrstvy vysýchají podobně, avšak střední část, kde vysýchání je pomalé je podstatně větší u tlusté stěny.



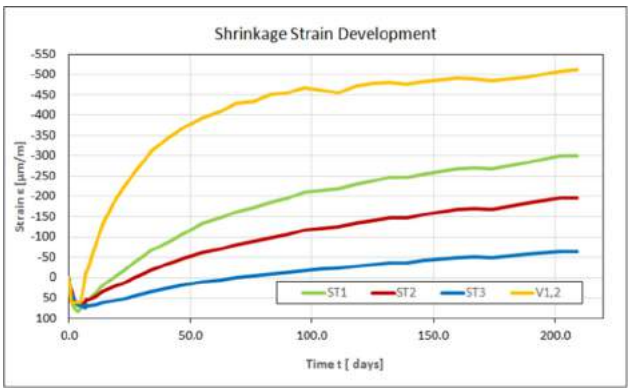
Obr. 1 Vysýchání stěny tl. 200 mm.



Obr. 2 Vysýchání stěny tl. 800 mm.

Pomalejší vysýchání tlusté stěny se projevuje nejen velikostí střední relativně vlhké zóny, ale i větší vlhkostí v hloubce pouze 15 mm pod povrchem.

Pomalejší vysýchání se projevuje samozřejmě i pomalejším smršťováním. Na Obr. 3 jsou uvedeny průměrné hodnoty smršťování v jednotlivých vzorcích doplněné o hodnoty smršťování na válcích umístěných v prostředí laboratoře – tj. v prostředí stejném jako to, ve kterém jsou modely stěn.



Obr. 3 Průměrné poměrné deformace naměřené na stěně tl. 200 mm (ST1) na stěně tl. 400 mm (ST2), na stěně tl. 800 mm (ST3) a na válcích (V1,2).

Výsledky měření nejsou nijak překvapivé, spíše potvrzují předpoklady experimentálního programu. Významným výsledkem je však kvantifikace naměřených poměrných deformací. Poměrná deformace ve stěně 200 mm v době 200 dní je cca 300 mikrostrain (0.3 mm/m), zatímco ve stěně 400 mm tlusté pouze 200 mikrostrain a ve stěně 800 mm tlusté jen asi 50 mikrostrain. Celkové zkrácení tlusté stěny je tedy výrazně menší než u stěny tenké (cca 6 krát). Zároveň smršťování naměřené na válcích dosahuje 500 mikrostrain. To je hodnota výrazně větší, než je naměřené smršťování i v tenké stěně. Z toho plyne, že poměrné deformace naměřené na laboratorních malých tělesech jsou vhodné k relativnímu porovnávání smršťování na jednotlivých druzích betonu, ale nejsou to hodnoty vhodné k definování velikosti smršťování na konstrukcích. To jsou sice známé skutečnosti, ale v praxi se lze setkat s opačným názorem a zejména kvantifikace smršťování je podstatným přínosem pro projektování vodonepropustných betonových konstrukcí.

Závěr

Experimentální program zahájený v rámci jiného projektu bude pokračovat za podpory výzkumného centra CESTI i v dalších letech. Měření musí být dlouhodobé, minimálně do konce projektu CESTI, protože rovněž vysýchání ani smršťování pravděpodobně nebude ukončeno v době konce projektu v roce 2019. Právě výsledky naměřené po dlouhé době (mnoha letech) jsou nejvýznamnější, protože takových experimentálních údajů je značný nedostatek. Zároveň se rozbíhají práce na vývoji numerických modelů, které by měly být schopny složité transportní jevy v betonu modelovat s dostatečnou výstižností.

Literatura

[1] Bažant, Z. P. and Chern, J. C..: Concrete Creep at Variable Humidity: Constitutive Law and Mechanism. Materials and Structures, 1985, vol. 18, no. 103.

[2] Bažant, Z. P., Křístek, V. and Vítek, J. L.: Drying and Cracking Effects in Box – Girder Bridge Segment. Journal of Structural Engineering, 1992, vol. 118, no. 1.

[3] Di Luzio, G. and Cusatis, G.: Hygro-thermo-chemical Modeling of High Performance Concrete. I: Theory. Cement & Concrete Composites, 2009, vol. 31, pp. 301-308.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

TECHNICKÉ PODMÍNKY PRO VODONEPROPUSTNÉ BETONOVÉ KONSTRUKCE – ČÁST 1

Zpracovali: Ing. Jana Dehner (Metrostav a. s.); prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Metrostav a. s. a Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Dokument se zabývá základními vstupními předpoklady pro použití vodonepropustné betonové konstrukce jako definitivního ostění ražených tunelů. Úvodní kapitola technických podmínek „Požadavky na ostění“ řeší především kvalitu vnitřního prostoru, okrajové podmínky pro definitivní ostění řešené jako vodonepropustná konstrukce, možnosti zatížení konstrukce a základní konstrukční požadavky.

Oblast použití

V současné době v českém prostředí neexistuje žádný předpis pro využití definitivního ostění jako vodonepropustné konstrukce. Tím vzniká prostor pro ne zcela správný přístup k návrhu a provádění těchto konstrukcí. Investor jako objednatel nemá v současnosti žádný prostředek pro snadnější orientaci v možnostech řešení takto navržených konstrukcí. Vypracováním Technických podmínek pro definitivní ostění jako vodonepropustné betonové konstrukce dojde ke standardizaci a správnému využití možností v jednotlivých etapách přípravy a realizace díla. Cílem je tedy sjednocení postupů a kritérií pro využití vodonepropustných definitivních ostění, čímž dojde k ukotvení možnosti využít hydroizolačních vlastností provedené betonové konstrukce v podzemní stavitelství. Tento technický list se týká úvodní kapitoly s názvem Požadavky na ostění. Návrh technických podmínek bude pak podroben připomínkovému řízení, kde budou mít odborníci z oboru možnost připomínkovat dokument tak, aby finální verze byla obecně akceptovatelná.

Metodika a postup řešení

Na základě podrobného srovnání přístupu k vodonepropustným definitivním ostěním v Rakousku a Německu byly vybrány optimální podmínky a možnosti využití těchto konstrukcí v ČR. V letošním roce byly práce zaměřeny především na shrnutí přístupů k problematice v zahraničí a následné selekci toho nejpřínosnějšího pro naše prostředí. Následovalo podrobné rozpracování úvodní kapitoly technických podmínek.

Výsledky

Po podrobné diskuzi byly stanoveny kategorie vnitřního prostředí pro vodonepropustné betonové definitivní ostění, s tím že pro dopravní stavby je doporučováno dodržovat podmínky pro lehce vlhké prostředí. Při dodržení této kvality vnitřního prostoru je na konstrukci přípustný výskyt vlhkých míst. Ostatní kategorie jsou spíše vhodné například pro technologická vybavení podzemních staveb nebo pro odvodňovací štoly, konstrukce se sníženým požadavkem na výskyt úkapů podzemní vody apod. Volba třídy prostředí vždy závisí na rozhodnutí investora, respektive objednatele a to především s ohledem na ekonomický dopad do ceny díla.

Vnější prostředí působící na konstrukci z vodonepropustného betonu, její kvalitu a životnost ovlivňuje především chemizmus podzemní vody, kdy je pro tyto konstrukce dovolen výskyt maximálně středně agresivního chemizmu vody. V jiném případě je potřeba konstrukci ochránit dalšími opatřeními.

V další části se řešil vliv hydrostatického tlaku působící na konstrukci. Po podrobném zhodnocení možností byly ponechány třídy tlaku vody dle Rakouských směrnic. V současné době může dojít po závěrečné diskuzi nad finálním dokumentem ke změnám ve značení tříd tlaku vody, případně i jednotlivých hranic mezi dílčími třídami.

Tab. 1 Třídy tlaku vody.

Třída tlaku vody	Popis
W0	Tlak vody 0 až 1,0m
W1	Tlak vody > 1,0 až 5,0m
W2	Tlak vody > 5,0 až 10,0m
W3	Tlak vody > 10,0 až 20,0m
W4	Tlak vody > 20,0 m

Ze zatížení působících na vodonepropustnou betonovou konstrukci definitivního ostění je nutno zohlednit vlivy uvedené níže. V některých případech

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

je potřeba konstrukci navrhnout také na zatížení od dopravy na povrchu a zatížení od zástavby. Tato zatížení ovšem není potřeba zohledňovat ve všech případech, neboť je potřeba vždy individuálně zhodnotit, zda hloubka podzemního díla je v dosahu ovlivnění od zatížení.

Vlastní tíha ostění

Horninový tlak – zatížení se skládá ze zatížení svislého a vodorovného. Obě zatížení působí souběžně.

Podzemní voda se uvažuje u konstrukcí situovaných pod HPV, které nejsou opatřeny trvalou drenáží, jedná se tedy o konstrukce namáhané tlakem vyvolaným od hladiny podzemní vody.

Vynucená namáhání betonové konstrukce jsou vyvolaná od deformačních projevů nepřímých účinků na konstrukci. Jedná se především o zatížení od smršťování a hydratačního tepla a teplotních změn vlivem klimatických podmínek.

Účinky od smršťování lze zásadně omezit dodržením předepsaných konstrukčních a technologických opatření. Při dodržení veškerých opatření lze od výpočtu smrštění upustit. Jedná se především o omezení tloušťky konstrukce, délky pracovních sekcí, četnosti dilatačních spár, dodržení kvality hutnění čerstvé betonové směsi a ošetřování povrchů a prostředí v konstrukci dle požadavků uvedených v kapitolách zpracovávaných v roce 2016.

Vynucené namáhání v důsledku hydratačního tepla se dá výpočtem jen těžko vystihnout. Je proto pokryto zejména konstrukčními pravidly pro návrh výztuže na omezení šířky trhlin.

Teplotní změny se obecně uvažují ve dvou variantách: léto a zima.

Není možné varianty léto x zima spolu kombinovat. Namáhání konstrukce teplotou je proměnné v závislosti na vzdálenosti výpočtového profilu od portálu.

Požadavky na konstrukci:

Minimální tloušťka definitivního ostění řešeného jako vodonepropustná konstrukce je pro dopravní tunel 40 cm. V případě konstrukce s nízkým požadavkem na vnitřní prostředí je možno pro štoly (tedy profily do 16 m^2) navrhnout tloušťku 30 cm a pro tunely 35 cm. Rozdělení dle požadavků na vnitřní prostředí je podrobně uvedeno v předmětných Technických podmínkách.

Skutečná tloušťka definitivního ostění (tloušťka skutečně vybetonované konstrukce) může být větší než projektovaná tloušťka (tloušťka uvažovaná v projektové dokumentaci a statickém posouzení) a to až o 10 cm, bez nutnosti přizpůsobit vyztužení centrickému tlaku. To je částečně způsobeno převažujícími příznivými podmínkami pro minimalizaci trhlin (separační vrstva, nízké teploty komponent, vysoké nároky na betonáž v podzemí), dále s ohledem na zvýšené požadavky na omezení vzniku trhlin.

Požadavky na krycí vrstvu betonu a vyztužení konstrukce jsou v především v souladu s platnými normami. Plus jsou pro definitivní ostění řešená jako vodonepropustné betonové konstrukce uvedeny dílčí úpravy a doporučení pro dodržení technologických postupů a kritérií.

Závěr

Práce v období roku 2015 probíhaly především na tvorbě kapitoly Požadavky na ostění, která bude vstupní kapitolou pro vznikající technologický předpis. Samotné vypořádání se s problémy vznikajícími u vodonepropustných betonových konstrukcí bude předmětem činnosti v následujících letech, kdy bude nutné provést shrnutí požadavků na technologické zpracování betonové směsi, dále na konstrukční opatření řešící těsnosti pracovních a dilatačních spár a spoustu dalšího uvedeného v přehledu projektu.

Literatura

[1] ZTV – ING Teil 5; Tunnelbau; Bundesanstalt für Strassenwesen; Zusätzliche Technische Vertragsbedinngungen und Richtlinien für Ingenieurbauten; březen 2012.

[2] Richtlinie – Innenschalenbeton; Osterreichische Bautechnik Vereinigung; prosinec 2012.

[3] Richtlinie –Tunnelabdichtung; Osterreichische Bautechnik Vereinigung; prosinec 2012.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

SPŘAŽENÉ PRIMÁRNÍ A SEKUNDÁRNÍ OSTĚNÍ

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze) a kolektiv řešitelů

Souhrn

V současné době se v ČR primární ostění uvažuje pouze jako dočasná konstrukce, která zajišťuje stabilitu výrubu do okamžiku, kdy je nosnou funkci schopno zajistit monolitické definitivní ostění. V rámci aktivity je řešen průkaz životnosti primárního ostění a jeho částečné či plné nosné funkce po dobu normou stanovené životnosti tunelu – 100 let. Úkol řeší problematiku životnosti a spolupůsobení s definitivním ostěním ve dvou rovinách. V první se prokazuje životnost ostění v různě agresivním prostředí a vlivy této agresivity na ostění. Výsledkem této části úkolu je stanovení zbytkové únosnosti primárního ostění v čase 100 let. Ve druhé rovině se úkol zabývá případným spolupůsobením primárního a sekundárního ostění. Jedná se o vyvinutí matematického modelu spolehlivě modelujícího chování dvouplášťového ostění. Matematický model přitom simuluje tři nejčastější případy zajištění vodonepropustnosti ostění, tj. použití mezilehlé fóliové nebo stříkané izolace nebo použití betonu odolného proti průsakům pro definitivní ostění. Matematický model testujeme na datech získaných na reálných tunelových konstrukcích (ČR a Rakousko) a z laboratorních měření na vývrtech.

Oblast použití

Nové poznatky získané při řešení zadaného úkolu lze obecně využít u všech konvenčně ražených podzemních děl s dvouplášťovým ostěním – tedy u NRTM, ADECO -RS a metody obvodového vrubu. V některých případech jsou získané výsledky aplikovatelné i u kontinuální ražby tunelů (ražba pomocí TBM se zajištěním stability výrubu stříkaným betonem. Maximálních úspor bude s největší pravděpodobností dosaženo v případě tunelů ražených pod zástavbou citlivou na poklesy nadloží a v prostředí s nízkou agresivitou.

Metodika a postup řešení

Úspěšná realizace úkolu Spřažené primární a sekundární ostění vyžaduje výzkum v následujících oblastech: 1. problematika životnosti primárního ostění v různých typech a stupních agresivity prostředí, 2. zkoumání chování a zjišťování vlastností primárního ostění v reálném prostředí (in-situ), 3. vytvoření metodiky pro numerické modelování dvouplášťových ostění, 4. informovanost odborné veřejnosti a využití výsledků výzkumu jako podkladů pro aktualizaci závazných podkladů pro projektování a realizaci tunelových staveb (TP, TKP …).

Problematika agresivity prostředí. Pro agresivitu prostředí s obsahem chloridů byly na základě odvozeného algoritmu určeny vlastnosti primárního ostění ze stříkaného betonu ve stáří 100 let. V dalším výzkumu se řeší problematika predikce vlastností betonu pro síranovou agresivitu a agresivitu vod se sníženou hodnotou pH. Pro lepší aproximaci jsou dosažené výsledky konfrontovány s výsledky z měření pevnostních charakteristik betonů získaných in –situ na již provedených stavbách. Dobrou příležitostí je přístup k primárnímu ostění v souvislosti výstavbou druhých tunelových trub rakouských dálničních tunelů. V této oblasti plánujeme spolupráci s rakouským investorem ASFINAG.

Určení chování primárního ostění v reálném prostředí (in-situ). Pro stanovení modulu pružnosti betonu primárního ostění se mohou získat vzorky provedením odvrtů. Z hlediska dlouhodobé predikce vlastností betonu ostění je však nutné znát kontinuální vývoj napětí v ostění (ideálně i měřením teploty ostění). Z tohoto důvodu byly na tunelu Sudoměřice osazeny tenzometry do primárního ostění a bylo započato s měřením vývoje napětí v ostění v závislosti na čase.

Vytvoření metodiky pro numerické modelování dvouplášťových ostění. Na základě provedených výzkumů, exaktního stanovení životnosti primárního ostění a laboratorního ověření spolupůsobení primárního a definitivního ostění bude vytvořena metodika pro konstrukci matematického modelu a provádění statických výpočtů zohledňujících spolupůsobení primárního ostění v případě použití mezilehlé fóliové izolace či mezilehlé stříkané izolace s definitivním ostěním. Tato metodika bude ověřena na základě měření získaných na vybraných podzemních stavbách. Konečným cílem je najít

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

optimální postup výpočtu spolupůsobení s pomocí 2D numerického modelování metodou konečných prvků.

Informovanost odborné veřejnosti. Cílem řešeného projektu je umožnit investorům a projektantům na základě dosažených výsledků korektně a úsporně navrhovat tunelová ostění se zohledněním zbytkové únosnosti primárního ostění v závislosti na stupni agresivity prostředí a s využitím spolupůsobení primárního a definitivního ostění. Na základě uznání tohoto přístupu zavést výsledky výzkumu do stavební praxe prostřednictvím závazných podkladů pro navrhování podzemních staveb (např. TP).

Výsledky

V rámci projektu bylo navázáno na výsledky zkoušek stříkaného betonu a oceli odebraných z primárního ostění tunelu, který byl uveden do provozu v 80. letech. Byla provedena extrapolace výsledků pro stáří ostění 100 let.

Byly osazeny extenzometry do primárního ostění dvoukolejného železničního tunelu Sudoměřice u Tábora za účelem dlouhodobého sledování napjatosti primárního ostění.

Obr. 1 Osazené extenzometry – tunel Sudoměřice.

Na tomtéž tunelu byly odebrány vzorky stříkaného betonu (suchý způsob stříkání) a započalo jejich zkoušení. Laboratorně byly testovány smykové parametry na kontaktu primárního a definitivního ostění s použitím stříkané mezilehlé izolace.

Na základě jednání s Povodím Labe s.p. je připraven odběr vzorků z protržené přehrady Desná (z podzemní štoly). Dále byla domluvena další spolupráce s rakouskou správou dálnic ASFINAG o možnosti odběru materiálu na tunelu v Rakousku v roce 2016. Dále proběhla jednání s řešiteli grantu „Investigation of long-term behaviour of support elements in tunnelling“ v Rakousku (Montanuniversität Leoben a Graz University) o možnosti získání některých jejich výsledků. V rámci revize textu TKP – D kapitola 7 – Tunely, podzemní objekty a galerie - byla do kapitoly *7.2.2.3 Návrh definitivního ostění* zavedena možnost počítat s tím, že část trvalého zatížení přenese primární ostění.

Obr. 2 Vzorek stříkaného betonu – tunel Sudoměřice.

Závěr

V průběhu práce byly získány vzorky z primárních ostění z tunelů v ČR i Rakousku, probíhá jejich zkoušení a extrapolace výsledků pro uvažované stáří primárního ostění 100 let. Dále probíhá dlouhodobé sledování napjatosti primárního ostění dvoukolejného železničního tunelu Sudoměřice u Tábora. Byla navázána spolupráce s universitami v Leobenu a Grazu, které se podílejí na výzkumu dlouhodobého chování nosných prvků při tunelování (na 9 tunelech v Rakousku). Pro realizace odběru vzorků z podzemní štoly přehrady Desná je nutné dohledat v archivech materiál popisující použitý beton (bez této znalosti je velmi obtížné provést laboratorní zkoušky, numerické modelování a zejména extrapolaci naměřených hodnot pro normou stanovenou životnost tunelových ostění). V dalších krocích by bylo vhodné se zaměřit na metodiku statických výpočtů zohledňujících spolupůsobení primárního ostění v případě použití mezilehlé stříkané izolace s využitím výsledků z laboratorních zkoušek vzorků odebraných na trase metra V.A.

Literatura

[1] LORENZ, S.; GALLER, R. Untersuchungen zur mechanischen Beständigkeit von Tunneldichtungsbahnen im Verbund mit Spritzbeton in Tunnelschalen. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 2015, (11).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZAJIŠTĚNÍ VODONEPROPUSTNOSTI SEGMENTOVÉHO OSTĚNÍ

Zpracoval: Ing. Karel Rössler, Ph.D. (Metrostav a.s.)

Souhrn

Pro výstavbu tunelů v zeminách a měkkých nebo nestabilních horninách pomocí mechanizovaného štítu se používá kruhové ostění složené z betonových segmentů (Obr. 1).

Ostění je typicky jednoplášťové a jeho vodotěsnost je zajištěna pryžovými těsnícími pásy stlačenými mezi segmenty. Tato konfigurace je levnější a rychlejší ve srovnání se stavbou dvouplášťového ostění a mezilehlou foliovou izolací.

Výzkum se soustředil na zlepšení vodonepropustnosti segmentového ostění návrhem drátkobetonu, výběrem typu těsnícího pásu a patentovaným řešením propojení segmentů pomocí injektovaných ocelových trnů v okolí otvorů v segmentovém ostění.

Obr. 1 Skladování segmentů.

Oblast použití

Vodonepropustné segmentové ostění se využívá především u mechanizovaných ražeb v měkkých a nestabilních horninách, kde mechanizovaný štít se opírá a segmentové ostění, aby vyvinul přítlak na řezné hlavě a zajistil postup ražby. Pokud se tunel nachází pod hladinou podzemní vody a projekt požaduje, aby segmentové ostění bylo nepropustné, pak řešení detailu pryžového těsnění a odolného betonu je jedním z nejdůležitějších prvků návrhu segmentového ostění.

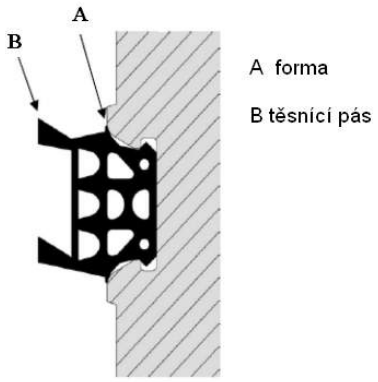
Patentované řešení propojení segmentů pomocí injektovaných ocelových trnů pro zajištění vodonepropustnosti v okolí otvorů v segmentovém ostění lze využít například u napojení ostění na propojky nebo větrací šachty.

Metodika a postup řešení

Metodika a postup řešení byly sestaveny a realizovány v průběhu přípravy stavby tunelů Ejpovice.

Pro zajištění odolnosti betonu bylo provedeno odladění receptury drátkobetonu.

Těsnící pás byl navržen s ohledem na předpokládaný tlak podzemní vody a deformační tolerance vzájemného posuvu mezi segmenty. Pro zlepšení funkce těsnění byl zvolen typ těsnícího pásu zalévaného ve formě a zakotveného do segmentu. Doposud těsnící pásy byly na segmenty dodatečně lepeny, což vedlo k netěsnému spojení mezi nalepovaným těsnícím pásem a segmentem.

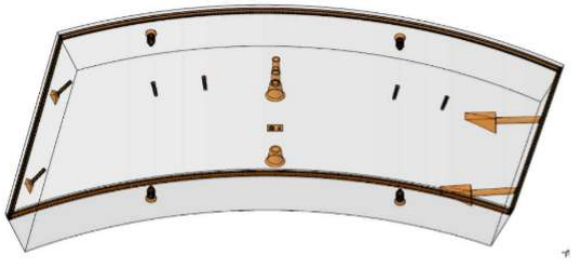


Obr. 2 Znázornění upevnění těsnícího pásu ve formě pro výrobu segmentu.

Vylehčené rohy těsnících pásů byly upřednostněny před tuhými plnými rohovými spoji. Tím byl odstraněn problém nestlačitelnosti těsnění v rozích a zmenšeno riziko poškození betonu segmentu, které by vedlo k průsakům podzemní vody.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Poprvé v historii tunelových segmentových ostění byla pro průměr ostění větší než 8 m použita kombinace drátkobetonu a kotveného těsnícího pásu.



Obr. 3 Schema prstence typu D.

Firma Metrostav patentovala řešení propojení segmentů v okolí tunelových propojek. Pro ověření funkčnosti propojení segmentů bylo provedeno numerické modelování a experimentální testy.

Výsledky

Výroba a montáž segmentového ostění potvrdily předpokládané výsledky:

- Drátkobeton snížil významně procento poškození segmentů otlukem a vytvořil v okolí těsnících pásů podloží odolné proti odštěpování betonu nebo tvorbě prasklin.
- Těsnící pásy s vylehčenými rohovými spoji snížily namáhání betonu a vedly ke snížení průsaků podzemní vody.
- Propojení segmentů pomocí injektovaných ocelových trnů zajistilo vodotěsnost i v okolí otvorů v segmentovém ostění pro stavbu propojek.

Závěr

Využití moderních a pokrokových prvků pro zajištění vodonepropustnosti segmentového ostění se projevilo významným snížením průsaků podzemní vody do realizovaného tunelu Ejpovice. Inovativní řešení propojení segmentů vedlo ke zrychlení výstavby propojek a ke zkvalitnění ostění v okolí propojek. Vyhodnocení výsledků výzkumu bude využito pro návrh segmentového ostění na budoucích projektech.

Literatura

[1] Vítek, P., Rössler, K., Zajištění Segmentového Ostění TBM Tunelů v okolí Propojek. Beton. Stavební konstrukce. 6 / 2014.

[2] K. Rossler and D. Cyron., Challenges of EPBM Tunneling in Prague. Proceedings of Rapid Excavation and Tunneling Conference RETC 2013, Washington D.C, June 23-26, 2013.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

APLIKACE STŘÍKANÉHO BETONU

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze) a kolektiv řešitelů

Souhrn

V současné době existuje ve světě vedle NRTM řada metod využívajících stříkaný beton jako dočasné či trvalé ostění. Začal se používat stříkaný drátkobeton a nejnověji se ve vyspělém tunelářském světě vylepšují receptury a odlaďují technologie pro trvalá a vodonepropustná tunelová ostění ze stříkaného betonu. Projekt předpokládal, že se bude v době řešení realizovat stavba tunelu v Čechách, kde by bylo možné technologii rozvíjet a pak realizovat. Vlivem všeobecné situace na stavebním trhu takové podmínky nenastaly. Realizační tým se pokoušel hledat řešení využitím staveb dálničních tunelů na Slovensku, kde se na některých stavbách podílejí i firmy zúčastněné v projektu CESTI (Metrostav a.s., HOCHTIEF CZ a.s., 3G Consulting Engineers s.r.o.). Vyhodnocením všech podmínek se došlo k závěru, že výsledky by byly neadekvátní vynaloženému úsilí a finančním prostředkům. Poté se zvážila redukovaná varianta použití stříkaného betonu v podzemní štole Josef u Mokrska. Po prozkoumání štoly a vyhodnocení podmínek bylo konstatováno, že je nutné aplikaci stříkaného betonu na reálné konstrukci odsunout do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici.

Oblast použití

Ostění ze stříkaného betonu (SB) se osvědčilo jako ekonomicky efektivní a všestranná metoda budování podzemních staveb. Metoda NRTM byla původně vyvinuta pro tunely ve skalních horninách, nyní se již stříkaný beton hojně používá i v zeminách. I přes některé veřejně známé havárie se použití NRTM s primárním ostěním ze stříkaného betonu osvědčilo a dochází obecně k jeho inovaci jak v použitých směsích pro stříkání tak i v samotné aplikaci stříkaného betonu. V současné době existuje ve světě vedle NRTM řada metod využívajících stříkaný beton jako dočasné či trvalé ostění (například metody SCL, SEM, ADECO – RS, LaserShell, Norská tunelovací metoda, atd.). Vedle běžného stříkaného betonu se v současném tnelovém stavitelství používá stříkaný vláknoboten (stříkaný beton s rozptýlenou výztuží z ocelových drátků či uhlíkových vláken a s přídavkem polypropylenových vláken). Rozvoj receptur betonových směsí a vlastní technologie nástřiku vedl i k prvým praktickým definitivním vodonepropustným ostěním aplikovaným stříkáním. Použití ostění ze stříkaných betonů využívajících nové poznatky se dá v ČR očekávat v budoucnu při výstavbě plánovaných tunelů (např. na dálnici D3).

Metodika a postup řešení

V rámci projektu bylo plánováno odzkoušení a odladění technologie stříkaného betonu – tj. technologie výroby a stříkání – pro definitivní a vodonepropustná tunelová ostění ze stříkaného betonu. Plán řešení projektu počítal se skutečností, že v době řešení úkolu 4.6.1 Aplikace stříkaného betonu na reálné konstrukci bude možné vyvíjenou technologii odzkoušet na skutečné stavbě tunelu v blízkosti řešitelských pracovišť (tj. v ČR). Vlivem krize ve stavebnictví však nebyla k dispozici žádná vhodná stavba. Proběhl pokus o využití staveb dálničních tunelů na Slovensku, kde mají některé firmy podílející se na řešení WP4 své aktivity. Například na tunelu Povážský Chlumec během výstavby docházelo k problémům, kdy nastříkaný beton často nedržel dostatečně na podkladu, v řadě případů bylo nutné nastříkaný beton zcela odstranit a nastříkat vše znova, což znamenalo zdržení a větší spotřebu materiálu. V některých případech bylo nutné použít kromě běžného betonu J2 i beton vyšší třídy J3 (zejména v místech s vyššími přítoky vody), v tunelu proběhly i pokusné nástřiky vláknobetonu s umělými vlákny – Obr. 1.

Obr. 1 Detail stříkaného vláknobetonu pokusně aplikovaného na tunelu Povážský Chlmec (foto M. Hilar).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Pro výzkum v současné době připadají pouze tunely stavěné na Slovensku, kde jsou vyšší finanční nároky (např. vzdálenost od řešitelského centra) a v neposlední řadě i legislativní rozdíly. Proto bylo konstatováno, že využití těchto staveb pro účely projektu CESTI je značně rizikové.

Kolektiv řešitelů dílčího úkolu se pokoušel hledat řešení i v modelovém výzkumu v redukovaném měřítku. Protože stříkání betonu vyžaduje určitý podzemní prostor, výroba menších vzorků (např. nástřik do forem) není příliš směrodatná. Protože vhodná podzemní stavba ve výstavbě v ČR není momentálně k dispozici, byla navázána spolupráce s výzkumným pracovištěm ČVUT kde je k dispozici podzemní pracoviště „Štola Josef“ u Mokrska. Pracoviště bylo prozkoumáno na místě a byla vybrána některá potenciální místa, kde by bylo stříkání možné realizovat. Následovalo vyšetření podmínek, jak experimenty realizovat. Zvažovaly se následující skutečnosti:

1. tvar stříkaného tělesa,
2. podmínky nástřiku (přístup, úhel nástřiku, vzdálenost trysky od podkladu),
3. možnosti ověření vodonepropustnosti nastříkaného ostění (zavedení tlakové vody za ostění, realizace tlaku, zamezení obtékání na kontaktu skalní podloží – ostění),
4. stříkací zařízení, pronájem, doprava na místo, prostorové podmínky pro stříkání, dodávka energie,
5. doprava betonové směsi na místo v podzemí (systém štol má délku v řádu km),
6. výroba betonové směsi na místě, popř. výroba ve stabilní betonárně a doprava do Mokrska.

Vyhodnocením všech podmínek, včetně vynaložených nákladů, se došlo k závěru, že výsledky, které by bylo možné dosáhnout, budou neadekvátní vynaloženému úsilí a finančním prostředkům. Na základě tohoto vyhodnocení bylo doporučeno tuto problematiku odsunout v čase do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici a kdy řešitelský tým bude mít reálnou možnost efektivně pracovat na vývoji technologie.

Výsledky

Vzhledem k tomu, že se i přes značné úsilí nepodařilo najít stavbu v Čechách a na Slovensku, kde by bylo možné technologii rozvíjet a pak realizovat (a to ani v redukované variantě pro štolu), bylo řešení této problematiky posunuto do doby, kdy bude vhodné pracoviště k dispozici. Nicméně řešitelský tým získal velké množství cenných poznatků z aplikace stříkaného betonu na současných stavbách dálničních tunelů na Slovensku.

Závěr

Po prozkoumání možnosti aplikace stříkaného betonu na tunelových stavbách v Čechách a na Slovensku a návazně i použití podzemní štoly pro redukované podmínky aplikace bylo konstatováno, že práce na vývoji nové technologie by nyní překročila finanční možnosti, navíc by nepřinesla dostatečně adekvátní výsledky. Z těchto důvodů bylo řešení úkolu odsunuto do doby, kdy bude k dispozici vhodné pracoviště.

Literatura

[1] Mařík, L. Tunel Považský Chlmec na dálnici D3 Žilina (Strážov) – Žilina (Brodno) od projektu k realizaci. Tunel 2015, 1/24 (3), 88–103.

[2] Valko, M.; Fučík, M.; Korba, A.; Zwiling, R. Tunel Považský Chlmec na dálnici Tunel Žilina – projektovanie, výstavba a geotechnický monitoring. Tunel 2015, 1/24 (3), 40–47.

[3] Benoit, J.; et al. Evaluation of innovative sprayed-concrete-lined tunnelling. In Proceedings ICE - Geotechnical Engineering, 2008; pp 137–149.

[4] Hilar, M.; Srb, M.; Zmítko, J.; Pastrňák, V.; Petráš, V. Optimalizace ražeb tunelu Povážský Chlmec na D3. Sborník konference Tunely a podzemné stavby 2015, Žilina.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

PERSONÁLNÍ CERTIFIKACE OPERÁTORŮ TRYSKY

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze) a kolektiv řešitelů

Souhrn

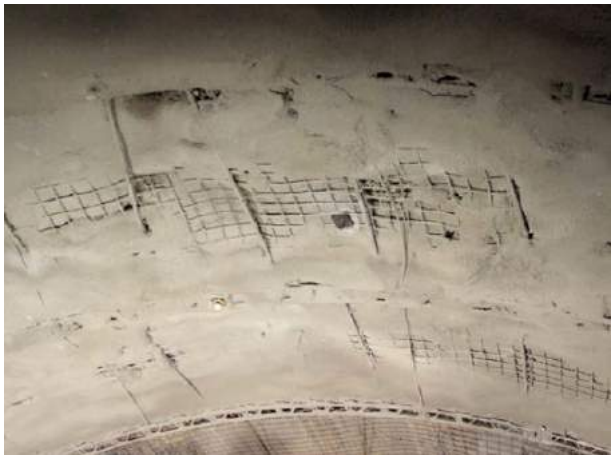
V podzemním stavitelství se stříkané betony používají pro ostění tunelů nebo konstrukcí složitého tvaru a při zajišťování zemních těles v portálových úsecích. Na dosažení požadovaných vlastností ostění ze stříkaného betonu má zcela zásadní vliv způsob provedení nástřiku. Z tohoto důvodu se dnes vyžaduje, aby operátor trysky měl potřebnou kvalifikaci. Tento požadavek je sice již zahrnut v technických předpisech (jak MD, ČD či ŘVC), nicméně od doby jejich vydání či revize (poslední 2009) došlo ve světě v oblasti stříkaných betonů ke značnému pokroku. Jedná se o používání stříkaného vláknobetonu, stříkaných izolací, jednoplášťových ostění ze stříkaného betonu, vývoj strojů na stříkaný beton a též vznikly 3D simulátory pro výcvik operátorů trysky. Vzhledem k těmto skutečnostem je nutné inovovat metody pro výcvik operátorů trysky i schvalovací kritéria. V prvém roce řešení tohoto pracovního tématu byla vypracována rešerše domácích i zahraničních publikací. Na základě rešerše byl vypracován materiál o současném stavu výcviku a přezkušování operátorů trysky.

Oblast použití

Technologie stříkaných betonů je v současné době využívána stále častěji. Nejedná se již jen o používání této technologie pro primární (tj. dočasná) ostění tunelů nebo konstrukcí složitého tvaru nebo pro dočasná zajišťování zemních těles. Stále častěji se stříkané betony využívají jako definitivní způsob zajištění – např. při rekonstrukcích podzemních staveb, zejména tam, kde by bylo nákladné a mnohdy nemožné použití klasické technologie čerpání betonu. Výsledná kvalita provedení stříkaného betonu je závislá na následujících faktorech:

- složení směsi,
- kvalita podkladu,
- technologie nástřiku (suchá nebo mokrá cesta),
- kvalita provedení nástřiku,
- ošetřování nástřiku.

Zkušenosti z praxe ukazují, že při použití stejné receptury a stejných podmínek dochází k výrobě stříkaného betonu různé kvality, což je způsobeno vlivem provedení nástřiku. Je možné použít opatření nutná k udržování a řízení kvality stříkaného betonu v souladu se specifikovanými požadavky. Kvalita podkladu se dá zabezpečit jednoduchým odstraněním rozstřiku a volného spadlého materiálu před nanášením stříkaného betonu. Existují dvě technologie stříkaného betonu (suchá cesta a mokrá cesta), v dnešní době se však dává přednost nástřiku mokrou cestou. Na dosažení požadovaných vlastností ostění ze stříkaného betonu (zvláště pevnost a trvanlivost) má největší vliv lidský faktor - operátor trysky – viz obr. 1 a 2. Z tohoto důvodu je dnes běžně vyžadováno, aby operátor trysky měl potřebnou kvalifikaci (tento požadavek je např. zahrnut v TKP Kapitola 24 TUNELY). Vzhledem k rychlému vývoji v oblasti strojů pro stříkaný beton, inovování směsí stříkaného betonu, zavádění stříkaného vláknobetonu či vodonepropustného betonu a vývoji v simulační technice nácviku je nutné inovovat stávající metody výcviku personálu pro stříkání betonu i stávající legislativní předpisy (TP, TKP apod.).

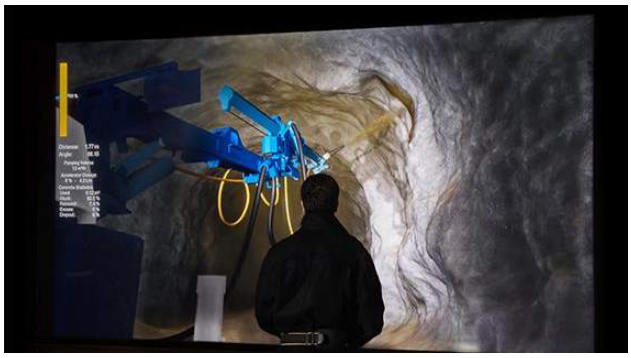


Obr. 1 Ukázka špatně provedeného nástřiku [4].

Největší pokrok nastal v oblasti praktického výcviku operátorů trysky. Zde byl vyvinut 3D simulátor manipulátorů pro nástřik betonů, viz Obr. 3. Tento simulátor značně zjednodušuje výcvik pracovníků, neboť pro získání základních dovedností odpadá potřeba mít k dispozici místo pro nástřik primárního ostění.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 2 Vliv způsobu nástřiku na kvalitu ostění (betony zhotoveny ze stejné betonové směsi za stejných podmínek různými operátory trysky [4].



Obr. 3 Ukázka 3D simulátoru pro výcvik operátorů trysky[5].

Metodika a postup řešení

Provedená rešerše byla zaměřena na získání všech materiálů a podkladů sloužících pro provedení personální certifikace operátorů trysky v ČR i vybraných materiálů zahraničních – programy ACI/ASA a EFNARC. Certifikace operátorů trysky sestává z teoretické přípravy a praktického ověření dovedností a znalostí pracovníků provádějících nástřik betonu. Při testování pracovníků je především kladen důraz na praktické dovednosti (dodržování zásad, zručnost, spolupráce s obsluhou čerpadla či stříkacího stroje, množství spadu, kvalita výsledného produktu, atd.). Praktická kvalifikace bývá ověřována nástřikem na výrub (stěny, strop) a nástřikem do zkušebních forem. V této oblasti je v současné době možné použít 3D simulátor pro operátory trysky, který vyvinula firma Edvirt (umožňuje simulovat stroje pro nástřik firem MEYCO, AMV a JAMA). Tento simulátor urychluje a zlevňuje praktický výcvik, neboť pro získání základních dovedností není zapotřebí žádný materiál, stroj pro nástřik a hlavně plocha pro nástřik (štola, tunel). Tento simulátor byl k dispozici na světové tunelářské konferenci WTC 2015 v Dubrovníku, kde si někteří řešitelé projektu simulátor osobně vyzkoušeli.

Výsledky

Na základě řešení daného úkolu byl vypracován materiál seznamující odbornou veřejnost o možnosti využití 3D simulace operátora trysky. Dále na základě rešerše stávajících předpisů řešících certifikaci operátora trysky byly stanoveny oblasti, které je nutné inovovat:

- zavedení zkoušek pro nástřik vláknobetonu,
- zavedení zkoušek pro nástřik izolací,
- zavedení zkoušek pro nástřik jednoplášťových ostění z vodonepropustných betonů,
- umožnění využití 3D simulátoru nejen pro výcvik, ale i pro certifikaci základních dovedností operátorů trysky.

Závěr

V průběhu práce v prvém roce řešení úkolu byly shromážděny a připraveny potřebné materiály k vytvoření inovované metodiky pro výcvik personálu pro stříkání betonu a schvalovací kritéria.

Zároveň byla vypracována rešerše popisující možnost využití 3D simulátoru operátorů trysky stříkaného betonu.

Literatura

[1] Technické kvalitativní podmínky staveb českých drah: Kapitola 20 – Tunely. 3. vyd. Praha: České dráhy, s. o. – Divize dopravní cesty, o. z., 2001.

[2] Hilar, M., Thomas A., Falkner, L.: Nejnovější inovace v provádění ostění ze stříkaného betonu. Tunel, 2005, ročník 14., č. 4, str. 11. ISSN: 1211 – 0728.

[3] Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací: Kapitola 24 – Tunely. Praha: Ministerstvo dopravy, 2006.

[4] Hilar, M. a kol.: Stříkaný beton v podzemním stavitelství., 2008. Edice „Dokumenty CZTA“. http://www.ita-aites.cz/cz/zakladni_informace/edice_dokumenty_ctuk/ (dostupné listopad 10, 2015).

[5] Edvirt: 3D Shotcrete Simulator http://edvirt.com/?q=node/58, (dostupné listopad 10, 2015).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ŘÍZENÍ JAKOSTI STŘÍKANÉHO BETONU

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (ČVUT v Praze, Fakulta stavební) a kolektiv řešitelů

Souhrn

V České republice, ale i na Slovensku, je v posledních cca 20 letech nejpoužívanější metodou při výstavbě tunelů metoda NRTM (Nová rakouská tunelovací metoda). Tato metoda používá stříkaný beton pro stavbu tzv. primárního ostění, které zajišťuje stabilitu výrubu tunelu do doby, než je zhotoveno definitivní ostění tunelu. Základním parametrem, který odlišuje posuzování kvality stříkaného betonu od jiných typů betonu, jsou požadavky na rychlý nárůst pevnosti. Proto jsou kvalitativní vlastnosti stříkaného betonu definovány pomocí tříd stříkaného betonu a dalších specifikovaných vlastností. Požadované vlastnosti se specifikují v projektové dokumentaci. Podle nařízení vlády č. 163/2002 + 312/2005 Sb. a souvisejících předpisů nemusí být stříkaný beton certifikován, vztahuje se však na něj v rámci systému jakosti provedení průkazních zkoušek a posouzení shody s technickou dokumentací. Většina norem se zabývá řízením jakosti jen při výrobě stříkaného betonu v souladu se specifikovanými požadavky. Ze zkušeností z praxe při výstavbě tunelů pomocí NRTM je však patrné, že na výslednou kvalitu primárního ostění ze stříkaného betonu má vliv nejen samotná směs stříkaného betonu, ale i způsob realizace nástřiku a použité strojní vybavení pro stříkaný beton. Cílem TP pro systém řízení jakosti pro stříkaný beton je nejen řízení jakosti vlastního materiálu - stříkaného betonu (zajištění základních vlastností a požadovaných parametrů stříkaného betonu především v souvislosti s využitím při NRTM), ale i vlastní aplikace stříkaného betonu (příprava směsi, nástřik a kontrola stříkaného betonu).

Oblast použití

Nové poznatky při řešení této problematiky najdou uplatnění při budování primárního ostění nejen u ražeb prováděných NRTM, ale i u ražeb metodou ADECO RS (v ČR zatím nepoužitá, na Slovensku se touto metodou v současnosti razí tunel Višňové). Vedle výstavby primárního ostění je také možné použití TP pro systém řízení jakosti pro stříkaný beton při zajištění skalních svahů (např. v oblastech portálů) a při zajištění základových jam. Z výše uvedeného je patrné, že se předpokládá široké užití TP pro systém řízení jakosti pro stříkaný beton.

Metodika a postup řešení

V současné době při ražbě tunelů v ČR i v SR převažující metody konvenčního tunelování (především NRTM a poprvé v SR i metoda ADECO RS na tunelu Višňové). Při ražbách pomocí těchto metod je hlavním materiálem primárního ostění nastříkaná betonová vrstva společně s dalšími výztužnými prvky. Vhodné složení betonové směsi a kvalitní nástřik betonu na líc výrubu jsou zcela zásadním předpokladem pro úspěšnou ražbu těmito metodami. Stříkaný beton je v některých případech využíván také při mechanizovaných ražbách pomocí tunelovacích strojů (TBM). Stříkaný beton je v některých případech využíván i jako konstrukční materiál definitivního ostění, což obecně přináší podstatné zvýšení nároků na kvalitu a zejména životnost nastříkaného betonu. Tento materiál je možné využít i pro další účely (např. zajištění stability svahů a stěn, sanace, atd.). Základním parametrem, který odlišuje posuzování kvality stříkaného betonu od jiných typů betonu, jsou požadavky na rychlý nárůst pevnosti. Pevnosti v tlaku mladého stříkaného betonu se zkoušejí podle ČSN EN 14488-2. Podle požadované křivky nárůstu pevnosti se beton zařazuje do kategorií J1, J2, J3 – Obr. 1. Nejpoužívanější křivkou v našich podmínkách je křivka J2, při ražbách tunelu v problematické geologii nebo při zastižení zvýšených vodních průsaků do tunelu se pak používá křivka J3.

Obr. 1 Nárůsty počátečních pevností stříkaného betonu dle křivek J2 a J3 na tunelu Brusnice.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Zde je však nutno podotknout, že zkoušení počátečních pevností není možné provádět laboratorně. Existují samozřejmě laboratorní metody zkoušení počátečních pevností na cementových pastách a maltách. Výsledky těchto zkoušek však mnohdy neodpovídají výsledkům v praxi. Oproti laboratoři je totiž při praktickém použití stříkaných betonů nutno brát v potaz mnoho dalších vlivů, které zpracování směsi ovlivňují.

Proto metodika stanoví postup pro řízení jakosti stříkaného betonu s ohledem i na vlastní aplikaci in-situ, kdy se musí vzít v potaz především:

- použité kamenivo,
- použitá superplastifikační přísada,
- množství použitého cementu v receptuře,
- doba zpracovatelnosti,
- teplota betonové směsi, urychlovací přísady a prostředí,
- technologie nástřiku.

V první etapě řešení byla provedena rešeršní činnost, kdy se zjistily normy a předpisy vztahující se k problematice stříkaného betonu, byla navázána spolupráce s pracovní skupinou pro stříkaný beton CzTA ITA AITES, která v roce 2008 vydala publikaci „Stříkaný beton v podzemním stavitelství“ a s mezinárodní skupinou WG12 ITA/AITES. Ve druhé etapě byly určeny materiály, které jsou využitelné v podmínkách ČR. Současně proběhla diskuze v rámci celého řešitelského kolektivu WP4 o podobě připravovaných TP (rozsah, návaznost na ostatní normy, soulad s platnou legislativou apod.).

Výsledky

V prvém roce řešení tohoto tématu (2015) převažovala spíše rešeršní činnost. V rámci této činnosti byl vytvořen přehled norem a předpisů vztahujících se ke stříkanému betonu (a jeho použití v podzemním stavitelství) z ČR a ze zemí tunelářsky vyspělých. Na závěr roku začalo postupné sestavování obsahu technických podmínek.

Závěr

Lze konstatovat, že v průběhu roku bylo získáno množství podkladů týkajících se jakosti výroby směsi pro stříkaný beton, zkoušení stříkaného betonu a v neposlední řadě i z vlastní aplikace stříkaného betonu pro primární ostění konvenčních tunelovacích metod.

Literatura

[1] TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB ŘVC ČR. Kapitola 2 STŘÍKANÝ BETON. Praha: Česká republika – Ředitelství vodních cest ČR, 2009. 23 p.

[2] Hilar, M.; et al. Stříkaný beton v podzemním stavitelství, 2008th ed.; Český tunelářský komitét ITA-AITES: Praha, 2008.

[3] TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB ČESKÝCH DRAH. Kapitola 20 TUNELY. Praha: České dráhy, s.o. - Divize dopravní cesty, o.z., 2001. 60 p.

[4] EN 14487-1 (73 2431). Stříkaný beton - Část 1: Definice, specifikace a shoda. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[5] ČSN EN 14487-2 (732431). Stříkaný beton - Část 2: Provádění. Praha: Český normalizační institut, 2007. 20 p.

[6] EFNARC (1996), European Specification for Sprayed Concrete, Farnham, UnitedKingdom

[7] Melbye, T.; Dimmock, R.; Garshol, K. Sprayed Concrete for Rock Support., 1st ed.; UGC International, division of BASF: Zurich, 1994.

[8] Working Group 12 WG Publications SHOTCRETE FOR ROCK SUPPORT - A SUMMARY REPORT ON STATE-OF-THE-ART, 1.st ed.; ITA - AITES: Durban, 2010.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

JEDNOPLÁŠŤOVÁ OSTĚNÍ U KONVENČNÍCH RAŽEB

Zpracovali: Doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze) a kolektiv řešitelů

Souhrn

Jednoplášťová ostění jsou typická pro mechanizovanou ražbu tunelovacími stroji, kdy je jednoplášťové ostění tvořeno ze železobetonových segmentů. Současný trend však zavádí použití jednoplášťových ostění i do tunelů ražených konvenčními metodami, kdy se nastříkaná vrstva betonu či vláknobetonu uvažuje jako trvalá nosná vrstva. Tento způsob zabezpečení podzemního díla vede k úspoře nejen ceny, ale i času (odpadá nutnost aplikace izolací a budování sekundárního ostění). Ve vyspělém světě jsou případy úspěšné realizace jednoplášťových ostění u konvenčních ražeb, nicméně prokazování dlouhodobé únosnosti, nepropustnosti a trvanlivosti ostění je obtížné. V prvém roce řešení tohoto úkolu se kolektiv řešitelů zaměřil na rešeršní činnost, kde sledoval použití jednoplášťových ostění ve světě (každý projekt je jiný a proto se i jednoplášťová trvalá ostění od sebe liší), způsob zaručení dlouhodobé funkčnosti těchto ostění a hledání řešení, která jsou optimální a liší se od tradičních postupů.

Oblast použití

Tunely ražené plnoprofilovými tunelovacími stroji jsou zpravidla zajištěny jednoplášťovým ostěním ze železobetonových segmentů. Jednoplášťová ostění se však v poslední době začínají používat i u konvenční ražby (a to nejen u metody NRTM, ale i nových metod, jako např. LaserShell). U ražby konvenčními metodami se používají stříkané betony či vláknobetony (u kterých je výrazně sníženo nebezpečí poruch ostění v průběhu jeho životnosti, zejména odpadá riziko koroze výztuže). V obou případech je však nutné řešit postup výstavby tak, aby veškeré styky v stříkaném jednoplášťovém ostění (napojení horní a spodní klenby, napojení jednotlivých záběrů) vykázaly dlouhodobě spolehlivost a byla též zajištěna homogenita ostění (zamezení vzniku dutin a nehomogenit za výztuží, zamezení zastříkání nečistot do nosných vrstev, atd.). Obecně použití jednoplášťového ostění u obou typů ražby tunelů znamená rychlejší výstavbu a nižší náklady (u dvouplášťového ostění je celková tloušťka betonových vrstev výrazně větší než u jednoplášťového ostění, protože u dvouplášťového ostění je zpravidla předpokládána úplná degradace primárního ostění v průběhu životnosti konstrukce).

Metodika a postup řešení

V oblasti ražeb pomocí konvenčních metod nastal v technologii stříkaného betonu velký pokrok a to především v oblasti užitných parametrů. Současná technologie stříkaného betonu umožňuje nástřik jednoplášťových ostění (tedy definitivních), která vykazují schopnost přenášet zatížení a být vodotěsná po celou dobu životnosti podzemního díla. Jako příklad aplikace stříkaného jednoplášťového ostění lze uvést použití metody LaserShell pro tunely pod letištěm Heathrow (Obr.1).

Obr. 1 Jednoplášťové ostění ze stříkaného vláknobetonu propojky tunelu ART na letišti Heathrow (foto M. Hilar).

V prvém roce řešení tohoto tématu (2015) probíhala převážně rešeršní činnost zaměřená na následující oblasti:

- použití jednoplášťových ostění u konvenčně ražených tunelů v tunelářsky vyspělých zemích,
- vyhodnocení používání jednoplášťového ostění při ražbě pomocí NTM - Norské tunelovací metody (resp. nástřik vláknobetonu),
- zjišťování způsobu prokazování dlouhodobé únosnosti, nepropustnosti a trvanlivosti jednoplášťových ostění ze stříkaných betonů (vláknobetonů).

Jako minimální požadavek se pro stříkaný beton většinou požaduje pevnostní třída C30/37, je doporučováno zvolit třídu agresivity prostředí XC3. Z hlediska životnosti je důležité, aby přísady

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

(plastifikační přísady na bázi ligninosulfonanů, sulfitově modifikované melaminové pryskyřice a naftalenu a urychlovače na bázi hlinitanu sodného) a příměsi (mikrosilika, vysokopecní popílky apod.) byly co nejvíce sladěny s vlastnostmi pojiva pro nástřik (s cementem). Pro jednoplášťová ostění se dnes výhradně používá nástřik mokrou cestou s dávkováním cementu v intervalu 400 – 450 kg/m^3. Při použití stříkaných vláknobetonů se často aplikuje finální dokončovací vrstva z betonu bez drátků z důvodu překrytí drátků vyčnívajících z konstrukční vrstvy. Často je investorem vyžadována ruční úprava nastříkaného jednoplášťového ostění pro vytvoření dokonale hladkého povrchu ostění.

Výsledky

V prvém roce řešení tohoto tématu (2015) probíhala převážně rešeršní činnost. V rámci této činnosti byl vytvořen přehled tunelů z okolních vyspělých tunelářských zemí ražených konvenčním způsobem a využívajících jednoplášťová ostění. Dále byly získány materiály týkající se aplikace a navrhování jednoplášťových ostění ze stříkaného vláknobetonu. Je možné konstatovat, že se v současnosti dává přednost nástřiku mokrou cestou nejen z důvodu lepších pracovních podmínek, ale především stejnoměrnější kvality výsledného ostění.

Závěr

Lze konstatovat, že v průběhu roku bylo získáno a analyzováno množství podkladů týkajících se jak aplikace jednoplášťového ostění ze stříkaných betonů, tak i navrhování ostění ze stříkaných vláknobetonů a prokazování jeho požadovaných vlastností. V rámci řešení úkolu vznikl přehled aplikace jednoplášťových ostění ze stříkaného betonu v tunelářsky vyspělých zemích.

Literatura

[1] PRUSKA J., HILAR M., Použití stříkaného betonu pro definitivní ostění tunelů, www.ita-aites.cz/.../Pruska_Hilar-Pouziti_SB_pro_def_osteni.pdf, (dostupné listopad 2015).

[2] SRB, M., HILAR, M. DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ KONVENČNĚ RAŽENÝCH TUNELŮ V ČESKÉ REPUBLICE – SOUČASNOST A BUDOUCNOST. Beton, 2006, , no. 6, p. 31–35.

[3] BENOIT, J., et al. Evaluation of innovative sprayed-concrete-lined tunnelling. In Proceedings ICE - Geotechnical Engineering. 2008, p. 137–149.

[4] BJONTEGAARD, O., MYREN, S. A., KLEMTSRUD, K., KOMPEN, R. "Fiber Reinforced Sprayed Concrete (FRSC): Energy Absorption Capacity from 2 days age to One Year,". In Seventh International Symposium on Sprayed Concrete , Sandefjord. 2014.

[5] BERNARD, E. S. DESIGN OF FIBRE REINFORCED SHOTCRETE LININGS WITH MACRO-SYNTHETIC FIBRES. In 2009 ECI Conference on Shotcrete for Underground Support. 2009.

[6] THOMAS, A. Advances in Sprayed Concrete Tunneling.. Tunnelling Journal, 2010, vol. April/May, p. 40–44.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ NÁSTROJE PRO POSUZOVÁNÍ RECYKLAČNÍCH TECHNOLOGIÍ ASFALTOVÝCH VOZOVEK S DŮRAZEM NA UHLÍKOVOU STOPU

Zpracovali: Ing. Václav Snížek, Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Jan Hradil, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Recyklace vozovek dnes představují nezbytnou součást procesu obnovy či oprav. V tomto kontextu je vedle technického aspektu jednotlivých technologických řešení třeba pozornost věnovat i hlediskům, která souvisejí s dopady na životní prostředí či se zohledněním životního cyklu. V souvislosti s tím vznikla v posledním desetiletí řada kalkulátorů, které lze více či méně úspěšně aplikovat, přičemž existující nástroje se zaměřují pouze na aspekty využívání R-materiálu v asfaltových směsích nebo kombinacím, kdy volíme odfrézování části konstrukčních vrstev s následným zesilováním celkové konstrukce vozovky. V malé míře je podrobněji sledován potenciál technologií recyklace za studena. Ty přitom jako jedna z metod rekonstrukce asfaltových vozovek na místě patří mezi nejšetrnější technická řešení k životnímu prostředí. Navzdory vysoké technologické účinnosti přispívá nicméně i tato metoda k produkci skleníkových plynů a má své limity z hlediska životního cyklu. Vývoj nástroje výpočtu produkce emisí skleníkových plynů při výrobě, následném zabudování materiálů a provozu stavebních strojů u technologií recyklace za studena, a to v porovnání s tradičním procesem obnovy frézování a pokládky nové asfaltové směsi, se proto stal hlavním předmětem řešení v letech 2014-15. V rámci vývoje tohoto nástroje bylo zapotřebí vytvořit vhodnou databázi strojů s relevantními daty, definovat možné varianty recyklace za studena a nastavit výpočtové algoritmy, jejichž výsledkem bude údaj o celkové produkci CO_2 vztažené k rekonstruované jednotce (plocha, tuna apod.). Současně s tím byl formulován v obdobném rozsahu výpočtový model pro častější způsob řešení opravy s využitím odfrézování asfaltových vrstev a pokládkou nové asfaltové směsi. Řešení bylo doplněno o shrnující analýzu existujících zahraničních nástrojů, a to včetně odůvodnění, proč nebylo možné v jednoduché míře navázat právě na tyto nástroje.

Oblast použití

Problematika uhlíkové stopy je v současnosti v ČR stále ještě upozaděním tématem, které se nikterak nevyužívá při porovnávání technologií nebo dokonce porovnávání variant řešení stavebních projektů výstavby či rekonstrukce dopravních staveb. Přitom jsou principy a pravidla zadávání veřejných zakázek s důrazem i na environmentální aspekty v Evropě diskutovány a rozvíjeny již několik let (tzv. green public procurement) a v obdobné míře se věnuje velká pozornost aspektům životního cyklu – jeho řízení a posuzování.

Zpracovaný nástroj v současné době má využití jak na straně zadavatelů silničních staveb, tak na straně zhotovitelů. Pro zadavatele může být nástrojem rychlého porovnání vhodné technologie recyklace vozovky, pokud se například rozhoduje mezi více variantami provedení recyklace za studena nebo dokonce chce porovnat recyklaci za studena s tradičním postupem odfrézování asfaltového souvrství a pokládky nové asfaltové vrstvy. V případě zhotovitelů nástroj může poskytnout cennou informaci při porovnávání řešení recyklace za studena, a to například ve vazbě na volbu nejvhodnějšího postupu. Současně dává informaci z hlediska volby strojní sestavy a může tak ukázat existující rozdíly mezi stavebními stroji různé generace, přičemž nadále platí, že z hlediska recyklace za studena na uhlíkovou stopu mnohem zásadnější vliv má materiálová složka a způsob jejího zpracování. V neposlední řadě používání vyvinutého nástroje v praxi umožní potřebný sběr poznatků a dat, jakož i další verifikaci vlastního nástroje, díky které bude možné provádět průběžný vývoj vylepšených verzí software OptiRec.

Metodika a postup řešení

Z hlediska vlastního principu řešení byla na počátku provedena obsáhlá analýza existujících nástrojů využívaných pro stanovení uhlíkové stopy v silničním stavitelství s důrazem na asfaltové technologie. Pro tento dílčí krok byla zpracována shrnutí k zvoleným více jak devíti nástrojům, a to včetně vymezení výhod i hlavních nedostatků

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

jednotlivých nástrojů. Z těchto poznatků byly čerpány klíčové aspekty, které se jevily jako důležité pro zapracování do nástroje nového – k tomu orientovaného především na problematiku recyklace, kde obecně znalosti a především takto zaměřené nástroje jsou jen v omezené míře.

V dalším kroku byla navržena vlastní architektura softwarového nástroje a současně probíhal sběr potřebných dat a vytváření databáze technických údajů zejména o strojích, které se v souvislosti s některou z forem recyklace dnes využívají. V těchto datech bylo snahou mít zahrnuty i údaje o spotřebách a charakteristikách motorů z hlediska výkonu a jejich práce v různých režimech. Obdobně byly identifikovány vhodné báze dat uhlíkové stopy používaných materiálů tak, aby se do konečného výpočtu vždy zahrnul i podíl uhlíkové stopy, který s sebou nese např. asfaltové pojivo nebo cement. Na základě této skutečnosti bylo provedeno vlastní naformulování početních algoritmů a vznikla výchozí podoba početního nástroje zpracovaná v excelu s využitím logicky provázaných vzorců, a to ve vazbě na parametry rekonstruované stavby a na možnost volby některé s dostupných recyklačních technik (v tomto ohledu zatím zpracována není problematika recyklace za horka na místě, která představuje i z hlediska strojního vybavení specifickou skupinu recyklačních technologií). Vlastní nástroj byl výpočtově verifikován a kalibrován na vybraných typech a příkladech projektů, kde se recyklační technologie uplatnila. Současně bylo snahou ověřit správnost dat a nastavených algoritmů z hlediska spotřeb jednotlivých strojů i režimů, ve kterých standardně během pracovní směny pracují.

Výsledky

Jako původně nejvhodnější kandidát vhodného komplexního nástroje výpočtu uhlíkové stopy se jevil očekávaný výstup celoevropského projektu CEREAL. Cílem aktivity projektu byl právě jednotící nástroj pro porovnávání uhlíkové stopy a zjednodušené analýzy životního cyklu pro variantní technologická řešení v oblasti výstavby pozemních vozovek. Bohužel se ukázalo, že rozvíjený nástroj v nedostatečné míře umí zohlednit aspekty recyklačních technologií a navíc díky řadě vývojovým problémů dosud nebyl poskytnut k širšímu využit. Proto byla provedena další analýza a to nakonec celkově 16 výpočtových nástrojů (tj. softwarů), kdy devět z nich bylo podrobeno podrobnějším rozborům. Jako velmi nadějný se jevil a nadále jeví britský výpočtový nástroj asPECT, který má velmi dobře zpracovánu celkovou problematiku výroby a zpracování asfaltových směsí, nevěnuje se však – bohužel – za studena prováděným recyklačním technologiím.

Po vyhodnocení stávajících nástrojů, které se dnes mohou v Evropě využívat, bylo možné konstatovat následující:

- Stávající softwarové aplikace jsou většinou uzavřená (tj. neprůhledné z hlediska výpočtového principu a možnosti vkládání dalších dat).
- Stávající softwarové aplikace vyžadují velké množství dat a jsou poměrně komplexní.
- Stávající softwarové aplikace se většinou zaměřují na novostavby a nezohledňují v celé šíři údržbu a obnovu vozovek.
- Evropské modely mají obecně problém s prezentací stručných jednoznačných výsledků, US modely jsou v tomto ohledu vstřícnější.
- Evropské modely obsahují značné množství užitečných dat, které však v současnosti neumíme účinně využít.
- Jednotlivé aplikace jsou specifické z hlediska jejich původu. Např. nástroj DuboCalc obsahuje detailní informace o situaci v Dánsku, nástroj asPECT a ROAD RES obsahují detailní informace o situaci v UK a skandinávských zemích atd.

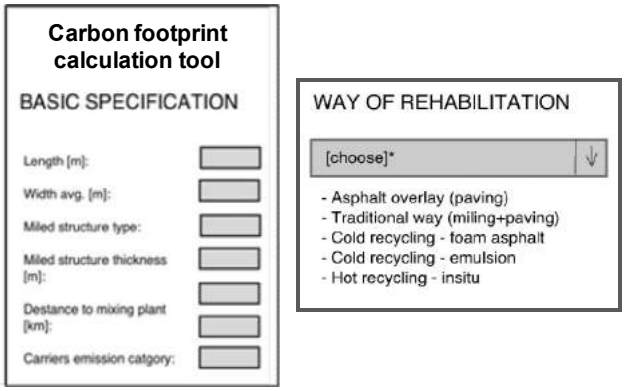
Nově vyvíjený nástroj OptiRec založený na aplikaci v MS Excel provádí výpočty odhadovaných nákladů zvoleného typu technologie obnovy vozovky a zejména pak uhlíkové stopy. Výstupy provedených výpočtů lze využít pro volbu nejvíce přijatelného řešení recyklace za studena z hlediska vlivu na životní prostředí. Tento přístup může být důležitý pro správce silniční sítě, místní samosprávy nebo příslušná ministerstva dopravy. Výsledky aktuální verze jednoduchého kalkulátoru by měly podpořit další rozvoj vhodného komplexního nástroje, který by byl plně využitelní v oblasti silničního stavitelství všemi účastníky.

Pro tento účel byly postupně definovány používané stavební stroje, charakteristiky denní obvyklé denní směny jakož i technické varianty provádění recyklačních technologií.

Jakmile došlo k vzájemnému odsouhlasení výpočtových předpokladů mezi (zejména ověření správnosti dat výrobcem stavebních strojů – využita podpora skupiny Wirtgen) bylo možné dokončit celkovou architekturu výpočtového nástroje. Dále uvedené obrázky znázorňují některá ze základních uživatelských oken v původním zobrazení s požadavky na vstupní informace a možnostmi různých voleb. V okamžiku, kdy uživatel vloží základní specifikační údaje o obnovované pozemní komunikaci a provede výběr preferovaného způsoby rekonstrukce nebo opravy, může v dalším kroku přistoupit k výběru strojní sestavy. I zde jsou některé

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

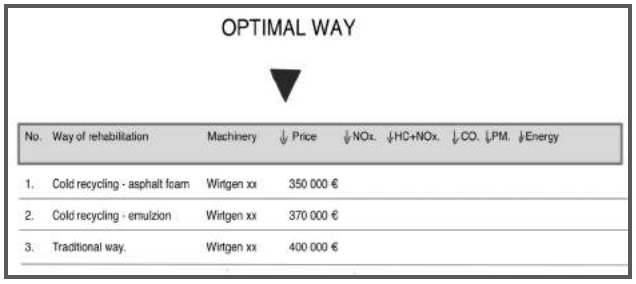
kombinace předdefinované, nicméně princip výpočtového nástroje je v tomto ohledu natolik otevřený, že lze provést vlastní skladbu strojové sestavy a dokonce je umožněno vkládat data o typech strojů, které v databázi výpočtového nástroje nejsou k dispozici.



Obr. 1 Vkládání základní specifikace stavby a výběr metody recyklace.

Jakmile dojde k výběru metody obnovy vozovky, lze v dalším kroku přistoupit k výběru vhodné strojové sestavy, která se na dané stavbě použije. Stroje lze s veškerými potřebnými údaji volit z databáze, která je v rámci výpočtového nástroje vytvořena.

Po provedení výběru strojní sestavy využitelné pro konkrétní typ recyklační technologie provede výpočtový nástroj celkové propočty a vygeneruje konečnou tabulku s předdefinovanými ekonomickými a environmentálními parametry. Tento výsledek lze následně vzájemně porovnávat pro různé varianty, přičemž minimální rozsah dat, která lze v tabulce nalézt, zahrnuje: celkové náklady, NO_x, HC, CO, CO_2 a polétavý prach (PM).



Obr. 2 Souhrnná tabulka pro rychlé porovnání technologických variant opravy vozovky s hodnocenými parametry.

Recyklace za studena na místě je prováděna sestavou strojů složenou převážně ze standardních strojů používaných v dopravním stavitelství (válce, gradery, distributor cementu, cisterny na vodu a asfalt atd.). Mimo standardní stavební stroje jsou součástí sestavy i speciální stroje, zejména recyklér a míchačka cementové suspenze. Do sestavy je možné rovněž zapojit některé speciálně vybavené typy silničních fréz, jimiž můžeme recyklér při některých projektech nahradit. Množství CO_2 vyprodukovaného na 1m^2 plochy hypotetického projektů (demonstrace) je vázáno primárně na spotřebu paliva, v tomto případě nafty. Pro vzorový projekt jsou potom hodnoty uvedeny v další tabulce, a to ve vazbě na zvolenou strojní sestavu.

Tab. 1 Celkové vyprodukované CO_2 a spotřebované palivo na vzorový projekt.

Stavební stroj	Spotřeba (l)	Vyprodukované CO_2 (t)
Zařízení na rozprostření cementu	12.69	0.0371
Cisterna s vodou	26.48	0.0773
Cisterna s asfaltovým pojivem	29.69	0.0867
Recyklér (WR 240i)	449.37	1.3121
Válec ježkový	44.44	0.1298
Válec hladký	44.44	0.1298
Grader	62.56	0.1827
Silniční válec	44.44	0.1298
Válec s pogum. běhouny	40.44	0.1181
CELKEM	**755**	**2.20**

Tab. 2 Vliv typu použitého recykléru.

Typ recykléru	Spotřeba paliva	Produkce CO_2
	průměrná (l/h)	průměrná (t/h)
Recyklér (WR 200, 3rd)	50	0,151
Recyklér (WR 200i, 4th)	47	0,142
Recyklér (WR 2400, 1st)	67	0,202
Recyklér (WR 2500S, 2nd)	70	0,213

Níže uvedená tabulka pak obsahuje celkový přehled použitelných technologických variant se zaměřením na produkci CO_2. Tabulka obsahuje rovněž předpokládané vyprodukované množství na 1 m^2 hypotetického projektu o délce 1 km a šířce 7,5 m realizovaném danou technologií.

Tab. 3 Technologické varianty se zaměřením na produkci CO_2.

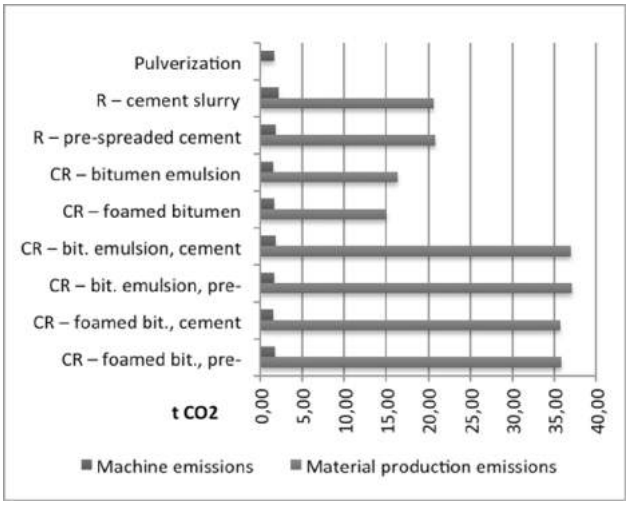
Technologie obnovy/opravy	CO_2 (t) (kg/m^2)	CO_2 (t) celkem
1 CR – zpěněný asfalt, předdávkovaný cement	6,60	37,63
2 CR – zpěněný asfalt, cementová suspenze	6,53	37,24
3 CR – asfaltová emulze, předdávkovaný cement	6,80	38,78
4 CR – asfaltová emulze, předdávkovaný cement	6,82	38,87
5 CR – zpěněný asfalt	2,93	16,68
6 CR – asfaltová emulze	3,13	17,82
7 R – předdávkovaný cement	3,98	22,66
8 R – cementová suspenze	4,01	22,87
9 – rozrušení bez další úpravy (“pulverizace”)	0,28	1,60

Zdroj dat: Aplikace OptiRec (výpočty vycházejí z dat výrobců strojů a z evropských emisních standardů).

Závěrečná část provedených výpočtů a porovnání je věnována prokázání minimálního podílu produkce CO_2 stavebními mechanismy, podílejícími se na rekonstrukci pozemní komunikace. Na základě souhrnných výsledků uvedených na obrázku 3 je patrný rozdíl emisního příspěvku obou sledovaných skupin. Emise CO_2 vyprodukované stroji jsou

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

řádově mezi 10-20 % celkového ekvivalentu emisí CO_2. Zbylé majoritní množství je vyprodukováno při výrobě a zpracování zabudovávaných materiálů. Tuto skutečnost lze současně považovat za jednu z hlavních předností za studena prováděných technologií, kdy není při recyklaci potřebné provádět předehřev konstrukce vozovky nebo naopak ohřívat získaný R-materiál.



Obr. 3 Technologické variant provádění recyklace za studena a zdroje ekvivalentu CO_2 emisí.

Závěr

V otázce vlivu stavebních mechanismů na emise CO_2 při recyklaci za studena je recyklér klíčovým producentem emisí. Jelikož recyklace za studena na místě probíhá průjezdem kompletní recyklační sestavy (i více jak 5 strojů), hraje důležitou roli šířka záběru recykléru ve vztahu k šířce rekonstruované komunikace. Je-li to možné, je vhodné volit recyklér s takovou šíří záběru, aby počet průjezdů sestavy po rekonstruované vozovce byl co nejmenší a záběr recykléru se v maximální míře využil. Tímto způsobem budou emisní i ekonomické vlivy stojů minimalizovány.

Představený výpočtový nástroj pro porovnávání recyklačních technologií z ekonomického a především pak emisního hlediska nabízí srozumitelnou a rychlou podporu při rozhodování o možných variantách řešení volby vhodného přístupu k obnově/recyklaci vozovky. Jedná se přitom o první generaci takového nástroje, který do blízké budoucnosti vyžaduje další rozvoj, a to zejména z hlediska propojení různých variant využitelných při obnově vozovek, a to včetně širší vazby na výpočty nákladů životního cyklu různých variant a strategií obnovy konstrukcí vozovek. Postupné praktické využívání obdobných nástrojů v procesu přípravy či výstavby umožní jednak provádět další technickou optimalizaci volených řešení a současně je vhodnou přípravou na vícekriteriální zadávání veřejných zakázek s důrazem na aspekty ochrany životního prostředí (tzv. green public procurement).

V navazujícím období bude jednak dokončena práce na dalších modelech technologických variant recyklace vozovek (zejména recyklace za horka), současně je softwarová aplikace z hlediska použitých technik převedena do lepšího prostředí s použitím jiného programovacího jazyka. V neposlední řadě je nezbytné provádět kontinuální verifikace vlastních nástrojů a v nich obsažených algoritmů.

Literatura

[1] Valentin, J. (2009). Problematika výběru funkčních charakteristik směsí recyklace za studena. Disertační práce, FSv ČVUT v Praze.

[2] Snížek, V., Strnad, J., Měšťanová, D., Macek, D., (2012). Roads, Related Constructions and Means of Their Management, ISBN 978-80-01-04 996-9, FSv ČVUT v Praze.

[3] Kawakami, A.; Nitta, H.; Kanou, T.; Kubo, K. (2012). Study on CO2 Emissions of Pavement Recycling Methods, 1-6 Minamihara, Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan.

[4] Chehovits, J., Galehouse, L., (2012). Energy Usage and Greenhouse Gas Emissions of Pavement Preservation Processes for Asphalt Concrete Pavements, National Center for Pavement Preservation, Okemos, Michigan, United States.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZMĚNY HLUKOVĚ ABSORBČNÍCH VLASTNOSTÍ SILNIČNÍCH POVRCHŮ A VLIV ČIŠTĚNÍ POVRCHŮ NA ZLEPŠENÍ NEGATIVNÍCH DOPADŮ HLUKU NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Zpracoval: Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.(Centrum dopravního výzkumu v.v.i.)

Souhrn

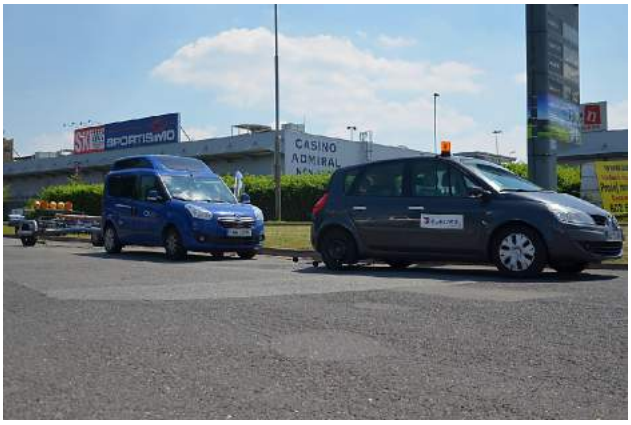
Cílem prací v roce 2015 bylo opakované porovnání změny hlučnosti testovaných úseků v dalším roce včetně posouzení účinnosti čištění nízkohlučných povrchů metodou CPX. Měření probíhala ve vzájemné spolupráci CDV se společností Eurovia tak, že obě měřicí vozidla měřila vždy stejný úsek silničního povrchu, v jednotném časovém úseku, minimálně ve třech opakováních, kdy probíhala na dílčích úsecích měření před a po vyčištění čistícím vozem za účelem dlouhodobého posouzení účinnosti čištění nízkohlučných povrchů. Další měření (bez čištění) byla provedena ve spolupráci s firmou Skanska. K dispozici v některých úsecích jsou již data za tři roky sledování včetně opakovaných pravidelných měření před a po čištění nízkohlučných povrchů.

Oblast použití

Výsledky dlouhodobějších časových řad měření budou využity pro další vývoj a využití nízkohlučných silničních povrchů v ČR. Na základě naměřených dat změn hlučnosti různých typů silničních povrchů v několikaletém časovém horizontu budou navržena opatření pro údržbu nízkohlučných silničních povrchů jejich pravidelným čištěním. Výsledky budou využity jako podklad pro jednání evropské skupiny CEN TC 227 WG5 oblasti tvorby hlukových norem, kde probíhá schvalovací proces metodiky měření CPX. Lze taktéž výhledově očekávat, že dílčí poznatky budou rámcově zahrnuty do systému hospodaření s vozovkami v ČR za účelem dlouhodobějšího udržení nízkohlučné funkce specializovaných silničních povrchů.

Metodika a postup řešení

V souladu s doporučením CEN TC 227 WG5 je pokračováno měřeními metodou CPX, kdy bylo konstatováno, že tato metoda je jediná vhodná pro posuzování vlastních změn hlučnosti povrchů komunikací v reálném prostředí s ohledem na maximální možné odstranění vlivů okolí komunikace. V letošním roce proběhla další měření změn hlučnosti silničních povrchů metodou CPX [2], [3], při různé dopravní zátěži ve spolupráci se společnostmi Eurovia CS a SKANSKA. Opětovně byly proměřovány úseky měřené již v letech 2013 a 2014 za účelem získání dlouhodobější hlukové charakteristiky vývoje změn hlučnosti, a to včetně úseků, na nichž bylo opětovně zkoušeno a provedeno vyčištění komunikace vysokotlakým proudem vody. Společnost Eurovia měřila vlastním měřicím zařízením používaným ve Francii dle francouzského předpisu [1] vycházejícího z požadavků normy ISO 11819-2 [2], CDV pak CPX měřicím zařízením vlastní výroby vyrobeným dle požadavků normy ISO 11819-2, viz obr. 1.



Obr. 1 Měřící zařízení – vpravo Eurovia, vlevo CDV.

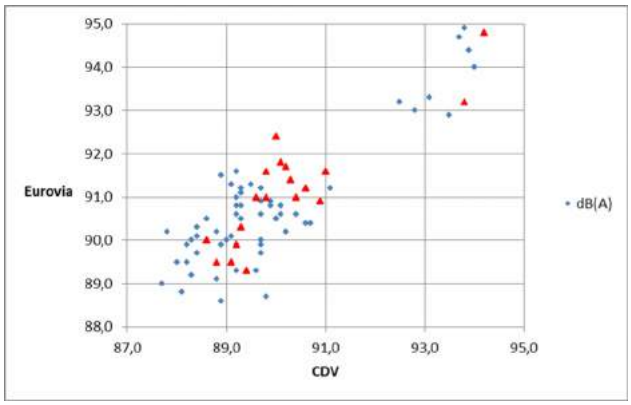
Opakované čištění povrchů proběhlo v Plzni, v Praze na ul. 5. května, Slezská (ve spolupráci s Eurovia). Vzhledem k výsledkům a zkušenostem z loňského roku a ke složitostem zapůjčení čistícího vozu z cizího státu bylo v letošním roce čištění provedeno výhradně společností Pražské služby za použití předmytí detergentem Ultralon®, nástřikem vody a odsátím nečistot, dále následovalo odsátí zbytkové vody s použitým detergentem.

Další specifické měření proběhlo ve spolupráci s firmou SKANSKA ve Skutči na nízkohlučném povrchu, který je využíván technikou vyjíždějící z polí po vedlejší komunikaci, kdy zde místy dochází k intenzivnímu znečišťování jízdních pruhů. Porovnání provedeno i na povrchu ACO 11.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

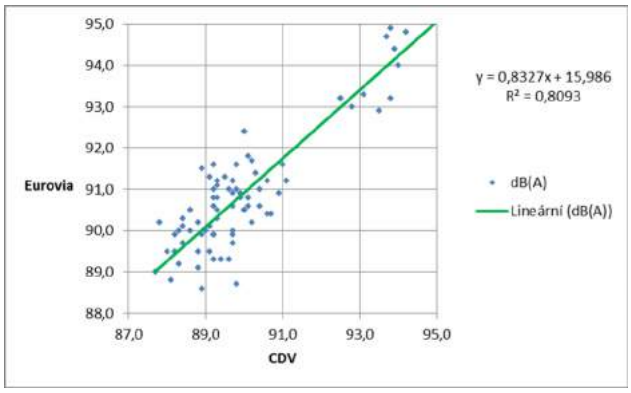
Výsledky

Měření metodou CPX v letošním roce znovu potvrdila, že zařízením Eurovia vychází hluk vyšší oproti zařízení CDV. Výsledky v roce 2015 jsou znázorněny v grafu na obr. 2 červeně a z let 2013 a 2014 modře.



Obr. 2 Výsledky srovnávacích měření CDV a Eurovia v letech 2013 - 2015.

Regresní přímka ze všech 83 srovnávacích měření je na obr. 3, není provedeno vyřazení žádných naměřených hodnot, kdy u některých výsledků se lze domnívat, že jsou chybné (což následně je prokázáno dalšími měřeními v následujících letech), i přes to bez patřičného „očištění“ součinitel R^2 = 0,81 ukazuje poměrně těsnou korelaci. Z výsledků je patrné, že rozdíl mezi výsledky Eurovia a CDV se při větších hodnotách hlučnosti zmenšuje.

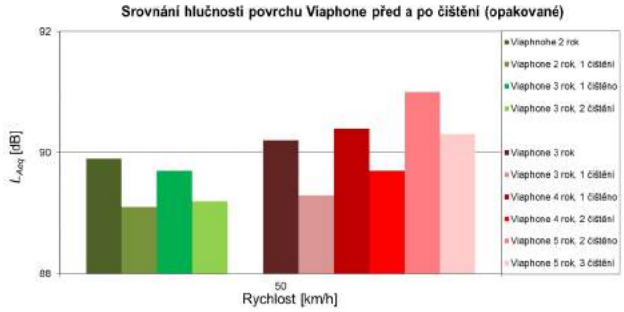


Obr. 3 Regresní přímka ze všech srovnávacích měření v letech 2013 – 2015 měření CDV a Eurovia.

Z vývoje na obr. 4 je zřejmé chování změn hlučnosti běžné asfaltové vůči nízkohlučné směsi, která se běžným provozem v městské aglomeraci (popřípadě zemědělství) zanáší nečistotami. Běžná asfaltová směs (SMA, ACO) má pozvolný nárůst hlučnosti na rozdíl od specializovaných nízkohlučných povrchů, které při zanesení nečistotami ztrácí své přídavné absorpční schopnosti. Dalšími opakovanými měřeními a výsledky lze potvrdit výzkumnou hypotézu o účinnosti pravidelné údržby (čištění) těchto nízkohlučných povrchů v intravilánu obcí, kde se neuplatní samočistící efekt.

Obr. 4 Graf vývoje hlučnosti silničních povrchů PA 8 CRmB ve srovnání s ACO 11.

Z obr. 5 je zřejmé, že hlučnost jednotlivých povrchů sice neustále narůstá, avšak nárůst není tak rychlý jako u místa kde se čištění pravidelně neprovádí, viz obr. 4. Ukazuje se, že nejvyšší účinnost má první čištění, kdy další jednotlivé etapy již nejsou tak úspěšné, což pravděpodobně souvisí s tím, že v rámci prvního čištění jsou odstraněny všechny dostupné nečistoty pro danou technologii a opakování již jen udržuje tento stav. Samozřejmě běžným procesem používání i nadále dochází též k akustické degradaci povrchu dané komunikace a tedy hlučnost postupně narůstá.



Obr. 5 Graf srovnání změny hlučnosti povrchu Viaphone před a po čištění v průběhu několika let opakování.

Závěr

Na základě zjištěných skutečností vyplývajících z nezávislých měření v terénu metodou CPX lze konstatovat, že čištění nízkohlučných povrchů je významné ve vztahu k zachování jejich funkce a z hlediska akustické životnosti až zdvojnásobuje pozitivní účinek. Pro posouzení dlouhodobějšího horizontu a potvrzení uvedeného tvrzení je nutné dále pokračovat v měřeních.

Literatura

[1] Mesure en continu du bruit de contact pneumatique/chaussée, LCP No 63., 2008

[2] ISO/DIS 11819-2. Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity (CPX) method. 2015.

[3] ISO 11819-3: Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 3: Reference tyres. 2013.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

MĚŘENÍ HLADIN AKUSTICKÉHO TLAKU V OKOLÍ OCELOVÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE – STAV PO REKONSTRUKCI

Zpracovala: Ing. Petra Čížková (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V roce 2015 bylo v oblasti omezování hlukové zátěže z kolejové dopravy navázáno na již řešené téma zabývající se vlivem ocelové mostní konstrukce na akustickou situaci v okolí železniční trati. Na jednokolejné železniční trati č. 505A Choceň –Týniště n. O. – Velký Osek bylo v loňském roce provedeno přímé měření v terénu před plánovanou rekonstrukcí. V návaznosti na předchozí projekt bylo na podzim roku 2015 provedeno přímé měření v terénu po rekonstrukci. V totožných dvou měřících bodech byl stanoven přírůstek hladiny akustického tlaku v okolí mostní konstrukce. Porovnání probíhalo mezi měřicím bodem na širé trati a bodem umístěným v oblasti mostní konstrukce. Cílem provedeného měření bylo zjistit vliv rekonstrukce na akustickou situaci v řešeném území.

Oblast použití

Ocelové mostní konstrukce jsou z akustického hlediska důležitým lokálním zdrojem hluku na železniční trati. Ve snaze najít optimální řešení v problematice omezování hlukové zátěže bylo vhodné na již sledované železniční trati provést akustické měření ve shodných pozicích zvukoměru po rekonstrukci. Získané poznatky mohou být dobrým podkladem při návrhu novostaveb či provádění rekonstrukcí na železniční síti.

Metodika a postup řešení

Na jaře roku 2015 proběhla na uvedené železniční trati rekonstrukce železničního svršku. V rámci rekonstrukce bylo kompletně vyčištěno štěrkové lože frakce 32/63. V celé délce sledovaného úseku byla vyměněna širokopatní kolejnice R 65, která projevovala značnou vlnkovitost za novou širokopatní kolejnici 60E2.

Na přímém traťovém úseku došlo k výměně betonových pražců SB6 s žebrovou podkladnicí a tuhou svěrkou ŽS4 za betonové pražce B91S s pružným bezpodkladnicovým upevněním. Kolej byla po rekonstrukci zhotovena jako bezstyková.

Přechodový úsek délky 17,5 m byl před rekonstrukcí tvořen kolejovým roštem s dřevěnými pražci, s upevněním typu K a širokopatní kolejnicí R 65. V rámci rekonstrukce došlo k výměně kolejnice a nově byla použita pružná svěrka Skl 24 na žebrové podkladnici.

Nosnou část železničního mostu o délce 48 m tvoří příhradová ocelová svařovaná konstrukce s dolní mostovkou. V rámci rekonstrukce došlo k výměně kolejnice za širokopatní kolejnici 60E2, na žebrové podkladnici byly nově použity pružné svěrky Skl 24 výměnou za původní Skl 12. Podlaha z rýhovaného plechu byla kompletně vyměněna. Součástí železničního svršku jsou pojistné úhelníky tvaru L.

Železniční trať č. 505A byla po provedené rekonstrukci opět uvedena do provozu dne 1.6.2015. Na zrekonstruované železniční trati se dne 23.10.2015 uskutečnilo technické měření v souladu s ČSN EN ISO 3095 Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly [1]. Cílem měření bylo zjistit vliv rekonstrukce na akustickou situaci v okolí mostní konstrukce a zároveň stanovit hodnotu nárůstu emisí hluku vlivem ocelové mostní konstrukce. Měření probíhalo ve dvou měřících bodech současně. Poloha bodů svým umístěním odpovídala poloze před rekonstrukcí. Měřící bod č. 1 (MB1) se nacházel v přímém úseku trati na náspu (staničení km 3,984). Měřicí mikrofon prvního zvukoměru byl umístěn 7,5 m od osy koleje, ve výšce 1,2 m nad temenem kolejnice. Měřicí bod č. 2 (MB2) se nacházel ve směru staničení v úrovni ¾ délky mostní konstrukce (km 4,452). Měřicí mikrofon druhého zvukoměru byl umístěn mimo mostní konstrukci, ve vzdálenosti 7,5 m od osy koleje, ve výšce 1,2 m nad temenem kolejnice, to je 3,55 m nad terénem. Měřeny byly časové rozvoje ekvivalentní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq(t)}$ s krokem odečtu 1 s.

Dne 23.10.2015 bylo změřeno celkem 15 průjezdů vlakových souprav v obou směrech jízdy. Klimatické podmínky v době měření odpovídaly požadavkům normy ČSN EN ISO 3095. Rozšířená kombinovaná nejistota měření byla stanovena podle

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

postupu uvedeného ve [2]. Pro tento druh měření dosahuje rozšířená kombinovaná nejistota měření hodnoty ± 2dB.

Zpracování naměřených dat

Zpracování dat naměřených po rekonstrukci proběhlo pomocí programu B&K Type 7820 Evaluator. Jednotlivé průjezdy vlakových souprav byly vyhodnoceny tak, že byly vybrány úseky časového rozvoje, kde ekvivalentní hladina akustického tlaku hluku (emitovaná sledovanou vlakovou soupravou) přesáhla hodnotu $L_{Aeq(1s)} \geq 60$ dB. Toto kritérium bylo zvoleno na základě dostatečného odstupu od zbytkového zvuku zaznamenaného v průběhu měření. Pro porovnání emisí hluku vzniklých průjezdem vlakové soupravy po přímém traťovém úseku na náspu (MB1) a po mostní konstrukci (MB2) byly v programu Evaluator vygenerovány expozice hluku A $L_{AE.}$

Výsledky

Pro přesnější vypovídající hodnotu byly expozice hluku A L_{AE} jednotlivých průjezdů normovány podle rychlosti a počtu vozů. Referenční hodnoty rychlostí a počtu vozů se určily pro každý druh vlaku zvlášť. Soupravy byly rozděleny na rychlíky, nákladní vlaky a spěšné vlaky.

V následujících tabulkách 1 a 2 je uveden přírůstek hladin akustického tlaku na mostní konstrukci oproti přilehlému úseku pro stav před a po rekonstrukci.

Tab. 1 Porovnání $LAE_{, norm.}$ v měřících bodech MB1 a MB2 před rekonstrukcí

Rozdělení	$L_{AE, norm.}$ [dB]		
	MB1	MB2	**MB2 - MB1**
Všechny vlaky	109,9	116,9	**7,0**
Rychlíky	110,5	116,5	**6,0**
Nákladní vlaky	113,7	121,8	**8,1**
Spěšné vlaky	101,2	108,3	**7,1**

Tab. 2 Porovnání $LAE_{, norm.}$ v měřících bodech MB1 a MB2 po rekonstrukci

Rozdělení	$L_{AE, norm.}$ [dB]		
	MB1	MB2	**MB2 - MB1**
Všechny vlaky	98,0	112,1	**14,1**
Rychlíky	96,4	110,6	**14,2**
Nákladní vlaky	103,7	117,8	**14,1**
Spěšné vlaky	93,0	105,3	**12,3**

Nárůst hladiny $L_{AE, norm}$ se v oblasti mostní kostrukce pohybuje v rozsahu 6 - 8 dB před rekonstrkukcí a 12 – 14 dB po rekontrukci. V následující tabulce 3 je zaznamenáno snížení hladin akustického tlaku v důsledku provedené rekonstrukce. Hodnoty v této tabulce objasňují vyšší přírustek hladiny akustického tlaku v oblasti mostní konstrukce oproti přímému traťovému úseku způsobený rekonstrukcí. V měřícím bodě MB1 – na přímém traťovém úseku došlo v rámci rekonstrukce k výrazně vyššímu útlumu hladin akustického tlaku než v měřecím bodě MB2 – v oblasti mostní konstrukce.

Tab. 3 Snížení hladiny akustického tlaku v měřícím bodě MB1 a MB2 vlivem rekonstrukce

Rozdělení	$L_{AE, norm.}$ [dB]	
	MB1	MB2
Všechny vlaky	11,9	4,8
Rychlíky	14,1	5,9
Nákladní vlaky	10,0	4,0
Spěšné vlaky	8,2	3,0

Závěr

Z provedeného akustického měření byl zjištěn nárůst emisí hluku na mostní konstrukci oproti traťovému úseku v rozsahu 6 - 8 dB před rekonstrkukcí a 12 – 14 dB po rekontrukci. V rámci provedené rekonstrukce došlo ke snížení hladin akustického tlaku v MB 1 - na přímém traťovém úseku o 8 – 14 dB oproti MB 2 - v oblasti mostní konstrukce, kde bylo dosaženo útlumu pouze o 3 až 6 dB. Provedená rekonstrukce měla pozitivní dopad především na přímý traťový úsek, kde došlo k výraznému útlumu hladin akustického tlaku. Zásadní vliv na útlum v MB1 po rekonstrukci měla výměna vlnkovité širokopatní kolejnice. Ocelová mostní konstrukce je element na železniční trati sám o sobě velmi hlučný, z toho důvodu se zde výměna kolejnice neprojevila tak výrazným snížením hladin akustického tlaku jako na přímé trati. Ze získaných dat vyplývá potřeba zaměřit se na možné použití speciálních tlumících prvků přímo v oblasti ocelové mostní konstrukce.

Literatura

[1] ČSN EN ISO 3095: *Železniční aplikace – Akustika – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly*, březen 2014.

[2] METODICKÝ NÁVOD pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí; Ministerstvo zdravotnictví - Hlavní hygienik České republiky; Č.j. HEM-300-11.12.01-34065 .

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

MONITOROVÁNÍ VÝZTUŽÍ ŽELEZOBETONOVÝCH A PŘEDPJATÝCH KONSTRUKCÍ METODOU AKUSTICKÉ EMISE

Zpracoval: Ing. Jiří Jedlička (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

V rámci řešení byla zpracována rozsáhlá rešerše literatury týkající se dané problematiky. Byla sestavena aparatura pro měření akustické emise, která je v současné době čtyřkanálová, upravená pro potřeby měření v terénu. Při činnostech se vycházelo z Technických podmínek MD s názvem Diagnostický průzkum mostů PK, postupy monitorování a vyhodnocení koroze výztuží v betonu metodou akustické emise.

Oblast použití

Tato metoda, resp. její zdokonalování přispěje k dokonalejší diagnostice výztuží železobetonových konstrukcí a tím může zjednodušit rozhodovací procesy správcům komunikací.

Metodika a postup řešení

Stěžejní činností bylo sestavení měřící aparatury. V prvé řadě bylo nutné stanovit požadavky na její kvalitu.

1) snímač (např. piezoelektrický) pro frekvenční rozsah 2 kHz až 1 MHz – je možné řešení se dvěma snímači s překrývajícími se pásmy,
2) předzesilovač - signál ze snímače bude buď ve snímači nebo mimo něj předzesílen o 20 až 40 dB,
3) zesilovač – předzesílený signál bude dále zesílen zesilovačem s možností zesílení 0 – 100 dB a filtrován s nastavitelnou šířkou propouštěcího pásma (např. 30 kHz – 300 kHz v několika krocích pro horní i spodní propust), strmost filtru by měla být min. 18 dB na oktávu,
4) vzorkování – signál ze snímačů po zesílení a filtrování již dosahuje napěťovou úroveň vhodnou k dalšímu zpracování vzorkovačem. Parametry vzorkovače:
   - vzorkovací kmitočet min. 2 MHz (nejlépe 10 MHz),
   - rozlišením min. 8 bitů (256 úrovní),
   - paměť navzorkovaných dat min. 16 MB na kanál,
   - externí i interní spouštění s nastavitelnou úrovní spouštění,
   - přepínatelná vstupní citlivost kanálu 0,1 až 20 V,
   - možnost nastavení ofsetu v celém napěťovém pásmu,
   - ochrana vstupních obvodů proti přetížení.
5) vyhodnocovací software
   - musí být otevřený (lze snadno konfigurovat),
   - musí umět řídit vzorkovací kartu (nastavení počátečních a triggrovacích podmínek, sejmutí naměřených dat z karty, okamžité uložení do paměti a na disk atd.),
   - musí umožňovat ring down (spočítat počet překmitů nad zvolenou úrovní),
   - následné vyhodnocení dalších AE událostí,
   - provedení frekvenční analýzy sejmutého signálu (vybrané části),
   - grafické zobrazení signálu a frekvenčního spektra.
6) připojení karty na PC provedeno některým z moderních způsobů – PCI slot, USB, ethernet,
7) pro laboratorní testování je nutné zajistit komunikaci mezi PC a zkušebním lisem (RS 232, IMS 2, popř. rozšíření PC o kartu A/D převodníku – měří výstupní napětí lisu, které je úměrné vyvozovanému tlaku)
   - možnost dálkového startu/zastavení zvyšování tlaku lisu,
   - získání údajů o čase a okamžité síle lisu.

Následně byl stanoven postup měření. Byly provedeny kalibrační měření a poté i terénní měření.

Výsledky

Laboratorní měření byla zaměřena na studium korelace akustického signálu s korozí výztuže. Analyzován byl jednak signál odezvy na budící impuls a dále signály akustické emise snímané během zatěžování vzorků v tahu za ohybu. V první etapě byla sledována korelace frekvenčních spekter odezvy na budící impuls nezabudované výztuže a to jak nezkorodované, tak i částečně zkorodované. Z výsledků měření byl patrný posun výrazných

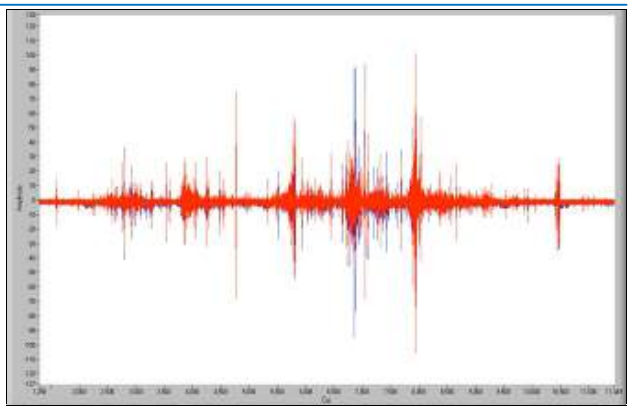
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

frekvenčních složek do pásma nižších frekvencí v případě částečně zkorodované výztuže. Laboratorní měření prokázala korelaci změn ve frekvenčních spektrech se strukturními změnami vyvolanými korozí výztuže. Dobré korelace bylo dosaženo zejména v případě sledování postupující koroze opakovanými měřeními na atypických vzorcích. Byla zkompletována čtyřkanálová sestava pro měření parametrů akustické emise s možností kontinuálního záznamu signálu AE. Sestava byla doplněna komponenty nutnými pro měření v terénu, včetně zdroje elektrické energie - elektrocentrály Měření proběhlo na objektech:

- most 38-062 Havlíčkův Brod (nosníky typu I73 – 10 ks, uloženy na ocelových ložiscích – měřeno před a po rekonstrukci - zvedání mostu, nosníky zůstaly zachovány),
- most 50-017 za obcí Vícemilice (monolitický trámový most o jednom poli, 6 podélných deskových trámů uložených na ocelových ložiscích, na třech místech ztuženy příčníky),
- most 33834-1 Klucké Chvalovice (monolitický vetknutý trámový most o jednom poli se 4 podélnými deskovými trámy).

Rozložení snímačů je patrné z obr. 1. Charakteristický časový průběh signálu je znázorněn na obr. 2.

Obr. 1 Rozložení snímačů.



Obr. 2 Časový průběh signálu.

Závěr

Provedená laboratorní měření prokázala korelaci změn ve frekvenčních spektrech se strukturními změnami vyvolanými korozí výztuže. Při měření mostů složených z nosníků KA a I73 nebyl zjištěn žádný předpjatý nosník, jehož výztuž by byla z hlediska korozního napadení v takovém stavu, aby se projevily výrazné rozdíly při měření těchto nosníků metodou akustické emise. Získané poznatky z přípravy, postupu měření a způsobu vyhodnocení měření byly shrnuty do základních bodů měření metodou AE pro zjišťování stavu ocelové výztuže mostních konstrukcí.

Literatura

[1] ČSN EN 1330-10 (01 5005) Nedestruktivní zkoušení – Terminologie - Termíny používané při vizuální kontrole.

[2] ČSN EN 13477-1 (01 7090) Nedestruktivní zkoušení – Akustická emise - Charakterizace přístrojů - Část 1: Popis přístrojů.

[3] ČSN EN 13477-2 (01 7090) Nedestruktivní zkoušení – Akustická emise - Charakterizace přístrojů - Část 2: Ověřování pracovní charakteristiky.

[4] ČSN EN 13554 (01 5081) Nedestruktivní zkoušení – Akustická emise - Všeobecné zásady.

[5] ČSN EN 473 (01 5004) Nedestruktivní zkoušení - Kvalifikace a certifikace pracovníků nedestruktivního zkoušení - Všeobecné zásady.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VYUŽITÍ FLUIDNÍCH POPÍLKŮ JAKO SUBSTITUČNÍHO MINERÁLNÍHO MATERIÁLU V PODKLADNÍCH VRSTVÁCH VOZOVEK

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Jakub Šedina (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V rámci zvyšování využitelnosti fluidních popílků v dopravním stavitelství byla pozornost zaměřena na možnosti substituce nevhodného materiálu (jílovitý písek) fluidním popílkem, a to v množství maximálně 50 %. Současně s tím byla posouzena možnost formulace kompozitní směsi konstrukční podkladní vrstvy, která by obsahovala dříve cementem stmelený materiál, jenž je v rámci konce jeho životnosti recyklován společně s popílkem ve dvou úrovních dávkování popílku. V neposlední řadě je pro jednu z těchto kombinací zvoleno řešení dvou alternativ cementem stmelených směsí, kde je pro snížení rizika bobtnání a omezení negativního účinku vody a mrazu do směsi přidáváno vhodně zvolené hydrofobizační činidlo. Na jednotlivých variantách vedle Proctorovy zkoušky byly provedeny zejména pevnostní zkoušky po 28 dnech zrání, jakož i následně zmrazovací zkoušky pro posouzení míry zhoršení pevnostních charakteristik vlivem vlastností popílku a účinků vody a mrazu.

Oblast použití

Způsoby využití vyššího podílu popílku v konstrukčních vrstvách dopravních staveb mají bezprostřední využití jak při realizaci novostaveb, tak i při recyklacích. V prvním případě je toto potenciální způsob, jak v lepší míře využít lokálně dostupné materiály (např. nevhodné nebo podmínečně vhodné zeminy) nebo popílkem substituovat dovoz větších objemů dražších přírodních surovin (vhodné zeminy nebo kamenivo nejen pro podkladní vrstvy vozovek, ale i železničních spodků). V oblasti recyklace se jedná zejména o dnes poměrně rozšířené recyklační technologie prováděné na místě za studena, kdy možnost substituovat část chybějícího materiálu nebo pojiva popílkem může být ekonomicky efektivní řešení. Pokud navíc dojde k nalezení a ověření technické varianty, kde je eliminováno nebo na nízkou míru minimalizováno riziko bobtnání či ztráty pevnosti konstrukční vrstvy v důsledku opakovaného účinku vody a mrazu, potom jsou takové varianty konstrukčních materiálů poměrně dobrým řešením při další obnově a rozvoji sítě dopravní infrastruktury a to s ohledem k dostupnosti velkého množství tohoto materiálu. Poznatky jsou tedy využitelné jak z pohledu producentů popílků v čele se skupinami ČEZ a EP, tak i pro zhotovitele dopravních staveb. Současně se tím otevírají možnosti dalšího aplikovaného výzkumu při zvyšování efektivity a technických parametrů takových řešení.

Metodika a postup řešení

Řešení problematiky lze v zásadě rozdělit na dvě oblasti. V prvním případě byla posouzena možnost substituovat část nevhodného jemně zrnitého materiálu fluidním popílkem z tepelné elektrárny Ledvice, a to včetně posouzení charakteristik materiálu (jílovitého písku) bez přítomnosti popílku. Současně s tím byla ověřována možnost mísení tohoto fluidního popílku s cementovou stabilizací, která byla odstraněna nebo plně recyklována v rámci modernizace dálnice D1, úsek 9. V praxi byla tato stabilizace zčásti odfrézována a zčásti byla na místě recyklována se štěrkopískovou ochrannou vrstvou. Pro budoucí etapy modernizace tak je provedeným posouzením ověřována možnost odfrézovanou stabilizaci dále účinně kombinovat s fluidním popílkem. Ve všech případech provedených návrhů variant stmelených směsí byl samotný zrnitý materiál (jíl či stabilizace) stmelen 6 %-hm. resp. 3 %-hm. cementu. Očekávaná výsledná pevnost materiálu měla odpovídat minimálně třídě SC C3/4 nebo SC C5/6. Ve druhém případě prováděných experimentů byla jedna z variant obsahující i fluidní popílek doplněna o dvě zvolené chemické přísady, jejichž cílem by mělo být zlepšit odolnost směsi proti účinkům vody, tedy materiál účinně hydrofobizovat. Hlavním porovnávacím kritériem byla pevnost v prostém tlaku provedená po 28 dnech zrání na válcových zkušebních tělesech, kde bylo v předstihu Proctorovou zkouškou optimalizováno množství přidávané vody. Jako přísady byly použity:

TerraSil [1], který je definován jako 100% organická přísada rozpustná ve vodě. Pomocí siloxanové vazby (Si-O-Si) vznikne na povrchu zrn zeminy velmi tenká prodyšná membrána, která je

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

velmi stabilní, chemicky odolná a zároveň plní hydroizolační funkci a omezuje tak vnikání vody do vzorku.

UPD [2] je chemická přísada rozpustná ve vodě. Příznivě ovlivňuje prostředí v zemině a spolupůsobí s cementem. Výsledkem je vrstva velmi odolná vůči působení vody. Pomocí výměny iontů přísada neutralizuje nežádoucí látky v zemině a zároveň zabraňuje pronikání vody do zeminy. Umožňuje tak zpracovat širokou škálu zemin, a to i zemin chemicky znečištěných, které by jinak nenašly dalšího využití.

Výsledky

Pro směsi, kde byla posuzována pouze použitá zemina stabilizovaná cementem, byly vedle 28denních pevností prováděny pevnosti i po 7 a 14 dnech. Tyto výsledky zde nicméně nejsou prezentovány. Z hlediska pevnostních charakteristik po 28 dnech je patrné dosažení velmi nízkých hodnot. Při substituci cementu ternárním pojivem na bázi popílku (Sorfix) tyto pevnosti dále klesaly, přičemž mnohem dramatičtější pokles je patrný pro výsledky zkoušky zmrazování.

Tab. 1 Posuzované varianty stmelených směsí.

Posuzovaná varianta	Poměr složek	Přísada
Písčitý jíl + 3% cementu	-	ne
Písek s jemnozrnnou zeminou (6% cementu)	-	ne
Písčitý jíl + 6% Sorfix	-	ne
Popílek + jílovitý písek	50:50	ne
Popílek + cementová stabilizace	50:50	ne
Popílek + cementová stabilizace	25:75	ne
Cementová stabilizace	-	ne
Popílek + cementová stabilizace	50:50	TerraSil
Popílek + cementová stabilizace	50:50	UPD

Při posouzení možné substituce jílovitého písku či původní cementové stabilizace popílkem se ukazuje, že z hlediska pevnostních charakteristik je lepšího efektu dosaženo v případě kombinace s jílovitým pískem. Zde navíc nebyl zaznamenán pokles pevnosti vlivem zmrazování. Ve druhém případě je velmi dobře patrný význam popílku, kdy s jeho rostoucím množstvím ve směsi se zvažovala výsledná pevnost, a to i z hlediska sledovaného poklesu pevnostní charakteristiky v důsledku cyklického účinku vody a mrazu (10 cyklů).

Při aplikaci přísad TerraSil a UPD se výrazně projevil jev, na který jsme již dříve upozorňovali, a sice negativní ovlivnění hydratace po přidání přísad. TerraSil v tomto ohledu vychází hůře s poklesem pevností o 50 % oproti směsi bez přísady, je zde i velký rozptyl výsledků. V případě UPD je pokles pevnosti oproti variantě bez přísady jen 10 %. Pro zmrazování je zajímavý vliv popílku, kdy oproti předpokladu se stoupajícím poměrem popílku vychází odolnost vůči mrazu a vodě příznivěji.

Tab. 2 Výsledky zkoušek pevnosti v tlaku a účinků zmrazování.

Posuzovaná varianta	Pevnost v tlaku (MPa)	Pevnost po zmrazovacích cyklech (MPa)	Pokles pevnosti
Písčitý jíl + 3% cementu	3,69	3,93	1,06
Písek s jemnozrnnou zeminou (6% cementu)	3,14	1,66	0,53
Písčitý jíl + 6% Sorfix	2,05	0,30	0,15
Popílek + jílovitý písek	9,98	10,88	1,09
Popílek + cementová stabilizace	8,67	7,25	0,84
Popílek + cementová stabilizace	7,07	4,05	0,57
Cementová stabilizace	2,23	0,82	0,37
Popílek + cementová stabilizace	4,62	-	-
Popílek + cementová stabilizace	6,57	-	-

Závěr

Z hlediska dalšího posuzování je v současné době ještě ověřována další hydrofobizační přísada na bázi nanotechnologie, která by oproti přísadě TerraSil neměla mít negativní účinek na hydrataci cementu ve směsi, a tudíž by nemuselo dojít k ovlivnění pevnostních charakteristik stmelené směsi. Současně bude ověřena možnost či účinnost povrchové hydrofobizace, tedy nikoli 3D efekt, jak byl dosud zamýšlen. V neposlední řadě bude pro aplikaci s TerraSil ověřena možnost, kdy nejprve dojde k smísení minerálních složek s částí záměsové vody a teprve po promísení bude přidáván zbytek obsahující již zmíněnou přísadu. Současně se předpokládá případné testování varianty, kterou výrobce této přísady disponuje taktéž. V neposlední řadě však bude klíčové ověřit varianty s nejlepšími dosaženými vlastnostmi s jiným typem fluidního popílku (elektrárna Tisová či Hodonín) a s jiným typem méně vhodné či nevhodné zeminy. Pro některé varianty budou následně prováděny i triaxiální zkoušky, které mnohem lépe mohou charakterizovat kohezní a deformační chování směsi.

Literatura

[1] Technické informace společnosti Zydex Industries, http://www.zydexindustries.com.

[2] Technické informace společnosti KTD Group, http://www.keliutiesimas.lt.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VÝVOJ A POSOUZENÍ CRMB POJIVA S VYUŽITÍM AKTIVOVANÉ JEMNĚ MLETÉ PRYŽE A NOVÉHO TYPU KATALYZÁTORU AKH

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Lucie Soukupová (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Problematika efektivního využití a zpracování odpadní pryže je průmyslem sledována již mnoho let. Jednou z oblastí potenciálního využití tohoto materiálu je modifikace asfaltových pojiv pro účely aplikací v silničním stavitelství. Tento způsob využití zejména drcené pryže je dlouhodobě znám a v řadě podob aplikován – dnes zpravidla jako materiál mechanicky drceného odpadu zrnitosti 0-2 mm nebo 0-4 mm. V minulosti se přitom takový materiál přidával jako příměs při výrobě asfaltové směsi do kompozitu kamenivo-asfalt, dnes se upřednostňuje téměř výhradně aplikace do asfaltového pojiva. Dlouhodobou problematikou přitom zůstává dostatečná homogenita modifikovaného pojiva (označeno dále CRMB). Důvodem je vulkanizovaný charakter pryže a přítomnost silných sirných vazeb, které v případě termického rozbití však mají za následek i významnou ztrátu pružnosti materiálu. Cílem aplikace pryže je přitom využít elasticity tohoto materiálu a přesto docílit dostatečné homogenity. Z tohoto důvodu se již více než 5 let v rámci FSv ČVUT v Praze hledají možnosti, jak vhodným principem drcení/mletí a současně aplikací vhodných přísad docílit kvalitativně vysoce hodnotného produktu, který bude mít po určitou dobu dobře zajištěnou stabilitu. Z hlediska pryžového materiálu se využívá spolupráce se společností Lavaris s.r.o. a společných výsledků ukončeného projektu TA02030639, kde byla rozvinuta nová řešení jemného mletí pryže s cílem získat tzv. aktivovaný jemně mletý pryžový granulát/prach. Na druhé straně jsou ověřovány možnosti další stabilizace či aktivace v rámci kompozitu asfalt-pryž s využitím převážně organických katalyzátorů, případně anorganické kyseliny PPA. V roce 2015 byl testován nový (dvousložkový) katalyzátor AKH, jehož přesnější specifikace z důvodu řešení duševní ochrany zatím nemůže být uvedena. Byla navržena řada variant CRMB pojiva s pryží a tímto katalyzátorem a provedeny standardní empirické a následně i funkční zkoušky s cílem posoudit chování, viskozitu i homogenitu nového typu asfaltového pojiva.

Oblast použití

CRmB pojiva představují variantu mezi klasickým silničním asfaltem a polymerem modifikovanými asfalty (PMB). Využití těchto pojiv je účelné především tam, kde očekáváme vyšší užitné chování asfaltových vozovek, aplikace PMB však technicky a ekonomicky není opodstatněná. Rozvíjené varianty CRMB pojiv by měly mít takový charakter, že budou mít stálou kvalitu produktu, nebude docházet k jejich rychlé segregaci a nebudou vyžadovat dodatečná opatření či vybavení na obalovnách. Aplikovány jsou při teplotách a podmínkách obdobných těm pro PMB. Asfalty modifikované pryží jsou obecně známou technologií a to včetně jejich využití v asfaltových směsích. V ČR již byla realizována řada úseků pozemních komunikací, kde asfaltové směsi s takovým pojivem byly použity. Přidanou hodnotou výsledků řešení provedené studie je celkové zlepšení kvality CRMB produktu, který by měl být vyráběn průmyslově jako tzv. ready-to-use asfaltové pojivo s možností zpracovat až 15 %-hm. mleté pryže. Využitelnost v této podobě je ve všech typech asfaltových směsí a výsledek může být aplikován buď výrobcem asfaltového pojiva, nebo výrobcem asfaltové směsi.

Metodika a postup řešení

S ohledem k poznatkům ukončeného řešení projektu TA02030639, na který se v CESTI navazuje, byla využita jako vstupní báze asfaltová pojiva 50/70 a 70/100. Pro tato pojiva jsou dlouhodobě sledovány všechny potřebné charakteristiky. Souběžně s tím byl ve spolupráci se společností Lavaris s.r.o. a VŠCHT Praha identifikován binární katalyzátor pracovně označený AKH. Tento katalyzátor je chemicky popsán a podrobně otestován (není předmětem řešení aktivity v CESTI). Na základě této skutečnosti byl vymezen soubor variant CRMB pojiv. Pro jejich výrobu se standardní směsná odpadní pryž (resp. granulát velikosti 0-6 mm) upravila vysokorychlostním mletím s částečnou aktivací takto získaného materiálu. Jednou z charakteristik této aktivace je i velmi členitá struktura povrchu pryžových částic, což je

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

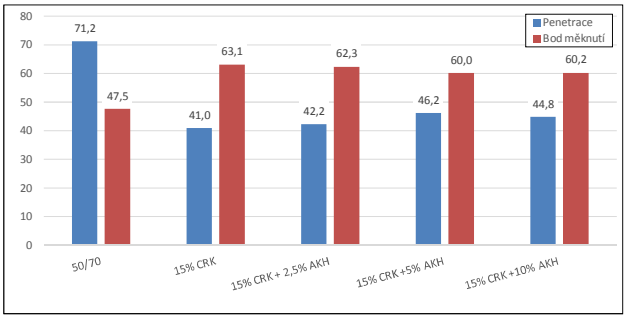
ochráněno příslušným užitným vzorem. Obvyklá velikost částic je 0,0-0,8 mm, přičemž testovány jsou i další varianty, včetně aplikace jiného typu katalyzátoru (K1) nebo anorganické kyseliny PPA. Mletá aktivovaná pryž byla v asfaltovém pojivu přidávána v množství 10-15 %-hm. pojiva, přičemž k vmíchání dochází při teplotě 170-180 °C s dobou míchání minimálně 30 minut při otáčkách > 400 ot./min. Navrženo a testováno bylo 12 variant CRMB pojiva.

Pro vlastní ověřování charakteristik CRMB pojiva byla zvolena sada empirických a funkčních charakteristik. Empirické zkoušky tvoří: stanovení bodu měknutí (ČSN EN 1427), stanovení penetrace jehlou (ČSN EN 1426), stanovení vratné duktility při teplotě 25 °C (ČSN EN 13397), zkouška skladovací stability (ČSN EN 13399). Posuzované funkční charakteristiky představuje: stanovení komplexního smykového modulu G* a fázového úhlu δ při 60 °C a při 40 °C, oscilační zkouška frekvenční sweep pro stanovení G* a δ, zkouška opakovaného namáhání a odlehčení (MSCR) dle ČSN EN 16659 a stanovení dynamické viskozity (ČSN EN 13302).

Výsledky

Dále jsou s ohledem k rozsahu provedených měření prezentovány jen některé výsledky.

Hodnoty penetrace jsou dobře vyrovnané, přičemž nejnižší hodnoty je docíleno v případě pojiva s nejjemnější pryží a současně nejnižší koncentrací aktivačního katalyzátoru. Paradoxně nejvyšší hodnotu pak vykázalo pojivo, kde bylo stejné množství chemického katalyzátoru, avšak byla použita mletá pryž velikosti 0,0-0,8 mm v množství 10 %. Na druhé straně tato skutečnost není nijak překvapivá, pokud vezmeme v potaz, že přítomnost pryže v pojivu snižuje vždy penetraci a tento pokles se zvyšuje s aplikovaným množstvím. Z hlediska množství použitého aktivačního katalyzátoru nebyla pozorována jednoznačná závislost.



Obr. 1 Vliv množství aktivačního katalyzátoru na penetraci a bod měknutí.

V případě bodu měknutí přítomnost drcené či mleté pryže vede k zvýšení hodnoty této charakteristiky, která v porovnání se vstupním pojivem může vést k nárůstu až o 15 °C. Ani v tomto případě se neprokázala jednoznačná závislost mezi množstvím aktivačního katalyzátoru a hodnotou bodu měknutí. Do jisté míry se tento poznatek promítá i do hodnoty penetračního indexu, který při porovnání vlivu pryže stejné zrnitosti (vč. stejného množství a různé koncentrace aktivačního katalyzátoru) nevede k žádné změně penetračního indexu.

Důležitým hlediskem je bezesporu skladovací stabilita, která představuje jednu ze slabin CRMB pojiv. V tomto směru se ukazuje několik poznatků:

- Nefunguje řešení s 2,5 % katalyzátoru.
- Nefunguje řešení, kdy se aplikuje pryž s širším zrnitostním intervalem nebo s velmi jemně mletou pryží do velikosti 0,5 mm.
- Velmi dobře funguje použití až 10 % katalyzátoru, přičemž obdobně v tomto směru měl dobré výsledky CRMB kompozit, kde se katalyzátor nahradil kyselinou PPA. Existují tak varianty skladově stabilního pojiva.
- Při porovnání varianty přimíchání katalyzátoru při procesu mletí nebo odděleně při výrobě CRMB pojiva nebyl shledán rozdíl v hodnotách výsledných charakteristik. Ukazuje se pouze, že při aplikaci 5 % katalyzátoru nevede kombinace použití takto upravené a přísadou doplněné mleté pryže přidávané v množství 10 % do asfaltového pojiva ke skladově stabilnímu produktu.

Tab. 1 Výsledky dynamické viskozity.

Sledované pojivo	Dynamická viskozita @ 6,8 s^{-1}	
	@135°C [Pa.s]	@150°C [Pa.s]
50/70	0,45	0,27
15% $CR_{0,3-0,5}$ +10% AKH	2,69	1,88
15% $CR_{0,3-0,5}$ + 2,5% AKH	3,26	2,21
15% CR_K	4,48	3,18
15% CR_K +10% AKH	3,90	2,89
15% CR_K +5% AKH	4,26	3,39
15% CR_K + 2,5% AKH	4,94	3,75
10% CR_K + 2,5% AKH	1,86	1,20
15% $CR_{0,0-0,8}$ + 10% AKH	3,70	2,56
15% $CR_{0,5-0,8}$ + 10% AKH	2,74	1,85
15% $ARP5AK_{0,0-0,8}$	5,08	4,40
10% $ARP5AK_{0,0-0,8}$	2,30	2,02
70/100 + 15% CR_K + PPA	4,51	3,32

V současnosti intenzivně diskutovaná zkouška opakovaného namáhání a odlehčení vzorku asfaltového pojiva při různých úrovních působícího napětí se považuje za nejvhodnější metodu ověření deformačních charakteristik asfaltového pojiva v oboru vyšších teplot. Uvedené platí zejména pro

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

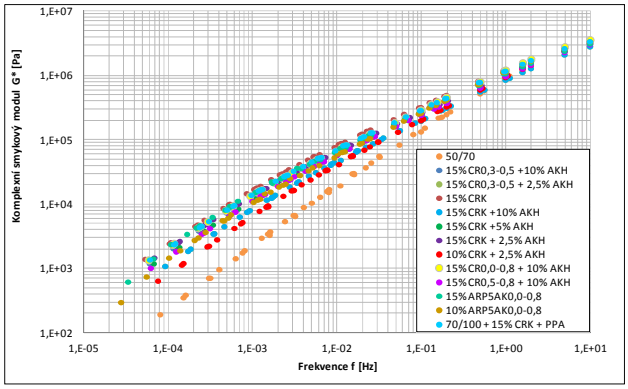
polymery modifikovaná asfaltová pojiva, kam lze ve své podstatě CRMB zařadit taktéž, ačkoli se nejedná přímo o pojivo typu PMB. Klíčovým ukazatelem přitom je nevratná smyková poddajnost (J_{nr}) stanovená po zatížení napětím 0,1 kPa a 3,2 kPa při zvolené teplotě, která v případě posuzovaných variant asfaltových pojiv byla 60 °C.

Tab. 2 Výsledky zkoušky MSCR posuzovaných CRMB pojiv.

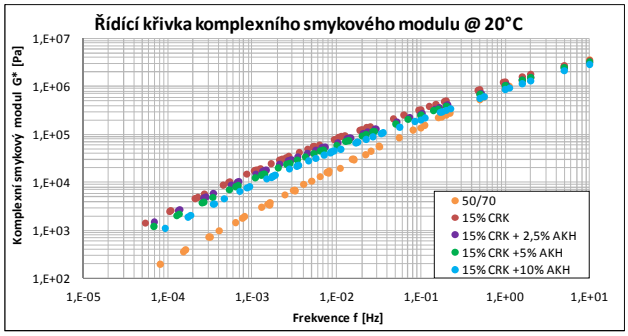
Sledované pojivo	3,2kPa		
	Přetvoření [-]	Elastické zotavení [%]	J_{nr} [kPa^{-1}]
50/70	191,020	0,016	5,969
15% $CR_{0,3-0,5}$ +10% AKH	27,155	5,955	0,849
15% $CR_{0,3-0,5}$ + 2,5% AKH	19,612	7,178	0,613
15% CR_K	19,1015	9,455	0,597
15% CR_K +10% AKH	28,552	7,901	0,892
15% CR_K +5% AKH	23,0335	9,218	0,720
15% CR_K + 2,5% AKH	17,062	11,841	0,533
10% CR_K + 2,5% AKH	43,279	3,271	1,352
15% $CR_{0,0-0,8}$ + 10% AKH	23,531	7,339	0,735
15% $CR_{0,5-0,8}$ + 10% AKH	26,009	7,222	0,813
15% $ARP5AK_{0,0-0,8}$	19,168	10,527	0,599
10% $ARP5AK_{0,0-0,8}$	35,108	5,164	1,097
70/100 + 15% CR_K + PPA	23,009	8,428	0,719

Dle výsledků tabulky 2 se nejlépe chovají varianty asfaltového pojiva, kde není zastoupen žádný katalyzátor, či jeho podíl nepřesahuje 2,5 %-hm. Je zde patrné, že se vzrůstajícím množstvím katalyzátoru se zvyšuje i hodnota J_{nr}. V případě přísady PPA se neprokazuje tak výrazný účinek a v zásadě výsledek odpovídá účinku 5 %-hm. katalyzátoru. Dále je patrné, že množství drcené pryže má vliv na hodnotu nevratné smykové poddajnosti a vyšší množství vede k lepším deformačním charakteristikám. Oproti tomu zrnitost mechanicky aktivované mleté pryže nemá z pohledu zkoušky MSCR v zásadě žádný vliv.

Z hlediska vyhodnocení charakteristiky komplexního smykového modulu je pokročilou analýzou dat oscilační zkoušky s posouzením deformačního chování asfaltového pojiva např. v intervalu teplot 20-60 °C s frekvencemi zatížení z intervalu 0,1-10 Hz aplikace principu superpozice času a teploty se vztažením všech naměřených hodnot k jedné zvolené teplotě, která v případě zde prezentovaných výsledků je 20 °C. Díky této skutečnosti lze dobře a přehledně posoudit deformační účinky jednotlivých pojiv ve velmi širokém intervalu frekvencí, čímž je možné interpretovat různé účinky dopravního zatížení a intenzit, které na materiál v konstrukci vozovky působí. Grafické znázornění, které se v tomto případě používá, se označuje master curve (řídící křivka).



Obr. 2 Řídící křivka komplexního smykového modulu při směrné teplotě 20°C.



Obr. 3 Řídící křivka komplexního smykového modulu při směrné teplotě 20°C (vliv množství katalyzátoru.

Závěr

Na základě provedených experimentálních analýz lze konstatovat, že nový typ aktivačního katalyzátoru má při volbě vhodného množství tohoto činidla přidávaného do kompozitu CRMB pojiva, jakož i při vhodně zvoleném typu jemně mleté mechanicky aktivované pryže, dobrý účinek na výsledné charakteristiky modifikovaného pojiva. Potvrzuje se přitom již v minulosti opakovaně potvrzený poznatek, že vyšší podíl mleté pryže v pojivu vede na jedné straně k vylepšení deformačních charakteristik materiálu, na straně druhé zhoršuje charakteristiku dynamické viskozity, což ale je předpokládaná závislost. Nepotvrdilo se nicméně, že by v tomto případě a při zvolené kombinaci s použitým aktivačním katalyzátorem nebylo možné docílit homogenního a tedy skladově stabilního produktu. Naopak, některé varianty vykázaly hodnoty, kdy rozdíl bodu měknutí po zkoušce skladovací stability nepřesáhl 3 °C. Jednoznačně však vyplynulo, že v porovnání s CRMB pojivem bez katalyzátoru po jeho přidání dochází ke zlepšení homogenity, především v případě, kdy je dávkováno 5-10 %-hm. tohoto činidla.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

KONTROLA, MONITORING A ÚDRŽBA DRENÁŽNÍCH SYSTÉMŮ

Zpracovali: Ing. Jiří Jedlička, RNDr. Jiří Huzlík (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

Byla shrnuta a popsána kontrolní a nápravná opatření, která je nutno provádět k zajištění správné funkce drenážních systémů. Nejčastějším důsledkem špatné funkce drenážních systémů (DS) jsou různé poruchy na povrchu vozovky, zejména na dilatačních spárách CB vozovek nebo krytech AB vozovek. Vzhledem k tomu, že zanesené drenážní vrstvy či filtry nelze čistit a je třeba je vyměnit, bývají rozsahy oprav poměrně velké. Často je nutné provést celkovou rekonstrukci vozovky či podélné drenáže.

Oblast použití

Stanovení postupu kontroly, monitoringu a údržby drenážních systémů je významným krokem k budoucí úspoře finančních prostředků na řešení následků nefunkčnosti systému. Zde je jednoznačný přínos pro správce komunikací.

Metodika a postup řešení

Už v době zpracování projektu by měla být k dispozici šetření o zemních podmínkách, které mohou ovlivnit návrh DS i jeho funkčnost. Tyto údaje jsou nezbytné zejména pro stanovení požadavků na filtrační kritéria filtračních vrstev, návrh konstrukčních opatření k minimalizaci tvorby usazenin všeho druhu či výběr materiálů umožňujících předpokládané čištění bez poškození.

Údržba představuje tento sled kroků: kontrolu, návrh opatření k odstranění závad, odstranění závad, případně opatření k předcházení závad. Tyto kroky byly přiřazeny pro jednotlivé typy využití drenáží.

Krajnice, přilehlý svah, příkop

- *Kontrola stavu krajnice*. Správnému odtoku může být bráněno nahromaděním posypového materiálu, materiálu z čištění silnic nebo travním drnem. Voda pak zasakuje za hranu zpevněné konstrukce nebo dochází k vymílání. V oslabeném místě pokračuje eroze směrem do konstrukce, zvětšuje se narušení krytu a vrstev vozovky nebo přilehlého svahu. Při kontrole svahu se doporučuje zkontrolovat funkčnost/účinnost plošné drenáže – stav na výchozu propustné vrstvy do svahu, případné její nadměrné překrytí zeminou.
- *Odstranění závad krajnice.* Doporučuje se úprava krajnice snížením 3 cm pod povrch krytu vozovky a do požadovaného sklonu (6 %). Pro úpravu do hloubky (náhrada materiálu) je vhodný vícefrakční materiál (0 – 16 mm) s malým podílem nepropustné zeminy (frakce nižší než 0,063 mm). Včasná nenáročná oprava malé závady na krajnici zabrání nákladné a rozsáhlé opravě krajnice, svahu nebo i okraje vozovky včetně jejího krytu.
- *Kontrola přítomnosti překážek v profilu příkopu a u vpustí.* Je nutné kontrolovat přítomnost cizích předmětů a nánosů splavenin, narušení zpevnění příkopů a jiných svodů vody, narušení činností jiných subjektů v předmětném prostoru. Kontrola přítomnosti a nepoškozenosti mříží, poklopů, vpustí, usazovacích jímek a šachet.

Drenážní systém

- Min. 1x ročně by měla proběhnout kontrola funkčnosti drenážních prvků (nejlépe po delších či vydatnějších srážkách), další kontroly jsou vhodné při projevech nefunkčnosti či po extrémních srážkách.
- Kontrola prostupnosti výtoků a vtoků drenáží. Pro usnadnění kontroly se doporučuje vyústění vhodně označit.
- Kontrola další trati odtoku až k recipientu.
- Kontrola možného vzrůstu dřevin v blízkosti trasy drenáže (ohrožení prorůstáním kořeny). Bezpečná vzdálenost vzrostlých, hluboce kořenících dřevin je 5 m.
- Kontrola tělesa vozovky a přiléhajících svahů se zaměřením na projevy anomálií v chování násypu či zářezu, projevů signalizace skrytých či budoucích poruch (mokřiny, vývěry vody, absence výtoků), poruchy v zemním tělese (poklesy, nerovnoměrné sedání, vyboulení svahu, trhání svahu aj.), poruchy krytu, „pumpování“ vody ve spárách aj.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

- Kontrola průchodnosti drenážních šachet.
- Kontrola funkce zasakovacích zařízení.
- Kontrola při událostech, které by mohly ovlivnit funkčnost drenážního systému či znečištění vod.
- Opatření a úpravy vyplývající ze zhodnocení výsledků kontroly – může být případně navržena doplňková zkouška, měření či speciální prohlídka. Po vyhodnocení následuje odstranění poruch, čištění a úklid, úpravy; samostatně pak čištění šachet a drenážního potrubí.
- Čištění šachet a drenážního potrubí – buď na úrovni čištění dna/usazovacího prostoru šachet, případně i proplachu drenážního potrubí.
- Při zjištěné sintraci potrubí – vysokotlaké čištění, příp. i mechanicky kartáčovací hlavicí či frézami (musí být dostatečná odolnost trubek vůči zvolenému způsobu čištění). Pokud nelze odstranit usazeniny mechanickým způsobem, je možno použít chemické metody.

Mosty

- Odvodňovací trubičky – zásadní je provedení detailu zaústění při prostupu přes konstrukci.
- Důležitá je kontrola zejména při dozoru, přejímce prací od zhotovitele.
  - Detaily správného osazení při betonáži (průchodka betonovou mostovkou v nejnižším místě, bez přesahu v přelivné hraně, utěsnění, kontrola znečištění, kontrola průchodnosti).
  - Detaily vyústění pod mostovkou (délka přesahu, seříznutí).
- Drenážní plastbeton – kontrola při výstavbě, dodržení předepsaných hodnot a technologického postupu v souladu s TKP 18.
- Kontrola v provozu může zahrnovat sledování funkčnosti drenážního systému mostu, případně vývoje výtoku z trubiček v čase – zejména zásadní snížení výtoku z trubiček může být signálem zamezení odtoku.
- kontrola a následně případně oprava zálivek na styku krytu a zejména betonu římsy a obrubníku.
- Plošná drenáž (za opěrou) – kontrola při výstavbě a přejímce prací od zhotovitele (v souladu s Přechody na mostech)
- Kontrola v provozu zahrnuje kontrolu výtoku z drenážních trubiček, projevů sintrování, zanesení či zamezení výtoku (přesypáním apod.) podobně jako u výtoků z DS vozovek.

Výsledky

Výsledkem činnosti je identifikace příčin vzniku poruch drenážních systémů. Výsledky budou využity pro aktualizaci příslušných oddílů technických předpisů a správně-provozní praxi.

Závěr

Byly identifikovány příčin vzniku sintrů a dalších překážek zamezujících řádné funkčnosti drenážních systémů. Díky modernizaci přístrojového a zkušebního zařízení pro simulaci funkčnosti drenážních systémů (Laboratorní geotechnické zkušební pole) byly identifikovány další oblasti, kterým je potřeba věnovat pozornost. Jedná se především o katalog poruch, možnosti opatření pro zamezení sintrací či jejich následné „šetrné“ odstranění. Řešení těchto aktivit se předpokládá v následujících dvou letech.

Literatura

[1] Langelier and Aggressive Indices. Method 8073 Last Updated: December 19, 2014. Dostupné z: <http://www.env.gov.nl.ca/env/waterres/quality/drinkingwater/langlier.html>

[2] Leitz, F., Guerra, K. Water Chemistry Analysis for Water Conveyance, Storage, and Desalination Projects. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Denver, Colorado. 2013. Dostupné z: <http://www.usbr.gov/pmts/water/publications/reportpdfs/WQeval_documentation.pdf>

[3] Saxer, A. Ausbildung und Instandhaltung von Tunnelentwässerungen. Richtlinie. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik. Wien 2009. 98 s.

[4] Niedersächsische Landesamt für Bodenforschung: Stellungnahme zu nen in den Entwässerungsleitungen des Leinbuschtunnels und des Kriebergtunnels auftretenden Versinterungen. Deutsche Bahn AG, Geschäftsbericht Netz, Regionalbereich Hannover, 1996 – Analysebericht NRT 3 Wü lt/1733, Arch. 114959, Tageb. 432/96, unveröffentlicht.

[5] Gamisch, T., Girmscheid, G. Versinterungsprobleme in Bauwerkentwässerungen. Bauwerk Verlag GmbH. Berlin 2007. 665 s. ISBN 978-3-89932-170-8.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

KONTAMINACE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V OKOLÍ KOMUNIKACÍ

Zpracovali: Doc. Petr Anděl CSc., RNDr. Jiří Huzlík , Mgr. Jika Hegrová, PhD.

Souhrn

Koncepce řešení dílčího cíle vychází ze zadání projektu. Předkládaná zpráva je dílčí zprávou řešení projektu za rok 2015 a zaměřuje se na rozbor koncepce řešení, přehled modelových oblastí a lokalit a příklady dosud získaných výsledků.
Pro celkové hodnocení vlivu komunikací na životní prostředí je třeba zaměřit se na tři základní zdroje kontaminace:
- emise výfukových plynů,
- chemickou zimní údržbu (solení),
- obrusy materiálů z aut a ze zařízení (jako zdroj při hodnocení resuspenze).

V roce 2015 se postup řešení přesunul od malého počtu modelových oblastí s vysokou podrobností průzkumu (řešených v roce 2014) po větší počet oblastí se střední podrobností. Hodnoceno bylo 16 oblastí s používáním pouze základních transektů. Následovat bude v roce 2016 velký počet lokalit se stanovováním pouze několika klíčových ukazatelů. Celkový počet analyzovaných vzorků půd přesáhl 300 vzorků. Chemické analýzy se zaměřily na komplexní popis vzorků z pohledu anorganického, organického a toxikologického. Ve vzorcích půd upravených dle příslušných postupů a norem [1,2,3] byly stanoveny obsahy rizikových prvků a persistentní organické látky, především polycyklické aromatické uhlovodíky. Toxikologická analýza doplňuje získané výsledky, jež ukazují na místa zatížena dopravou, na distribuci prvků ve zvolených oblastech a rozsah kontaminace.

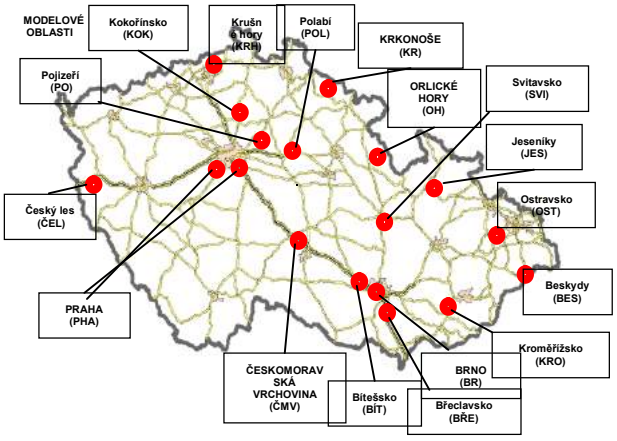
Oblast použití

V rámci pilotní části byly analyzovány vzorky z širokého spektra technických a ekologických podmínek, které umožnily upřesnit metodiku pro systematický podrobný průzkum v roce 2015. Tento podrobný výzkum zahrnující oblasti v celé české republice nám poskytuje ucelený přehled o distribuci chemických látek v životním prostředí. Nové poznatky poslouží jako podklad po další zkoumání vlivu dopravy na životní prostředí, možnosti eliminace tohoto vlivu a snížení kontaminace.

Metodika a postup řešení

1. Odběr vzorků - zaměření na pokrytí celé ČR – různé typy lokalit (obr.1)

Plán odběru vzorků je uspořádán hierarchicky a zahrnuje tyto části:
a) oblast
b) lokalitu (transekt)
c) odběrové místo
Základní odběrové schéma na lokalitě = 3 vzorky: (V) prach z okraje vozovky, (K) krajnice – 1 m od konce zpevněné plochy, (E) ekoton – okraj navazujícího biotopu.



Obr.1: přehled lokalit pro odběr vzorků

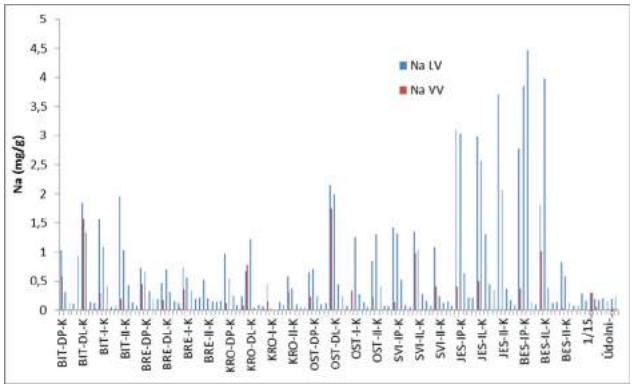
2. Příprava vzorků k analýze dle postupů [1,2,3,4,5]
-mechanická úprava vzorků (sušení, sítovaní, mletí)
- prvková analýza (vodní a lučavkový výluh)
–organická analýza (extrakce v dichlormetanu)
- toxikologie (vodní výluh)
- doplňkové analýzy – pH, CEC, Corg
3. Analýza vzorků metodami ICPMS a GCMS, toxikologickými testy a titracemi, zpracování výsledků.

Výsledky

Komplexní analýza vzorků půd poskytuje souhrnný přehled o vlivu dopravy na životní prostředí, distribuci prvků v půdě. Výsledkem prací letošního roku je rozsáhlý soubor dat, jež prezentuje závislost kontaminace prostředí vybranými prvky a polycyklickými aromatickými uhlovodíky v okolí komunikací. Společně s výsledky získanými v roce

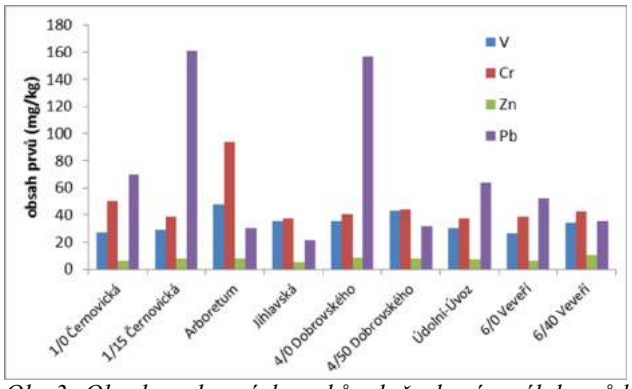
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

2014 poskytuje databáze výsledků ucelený přehled obsahů hledaných látek v celé České republice.
Jako ukázka jsou na obr. 2,3, uvedeny průměrné koncentrace vybraných kovů. Obsahy sodíku vykazují vyšší koncentrace v oblastech mimoměstských, např. na Jesenicku či Beskydech, kde obsah sodíku byl mnohem vyšší a to ve vzdálenosti 0m a 5 m od komunikace a v dalších vzdálenostech postupně klesal. Tím se potvrdila, jeho nízká míra mobility v půdě a jeho zadržování v blízkosti vozovky.



Obr. 2: Obsah sodíku ve vodním (VV) a lučavkovém (LV) výluhu ve vybraných lokalitách

Obsahy vybraných prvků olovo, vanad, chrom a zinek jsou ve vybrané lokalitě Brno znázorněny na obr.3. Ve všech případech jde o místa s vysokou intenzitou dopravy, z toho důvodu je distribuce vybraných prvků velmi podobná. Výjimkou je obsah olova, jež je ve dvou místech vyšší stejně tak jako obsah chromu.



Obr.3: Obsahy vybraných prvků v lučavkovém výluhu půd v lokalitě Brno.

Výsledky uvedené na předložených grafech dokumentují základní očekávané tendence:

- koncentrace Na ve výše položených oblastech jsou vyšší z důvodu dlouhotrvající zimy v roce 2015 a delšímu solení.
- jednoznačně nejzatíženějším sektorem je krajnice.
- V případě některých prvků (Pb, Cr), jejichž přirozený obsah v půdě je nízký a jejich zdrojem je tedy doprava, dochází k jejich kumulaci v daném místě.

Toxikologická analýza byla provedena u vybraných vzorků (z každé lokality u vzorku odebraného u krajnice). U provedených toxikologických analýz (test na zelené řase, sladkovodním korýši a hořčici) nebyla ve většině případů pozorována inhibice uvedených organismů, v případě hořčice a řasy docházelo naopak ke stimulaci růstu. Pouze u vzorku z lokality Ostrava byl prokázán výrazný inhibiční efekt.

Analýza PAH (polycyklické aromatické uhlovodíky) prokázala vysoké koncentrace těchto uhlovodíků, převážně Benzo-a-pyrenu ve všech odebraných vzorcích, nejvyšší koncentrace jsou přítomny ve vzorcích pocházejících od dálnice D1.

Závěr

Řešená problematika v roce 2015 plynule navazuje na výsledky získané v roce 2014. Výsledná databáze je zdrojem cenných infomací o vlivu dopravy na živoní prostředí. Výsledky jsou statisticky zpracovány pomocí statistického softwarového balíku QC.Expert™[6].
V roce 2016 bude sledováno velké množství lokalit se zaměřením na vybrané ukazatele.

Literatura

[1] ZBÍRAL, Jiří. *Analýza půd: jednotné pracovní postupy*. Vyd. 3., rozš. a přeprac. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2011, 230 s. ISBN 9788074010408.

[2] ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT (CNI). 2006. ČSN EN 12457-4. *Charakterizace odpadů – Vyluhování – Ověřovací zkouška vyluhovatelnosti zrnitých odpadů a kalů*. Praha.

[3] INTERNATIONAL STANDARD (ISO). 1995. ISO 11466. *Soil quality – Extraction of trace elements soluble in aqua regia*. Switzerland.

[4] Metodický pokyn odboru odpadů ke stanovení ekotoxicity odpadů.Věstník MŽP, ročník XVII, částka 4, duben 2007.

[5] BOZEK, F., HUZLIK, J., PAWELCZYK, A., HOZA, I., NAPLAVOVA, M., JEDLICKA, J. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Adsorption on Selected Solid Particulate Matter fractions. *Atmospheric Environment.* 2016, Vol. 126, p. 128-135. ISSN: 1352-2310. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2015.11.018

[6] KUPKA, K. *QC.Expert. Interaktivní statistická analýza dat*. [Uživatelský manuál]. Pardubice, 2010, 310 pp.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ADSORPCE POLYCYKLICKÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ NA VYBRANÝCH FRAKCÍCH TUHÝCH ČÁSTIC

Zpracovali: Ing. Jiří Jedlička, RNDr. Jiří Huzlík (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

V roce 2015 byly aktivity zaměřeny na hodnocení poměru zachycených polycyklických aromatických uhlovodíků (PAHs) na částicích PM2.5-10 a PM2.5. Ve třech týdenních a jedné dvoudenní kampani byly paralelně odebrány vzorky ovzduší 22 párových frakcí PM10 a PM2.5 v pražském tunelu Mrázovka. Koncentrace individuálních PAHs byly po úpravě vzorků k měření stanoveny plynovou chromatografií v kombinaci s hmotnostní spektrometrií.

Oblast použití

Získané poznatky budou sloužit jako podklad pro návrh metodiky pro podporu rozhodování v oblasti řízení dopravy ve vazbě na kvalitu ovzduší.

Metodika a postup řešení

Odběr vzorků z ovzduší byl realizován po dobu 24 hodin středněobjemovým vzorkovačem Leckel MVS6 znázorněným na obr. 1. Částice byly zachyceny na filtru z křemenných vláken s průměrem filtru 47 mm (Milipore). Před odběrem byly filtry vyžíhány při teplotě 400°C, aby se odstranily organické látky, jež by mohly negativně ovlivnit výsledky analýz. K odběru bylo použito dvou vzorkovacích zařízení s různými průměry trysek, což dovolilo zachytit částice dvou různých aerodynamických průměrů. Po ukončení operace byly filtry se vzorky přeloženy exponovanou stranou k sobě, zabaleny do Al-fólie, poté vloženy do polyethylenového sáčku se zipovým uzávěrem a umístěny do chladicího boxu. Po převozu do laboratoře byly vzorky do doby analýzy uchovávány v mrazničce při teplotě 18°C.

PAHs zachycené na filtru byly extrahovány dichlormethanem o čistotě pro reziduální analýzu (Chromservis, Česká republika) v kapalinovém extraktoru fexIKA® vario control (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Německo). Extraktor zobrazený na obr. 2 pracoval na principu fluidizied bed extraction. Extrakce probíhala za cyklicky se měnící teploty. V průběhu zahřívání se rozpustily PAHs adsorbované na filtru a během chladicí periody se vlivem vzniklého podtlaku extrakt nasál zpět do varné nádobky. Pórovitost vnitřního filtru FF1 aparatury činila 10-20 µm. Po každé extrakci byla zařazena čistící fáze extraktoru. Získaný extrakt byl zahuštěn stripováním dusíkem kvality N5 (SIAD S.p.A., Itálie) při teplotě 40 °C a tlaku proudu dusíku 10 – 20 psi na objem 1 ml v zařízení TurboVap II (Zymark, USA) znázorněném na obr. 3. Zahuštěný extrakt byl převeden na zhruba 2 g suchého předčištěného silikagelu 60/80 (Merck, Německo), který byl žíhán tři dny při 400 °C a před použitím sušen 3 hodiny při 160 °C.

Obr. 1 Středněobjemové čerpadlo.

Obr. 2 Extraktor fexIKA® Vario control.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 3 Zahušťovací zařízení TurboVap II.

Koncentrace PAHs byly stanoveny plynovou chromatografií (GC) v kombinaci s hmotnostní spektrometrií (MS) s využitím zařízení Shimadzu QP2010, které je znázorněno na obr. 4. K rozdělení PAHs v závislosti na jejich afinitě k zakotvené fázi sloužila GC křemenná kapilární kolona DB-EUPAH s vnitřním průměrem 0,25 mm, u níž je deklarováno podrobnější rozdělení PAHs než u stávajících běžně užívaných kolon. Zakotvená fáze o tloušťce vrstvy 0,25 µm je patentována firmou J&W [28]. Jako nosného plynu bylo použito helia kvality He 6.0, SIAD S.p.A., Itálie. V kvadrupólovém detektoru MS, kam z GC kolony jednotlivé PAHs postupně přicházely, se nárazem elektronu molekuly PAHs fragmentovaly a současně ionizovaly, přičemž dráha nabitých částic se zakřivila úměrně intenzitě magnetického pole kvadrupólu. Výsledkem bylo hmotnostní spektrum, jehož intenzita je úměrná koncentraci každého PAH ve vzorku a profil (daný poměrem M/z jednotlivých peaků) charakterizující jeho identitu. Každý PAH bylo tedy možné identifikovat jednak na základě hmotnostního spektra a jednak na základě retenčního času, za nějž prošel kolonou.

Obr. 4 Přístroj GC/MS Shimadzu QP2010.

Výsledky

Zkoumaná korelace v případě dibenz[a,h]anthracenu ($p \approx 8.12\times10^{-3}$), pyrenu ($p \approx 2.09\times10^{-3}$) a benzo[ghi]perylenu ($p \approx 8.27\times10^{-3}$) byla shledána jako statisticky vysoce významná (s**) a pro indeno[1,2,3-cd]pyrene jako významná (s*) s pravděpodobností $p \approx 5.00\times10^{-2}$. Výjimku tvoří pouze acenaphthylen ($p \approx 7.66\times10^{-2}$) a acenaphthen ($p \approx 7.14\times10^{-1}$), u nichž je zmíněný druh závislosti statisticky nevýznamný (ns). Tuto anomálii lze vysvětlit tím, že naměřené koncentrace zmíněných uhlovodíků se pohybují v okolí meze stanovitelnosti, mnohdy i pod ní, kde je chyba měření vyšší. Z výše uvedených zjištění je logické, že také sumární koncentrace PAHs vázaných na částice PM10 a PM2.5 vykazuje statisticky vysoce těsnou korelaci (s***) odpovídající $p \approx 1.10\times10^{-6}$.

Závěr

Z důvodů nejednotnosti výsledků prezentovaných v odborné literatuře byl vyšetřován poměr adsorbovaných PAHs, včetně jejich sumy na částicích PM2.5-10 a PM2.5. Hodnoceno bylo sumárně 16 prioritních PAHs dle U.S. EPA a dalších 8 PAHs podezřelých z pravděpodobné karcinogenity pro člověka. V příspěvku jsou prezentovány výsledky výhradně pro 16-PAHs, byť obdobné závěry byly zjištěny i v případě ostatních 8 uhlovodíků. Koncentrace singulárních párů každého PAH byly testovány neparametrickou metodou Spearmanova koeficientu pořadové korelace. Na hladině významnosti $p \approx 0.01$ bylo prokázáno, že všechny individuální PAH, včetně jejich sumy, jsou vázány na frakci PM2.5. Výjimku tvořil acenaphthylene a acenaphthene, patrně proto, že se jejich koncentrace pohybovaly v okolí meze stanovitelnosti, kde lze očekávat vyšší chybu měření.

Literatura

[1] Di Filippo, P. et al. Concentrations of PAHs, and Nitro- and Methyl- Derivatives Associated with a Size-Segregated Urban Aerosol, Atmospheric Environment, 2010, Vol. 44, No. 23, pp. 2742-2749.

[2] United States Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Documentation of 7-PAH and 16¬-PAH National Emission Estimates. Appendix B. Washington, D.C.: U.S. EPA, 1998, p. B-2.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

DATABÁZE NOVÝCH A PROGRESIVNÍCH DIAGNOSTICKÝCH METOD SE VZOROVÝMI PŘÍKLADY JEJICH UPLATNĚNÍ

Zpracovali: Ing. Josef Stryk, Ph.D., Ing. Radek Matula, Ing. Ilja Březina, Ing. Michal Janků, Ing. Aleš Frýbort (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.); Ing. Filip Eichler, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. Miroslav Novák (SDS EXMOST spol. s r.o.), Ing. Tomáš Matějka (CONSULTEST s.r.o.)

Souhrn

V roce 2015 se ověřovaly možnosti následujících metod: vysokorychlostní deflektometr (TSD), termografie, georadar (GPR) v kombinaci s rázovým zařízením FWD a skenovací elektronový mikroskop (SEM) v kombinaci s EDX analyzátorem.

Byly vytvořeny 3 metodiky pokrývající výše uvedené i další NDT metody.

Oblast použití

Vysokorychlostní deflektometr (TSD) může být po dostatečném ověření jeho přesnosti využit při hodnocení únosnosti vozovek na úrovni sítě (měření za vysokých rychlostí).

Nasazení termografické metody v kombinaci s dalšími metodami může přinést zpřesnění a zrychlení diagnostiky objektů dopravní infrastruktury.

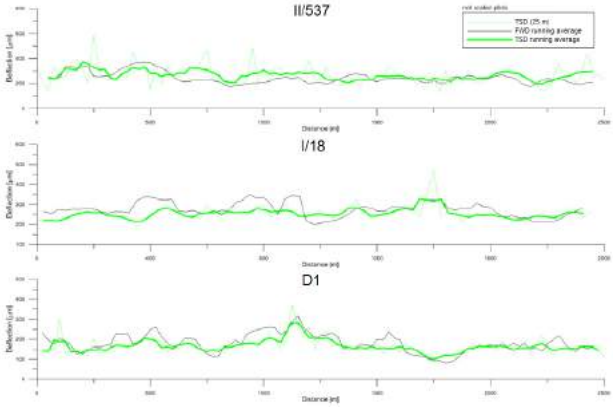
Při diagnostice georadarem se stále vyskytují nejasnosti týkající se možností jejího uplatnění a dosahovaných přesností pro konkrétní aplikace.

Kombinace zařízení SEM a EDX bude v roce 2016 použita pro potřeby ŘSD při diagnostice stupně napadení cementobetonových krytů na dálnicích.

Metodika a postup řešení

Vysokorychlostní deflektometr (TSD):

- provedení druhého srovnávacího měření mezi rázovými zařízeními FWD (Rodos, Kuab, Dynatest) a TSD ve vlastnictví polského výzkumného ústavu IBDiM na Slovensku v červnu 2015, viz výsledky uvedené na obr. 1,
- analýza dat pod supervizí výrobce TSD, dánské firmy Greenwood Engineering A/S,
- vypracování rozborové úlohy pro Slovenskou správu ciest na téma možného využití zařízení TSD při hodnocení únosnosti vozovek na síťové úrovni,
- naplánování nového experimentu pro ověření uplatnění TSD při hodnocení únosnosti vozovek na síťové úrovni v ČR.



Obr. 1 Výsledky srovnávacího měření mezi zařízením FWD a TSD.

Termografie:

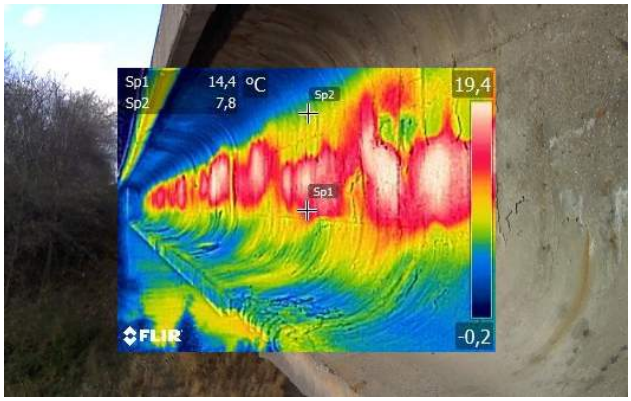
- zprovoznění měřicího vozidla (obr. 2) osazeného termokamerou pro kontinuální záznam, digitální HD kamerou a snímačem GPS,

Obr. 2 Termografie – měřící vozidlo osazené termokamerou pro kontinuální záznam.

- vývoj softwaru pro sběr a analýzu termografických dat (obr. 3),
- provedení prvních pokusných měření pomocí měřícího vozidla na vozovkách,
- výzkum využití termografické metody při diagnostice mostů a provedení několika měření ruční termokamerou na vybraných silničních a dálničních mostech (obr. 4).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

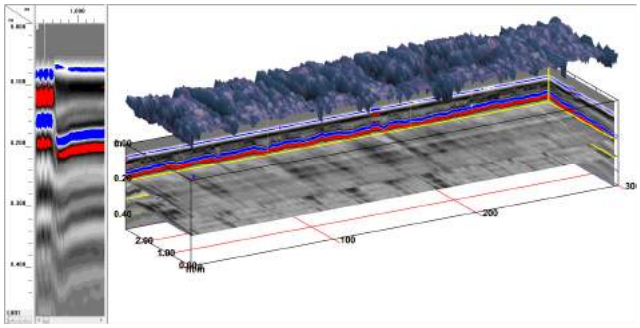
Obr. 3 Analýza naměřených dat, porucha se v záznamu za ideálních podmínek projeví odlišnou barvou (vlevo).



Obr. 4 Měření na mostě – delaminace krycí betonové vrstvy nosníku (na termogramu červeno-bíle).

Georadar:

- odzkoušení automatizovaného zařízení pro rychlé zjištění rychlosti šíření EM signálu sledovanými vrstvami pomocí dvoukanálové aparatury (užitný vzor z roku 2014),
- zvýšení přesnosti výsledků u aplikace stanovení polohy kluzných trnů a kotev v CB krytu – spolupráce s firmou SQZ,
- určení způsobu zjištění nejistoty výsledků měření mobilního zařízení (vývoj softwaru pro interpretaci dat),
- realizace měření konstrukčních vrstev vozovky na mostě přes řeku Ohři na rychlostní silnici R6.



Obr. 5 3D interpretace naměřených dat georadarem na mostě – aplikace: tloušťky vrstev.

Ostatní metody a další aktivity:

- provedení měření rázovým zařízením a georadarem na vybraných úsecích vozovek, jako podklad pro zpřesnění při vytváření homogenních úseků pro potřeby plánování oprav/rekonstrukcí,
- zapojení se do činnosti pracovní skupiny na ŘSD, která se zabývá kvalitou cementobetonových krytů vozovek,
- provedení petrografického posouzení kameniva z několika lokalit; analýza stupně zasažení betonů rozpínavými reakcemi pomocí kombinace optického mikroskopu, elektronového mikroskopu a EDX analyzátoru,
- práce v evropské normalizační skupině CEN TC 227 WG5 Povrchové vlastnosti vozovek a v rámci akce COST TU 1208.

Výsledky

Přehled nejdůležitějších výsledků je uveden níže:

- příprava nového užitného vzoru: Závěs měřicího kola zařízení TRT pro měření součinitele podélného tření povrchu vozovky,
- vytvoření metodiky: Aplikace nových a progresivních diagnostických metod na silnicích, mostech, v tunelech a na železnici – část 1,
- vytvoření metodiky: Analýza mikrostruktury materiálů skenovacím elektronovým mikroskopem a EDX analyzátorem,
- vytvoření metodiky: Hodnocení stavu vozovek kombinací rázového zařízení FWD a georadaru.

V rámci upřesnění náplně řešení projektu CESTI došlo v polovině roku 2015 k doplnění plánovaných výsledků pro roky 2016-2019.

Průběžné výsledky byly prezentovány na workshopu projektu CESTI dne 2.12. 2015.

Literatura

[1] Stryk, J., Frýbort, A., Gregerová, M. et al. Rozpínavé reakce ve struktuře konstrukcí z cementového betonu. *Silniční obzor*, 2015, roč. 76, č. 10, s. 294-299. ISSN 0322-7154.

[2] Stryk, J., Matula, R. Provádění srovnávacích měření georadarů používaných při diagnostice stavu vozovek a mostů, článek připravený v rámci řešení akce COST TU 1208, v evaluační fázi.

[3] Vysokorýchlostný deflektometer TSD - možnosti jeho využitia pri hodnotení únosnosti vozoviek na úrovni cestnej siete na Slovensku, rozborová úloha, CDV, 33 p., listopad 2015.

[4] Janků, M. Možnosti využití termografické metody při diagnostice staveb dopravní infrastruktury, příspěvek na konferenci 17. odborná konference *Juniorstav 2015*, ISBN 978-80-214-5091-2, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Brno, 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

DATABÁZE VZOROVÝCH ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ KONTINUÁLNÍHO MONITOROVÁNÍ SE VZOROVÝMI PŘÍKLADY JEJICH UPLATNĚNÍ

Zpracovali: Ing. Josef Stryk, Ph.D., Ing. Jiří Grošek, Ing. Vladimír Chupík, CSc. (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.); Ing. Jan Valentin, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V roce 2015 byla vytvořena databáze systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění. Týkalo se to především monitorování odezvy chování konstrukce, dále sledování intenzity provozu na pozemních komunikacích a klimatických vlivů. Šlo především o uplatnění následujících typů snímačů:

- deformace (tenzometrů),
- teploty,
- napětí,
- vlhkosti,
- dráhy,
- ostatní: snímače pro sledování provozu, kolových tlaků, vážení za pohybu (WIM), deformace vozovky, měření vibrací aj.

Snímače byly uplatněny na pokusných úsecích s nevyztuženým cementobetonovým (CB) krytem s/bez kluzných trnů a kotev, spojitě vyztuženým CB krytem a asfaltovým (AB) krytem.

Dále byly provedeny následující činnosti:

- srovnání odezvy snímače umístěného na spodním líci CB krytu při přejezdu těžkého vozidla s výsledky měření rázovým zařízením FWD, které se používá pro hodnocení únosnosti vozovek,
- prezentace výsledků na XX. semináři Ivana Poliačka a v časopise Silniční obzor 7-8/2015,
- sestavení metodiky pro kontinuální monitorování.

Oblast použití

Databáze poskytuje informace o jednotlivých snímačích používaných v ČR a zahraničí a vhodnosti pro konkrétní použití při osazování do konstrukcí dopravní infrastruktury, především tuhých a netuhých vozovek. Databáze zahrnuje praktické příklady s uvedením rozmístění jednotlivých snímačů, což se dá použít při přípravě referenčních úseků vozovek pro provádění srovnávacích měření nebo pro zkoušky v laboratorních podmínkách v měřítku 1:1, např. ve zkušebním poli, které vlastní CDV.

V roce 2016 je naplánována realizace propojení systému zabudovaných snímačů do vozovky se stanicí pro vážení vozidel za pohybu (WIM) na dálnici D1.

Metodika a postup řešení

Bylo vypracováno celkem 9 vzorových příkladů uplatnění. Databáze se týká snímačů používaných na pokusných úsecích v ČR i zahraničí. Probíhala spolupráce s výzkumnými institucemi STAC (Francie), BASt (Německo) a s Technical University of Wroclaw (Polsko).

Pro všechny vzorové příklady byla použita jednotná šablona, která obsahuje informace o použití jednotlivých systémů, pokusných úsecích, instalaci snímačů, měření a vyhodnocení naměřených dat.

Jako příklad je na obr. 1 uveden senzor Modulas, což je automatický systém pro zjišťování kontaktních kolových tlaků jedoucích vozidel a stanovení polohy přejezdu kola v příčném směru, který se ověřoval ve Švýcarsku.

Obr. 1 Senzor Modulas – automatický systém pro zjišťování kontaktních kolových tlaků jedoucích vozidel (stanice Footprint, Švýcarsko).

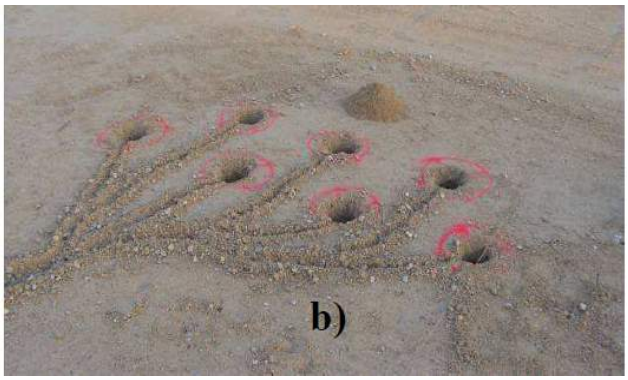
Pokračovalo se v měřeních a sledování vybraných parametrů na zkušebních úsecích a analýze dat z předchozích měření, které je popsáno níže.

Snímače deformace (tenzometry):

- provedení instalace tenzometrů na spodní líc CB krytu – příčná hrana a střed desky,

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

- ověření funkčnosti a životnosti snímačů, pravidelná měření odezvy pomocí rázového zařízení FWD/HWD,
- srovnání odezvy rázového zařízení FWD a přejezdu těžkého vozidla,
- simulování přejezdu přes příčnou hranu CB krytu s vertikálním posunem nájezdové hrany – dynamická měření,
- vyhodnocení deformací při srovnávacím měření rázovým zařízením FWD/HWD na snímačích osazených na rohu desky (STAC Francie) a na netuhé vozovce,
- vyhodnocení zkušeností s provedením prvních měření deformací ve spojitě vyztuženém cementobetonovém krytu – pokusné úseky Francie, Polsko, Německo.



Obr. 2 Rozmístění tenzometrů na pokusném úseku, netuhá vozovka (STAC, Francie).

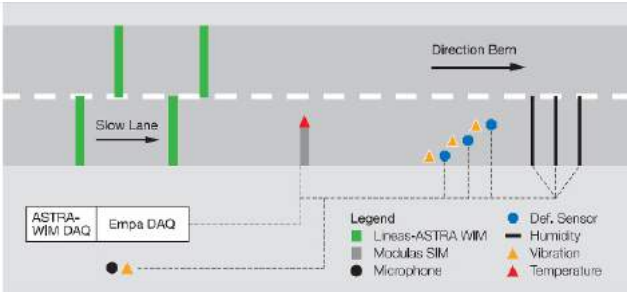
Snímače teploty a vlhkosti:

- instalace snímačů na pokusných úsecích a monitorování teplotního gradientu tuhých vozovek při měření odezvy CB krytu tenzometry,
- měření na snímačích v konstrukci vozovek a monitorování teplotního gradientu tuhých, netuhých a dlážděných vozovek v Tišnově,
- sledování změn teplotního gradientu v ročních obdobích a cyklech.

Obr. 3 Umístění teplotních snímačů na pokusném úseku v Tišnově – 4 výškové úrovně, kontinuální záznam.

Ostatní systémy:

- analýza měření na snímačích dráhy pokusného úseku (STAC Francie), studium rozevírání/uzavírání spár a hodnocení přenosu zatížení CB desek rázovým zařízením FWD,
- analýza měření na pokusném úseku Footprint (Švýcarsko) – systém automatického zjišťování hmotností za pohybu (WIM), snímače deformace, napětí, kolových tlaků, teploty, měření vibrací a hluku aj.,
- instalace a měření snímačů napětí a deformace v podkladní vrstvě vozovky a podloží – laboratorní a geotechnické zkušební pole.



Obr. 4 Umístění snímačů na pokusném úseku Footprint (Švýcarsko).

Výsledky

Byla vytvořena databáze systémů kontinuálního monitorování pro vozovky pozemních komunikací. Současně pokračují pravidelná měření pro ověření stavu snímačů a jejich životnosti.

Dosavadní zkušenosti byly promítnuty do sestavené metodiky Navržení a provoz systémů kontinuálního monitorování silnic, mostů a tunelů – část 1.

Literatura

[1] GROŠEK, Jiří; CHUPÍK, Vladimír; STRYK, Josef . Výzkum moderních cementobetonových vozovek. Silniční obzor , 2015, roč. 76, č. 7-8, s. 194-198. ISSN 0322-7154.

[2] GROŠEK, Jiří; CHUPÍK, Vladimír; STRYK, Josef. Modelování a měření deformací cementobetonových krytů. In XX. Seminář Ivana Poliačka : Trvalo udržatelný rozvoj cestného stavitelstva , Jasná, Nízke Tatry, 18.-20.11.2015, s. 134-141. ISBN 978-80-89565-21-4.

[3] Stryk J., Herrmann P., Chupík V. et al., Měření průhybů a hodnocení únosnosti vozovek rázovým zařízením FWD, 2013.

[4] Manuel technique de la planche instrumentér du STAC, 2012.

[5] FOOTPRINT, zpráva o řešení, 2008.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

VZOROVÝ SYSTÉM KONTINUÁLNÍHO MONITOROVÁNÍ VYBRANÉHO ÚSEKU VOZOVKY POZEMNÍ KOMUNIKACE

Zpracovali: Ing. Jiří Grošek, Ing. Vladimír Chupík, CSc., Ing. Josef Stryk, Ph.D. (Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.)

Souhrn

V roce 2015 byla provedena měření na pokusných úsecích s cílem ověřit funkčnost a životnost instalovaných snímačů v cementobetonovém (CB) krytu. Jednalo se o následující úseky:

- pracoviště CDV Tišnov,
- areál FIRESTA – Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.

Dále byla realizována měření deformací s pojezdem těžkého nákladního vozidla, kdy byly simulovány dynamické účinky vozidla při přejezdu přes příčnou spáru CB krytu. Také byl navržen systém provázání dat z vážení za pohybu (WIM) a snímačů monitorujících deformace vozovky.

Oblast použití

Pokusné úseky byly osazeny následujícími snímači:

- odporové tenzometry – umístěné na spodní líc CB krytu (před betonáží úseku nebo dodatečná instalace),
- snímače teplot a vlhkosti (před betonáží nebo dodatečná instalace),
- snímač dráhy – umístěný v oblasti příčné spáry (před betonáží nebo dodatečná instalace).

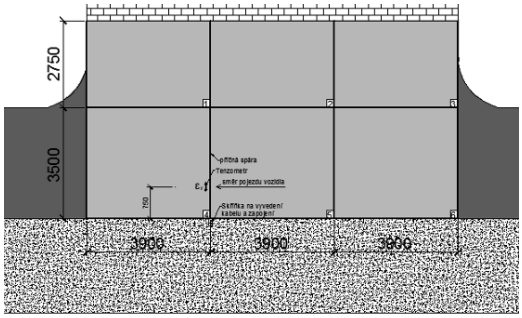
Osazení těchto snímačů umožňuje kontinuální monitorování stavu tuhých vozovek. V současné době je navržen systém osazení snímačů do oblasti stanice WIM (vážení za pohybu), který rozšíří možnosti monitorování stavu CB krytu o parametr měření deformací při přejezdu těžkých vozidel. Provázáním těchto dat je rozšířena možnost sledování reálných pohybů vozidel a současného sledování vývoje deformací CB krytu v čase.

Metodika a postup řešení

Cíl řešení v roce 2015 spočíval v návrhu instalace snímačů monitorujících stav vozovek a provázání dat z vážicích stanic WIM na komunikaci s vysokým dopravním zatížením, tedy dálnici, popř. rychlostní komunikaci. Další cíl spočíval ve sledování stávajících pokusných úseků, realizaci přejezdů náprav těžkého vozidla a ověření životnosti instalovaných snímačů. Zde se jednalo především o samotný proces měření a interpretaci výsledků měření odezvy konstrukce na dynamické namáhání rázovým zařízením FWD/HWD a reálným pojezdem těžkého nákladního vozidla. Součástí měření bylo kontinuální monitorování vybraných parametrů po dobu měření – teplota a vlhkost konstrukce a stanovení jejich vlivů na naměřené hodnoty odezvy konstrukce.

Na pokusném úseku v Tišnově bylo realizováno měření odezvy na dynamické zatížení na spodní líc CB krytu s dodatečně vloženým tenzometrem typu PML-60-2LT. Měření spočívala ve stanovení dynamického efektu při přejezdu těžkého nákladního vozidla přes příčnou spáru. Příčná spára byla osazena nájezdovým klínkem 30 a 60 mm, který simuloval vertikální posun desek (schodovitost) krytu na příčné spáře, tedy poruchu typickou pro konstrukci nevyztuženého CB krytu bez kluzných trnů a kotev (původní dálnice D1). Byly sledovány deformace při zatížení vozidlem bez klínku a s klínkem rychlostí v≈0 km/h a v=20 km/h. Po dobu měření byl kontinuálně monitorován teplotně-vlhkostní spád CB krytu ve čtyřech hloubkách: povrch, 40 mm, 70 mm a 20 mm nad spodním lícem CB desky.

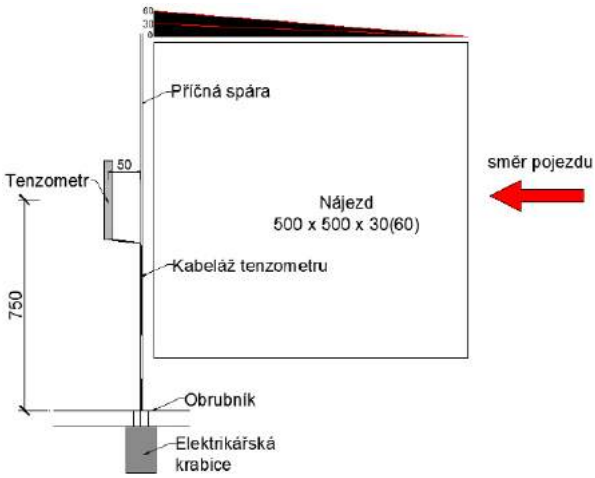
Obr. 1 Měření teplotně-vlhkostního spádu CB desek.



Obr. 2 Pokusný úsek Tišnov, půdorys.

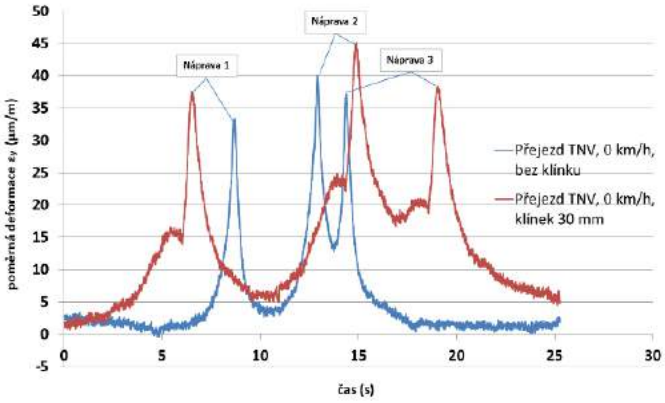
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Obr. 3 Přejezd těžkého vozidla přes nájezdový klínek.



Obr. 4 Umístění tenzometru (spodní líc CB krytu) a nájezdového klínku.

Při srovnání výsledků měření je patrný rozdíl v naměřených deformacích. Existence dynamického účinku při přejezdu těžkého vozidla přes nájezdové klínky již při malých rychlostech (do 20 km/h). Současně je možné sledovat deformace krytu při přejezdu jednotlivých typů náprav těžkých vozidel.

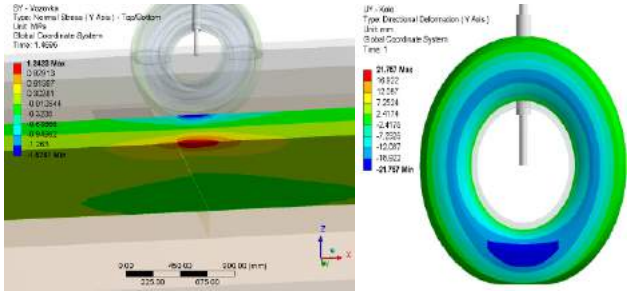


Obr. 5 Naměřené deformace na spodním líci CB krytu při velmi pomalém přejezdu v≈0 km/h.

Výsledky

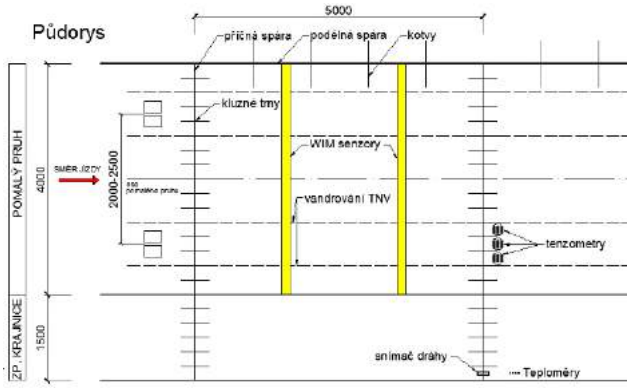
Výsledky prokazují, že typ tenzometru PML-60-2LT je vhodný pro umístění na spodní líc CB krytu do oblasti příčné spáry, popř. podélné spáry. Na základě úspěšného odzkoušení tenzometrů v CB krytu je doporučena jejich instalace na reálně pojížděném úseku stávajících CB krytů.

Výsledky praktických měření na pokusném úseku byly ověřeny modelováním v programu ANSYS.



Obr. 6 Modelování deformací CB krytu, ANSYS.

Na základě odzkoušených snímačů byl navržen systém kontinuálního monitorování na konstrukci s CB krytem dálničního typu s vysokým podílem těžké nákladní dopravy.



Obr. 7 Vážicí stanice WIM s instalovanými snímači (dráhy, teploty, deformace).

Závěr

V roce 2015 byla provedena další měření na pokusných úsecích se zaměřením na reálný přejezd těžkého vozidla, vyhodnocení naměřených dat a interpretaci výsledků měření. Současně byl navržen systém kontinuálního monitorování reálně pojížděného úseku pozemní komunikace s CB krytem.

Literatura

[1] Grošek, Jiří; Chupík, Vladimír; Stryk, Josef. Výzkum moderních cementobetonových vozovek. *Silniční obzor*, 2015, roč. 76, č. 7-8, s. 194-198, ISSN 0322-7154

[2] Měření a modelování napětí CB desek na hranách, zpráva o řešení, CDV, 2015

[3] Výpočet dynamické odezvy desky, zpráva o řešení, CDV, 2015

[4] Stryk J., Herrmann P., Chupík V. et al., Měření průhybů a hodnocení únosnosti vozovek rázovým zařízením FWD, 2013

[5] Manuel technique de la planche instrumentér du STAC, 2012

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

MODELY ŠÍŘENÍ OHNĚ A TOXICKÝCH PLYNŮ PŘI HAVÁRIÍCH V TUNELECH

Zpracovali: Ing. Kamila Cábová, Ph.D., prof. Ing. František Wald, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Numerické modely mohou s velkou přesností předpovědět chování požárů a šíření toxických látek v tunelech. Míru shody je v praktických aplikacích nutné ověřit pomocí procesu verifikace a validace. Numerický model hoření v tunelu byl validován pomocí požární zkoušky v tunelu Valík z roku 2006. Součástí ověření je parametrická studie, na jejímž základě je stanoven vhodný postup definování sítě buněk pro modely tunelových staveb. Ověřený numerický model byl použit k simulaci vybraných požárních scénářů ve skutečných tunelech. Pro účely následného modelování evakuačních scénářů byla v modelech vypočtena klíčová data, jako jsou rozložení teploty plynu, rozhraní horké a chladné vrstvy plynu, šíření zplodin hoření a viditelnost. Z důvodu spolupráce s ostatními WP projektu byla v modelech řešena teplota tunelových ostění.

Oblast použití

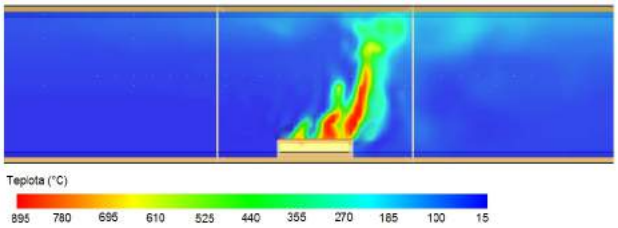
Poznatky získané z numerických modelů šíření ohně a toxických plynů při haváriích v železničních tunelech umožňují vypracovat pokročilé simulace evakuačních scénářů při požárech v tunelech. Kromě optimalizace prvků bezpečnostního vybavení tunelů a evakuačních scénářů lze na základě výpočtů zdokonalit nouzové postupy záchranných složek v případě požárů v tunelech, stanovit míru přesnosti teplotních křivek pro tunely používaných ve fázi návrhu, ověřit kritickou délku zvýšeného nebezpečí v tunelu a upřesnit tak znění používaných norem a technických specifikací, posoudit chování materiálů tunelového ostění a kolejového lože při požáru i při prudkém ochlazení způsobeném zásahem HZS.

Metodika a postup řešení

V rámci verifikace byl vytvořen ověřovací příklad (tzv. benchmark study), který umožňuje ověřit model požáru v tunelu pomocí vstupních hodnot a výsledků. Procesem validace byla zhodnocena míra shody mezi počítačovou predikcí a fyzikálním modelem, tj. experimentálně získanými údaji, v tomto případě pomocí požární zkoušky v tunelu Valík [1]. Vliv vstupních hodnot modelu jako je zdroj hoření, ventilace a velikost výpočetní sítě na výsledky byl ověřován v rámci parametrické studie na zjednodušeném modelu tunelu. Po zhodnocení dostatečné míry přesnosti matematického modelu byla metoda aplikována na skutečnou tunelovou stavbu.

Výsledky

Data z požárních zkoušek v tunelu Valík z r. 2006 sloužila k validaci zmenšeného numerického modelu a modelu tunelu s reálnými rozměry řešených v programu FDS. Obr. 1 ilustruje detail modelu tunelu o rozměrech 8 m x 11 m, délky 300 m, na kterém je zobrazeno rozložení teploty plynu. Zdroj hoření o výkonu 5 MW je umístěn na podstavci výšky 1m ve středu tunelu. Jsou uvažovány proměnné okrajové podmínky (proudění 0 – 3 m/s, vlhkost a teplota okolního vzduchu).



Obr. 1 Model tunelu Valík – teplota plynu při rychlosti proudění 2 m/s.

Validace modelu byla provedena pomocí teploty plynu, která byla stanovena ve třech výškových úrovních (4 m, 6,5 m a 7,9 m) a několika řezových rovinách od zdroje hoření (0 m, 5 m, 10 m a 15 m). Výsledky výpočtů zmenšeného modelu tunelu i modelu o skutečných rozměrech jsou uvedeny v tab. 1. Uvedené teploty nezahrnují krátkodobé odchylky způsobené vysokou fluktuací plynu. Podle [1] byla při první požární zkoušce naměřena maximální teplota 195,4°C.

Tab. 1 Model tunelu Valík – teplota plynu při rychlosti proudění 2m/s.

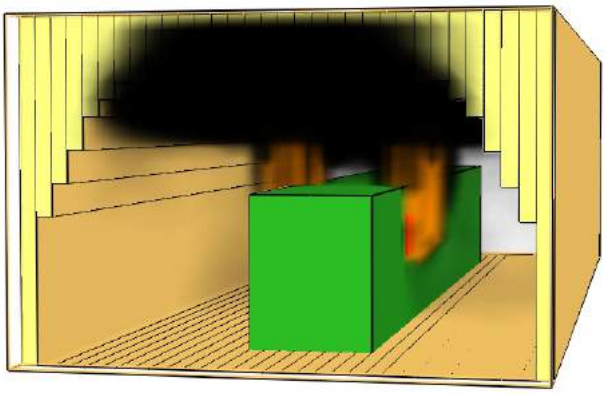
Model (popis)	Tmax (°C)	Místo maximální teploty
Zmenšený (0 m/s, síť 0,25 m + 0,125 m)	140	řez 10 m, výšková úroveň 7,9 m
Reálný (2 m/s, síť 0,5 m + 0,25 m)	200	řez 5 m, výšková úroveň 6,5 m
Reálný (3 m/s, síť 0,5 m + 0,25 m)	190	řez 5 m, výšková úroveň 6,5 m
Reálný (0 m/s, síť 0,5 m + 0,125 m)	160	řez 5 a 10 m, výšková úroveň 6,5 m

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

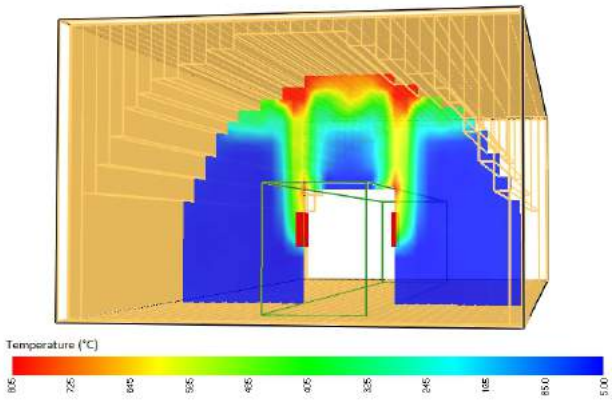
Součástí ověření spolehlivosti výpočtů v FDS je parametrická studie, na jejímž základě byl stanoven vhodný postup definování sítě buněk pro tunelové stavby.

K modelování v FDS byly vybrány skutečné železniční tunely, ve kterých byly simulovány dva havarijní scénáře (havárie s následným požárem, požár s následným zastavením) a tři požární scénáře dle zdroje zapálení (přepravovaný náklad – osobní automobil, kapalina z lokomotivy, vagon osobního vlaku), které vedou z pohledu bezpečnosti osob k nejzávažnější požární situaci.

Na obr. 2 je uveden model tunelu s požárním scénářem hoření vagonu osobního vlaku. Tepelný tok z vagonu je uvažován oknem o rozměrech 1,2 m x 1,2 m. Vstupní data v podobě rychlosti uvolňování tepla (HRR) jsou převzata z požární zkoušky provedené v Austrálii [2]. Maximální hodnota HRR je uvažována 13 MW. Zplodiny hoření jsou simulovány pomocí reakce hoření polyuretanu. Detail vagonu se simulací rozvoje teploty plynu v čase 600 s je na obr. 3. Obr. 4 ilustruje teplotu tunelového ostění ve shodném čase. V modelu je použito betonové ostění.

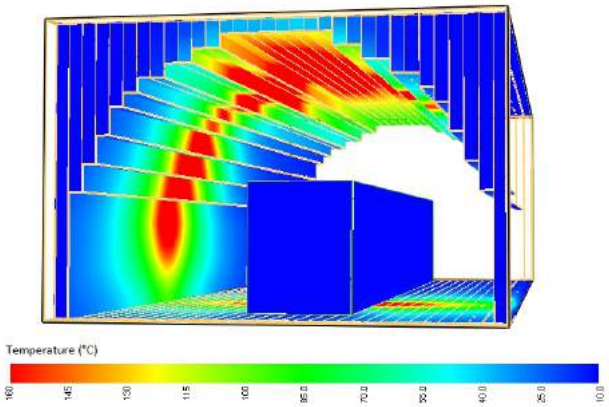


Obr. 2 Model hoření vagonu osobního vlaku v tunelu – šíření kouře v čase 600 s.

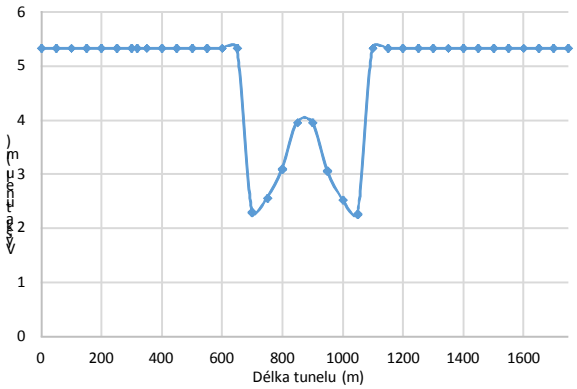


Obr. 3 Teplota plynu v tunelu při hoření vagonu osobního vlaku v čase 600 s.

Uvedený požární scénář byl využit při simulaci požáru v tunelu Špičák. V modelu 1747 m dlouhého tunelu je umístěno 5 vagonů ve vzdálenosti 810 m až 935 m (uvažováno se zastavením vlaku). Na obr. 5 je znázorněn pokles neutrální roviny (spodní úroveň vrstvy kouře) po délce tunelu v čase 300 s. Je zde patrné, že zakouření přesahuje hodnotu 2,5 m, která je považována za bezpečný limit pro evakuaci, pouze v oblasti zdroje hoření.



Obr. 4 Teplota ostění tunelu při hoření vagonu osobního vlaku v čase 600 s.



Obr. 5 Pokles neutrální roviny při hoření vagonu osobního vlaku v čase 300 s.

Závěr

V uplynulém roce byla dokončena práce na modelování požárů v železničních tunelech, která umožňuje vypracovat pokročilé simulace evakuačních scénářů při požárech v tunelech. Ověření míry shody modelu s fyzikálním modelem bylo provedeno pomocí procesu verifikace a validace.

Literatura

[1] Pokorný, J. a Hora, J., Požární zkoušky v tunelu Valík, praktická aplikace některých poznatků, Sborník přednášek konference Červený kohout 2007.

[2] White, N., Fire development in passenger trains, Mater thesis, Victoria University, Australia, 2010.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

EVAKUAČNÍ SCÉNÁŘE A OPTIMALIZACE ÚNIKOVÝCH CEST PŘI POŽÁRECH V TUNELECH V ZÁVISLOSTI NA ŠÍŘENÍ OHNĚ A TOXICKÝCH LÁTEK

Zpracoval: Doc. Mgr. Tomáš Apeltauer, Ph.D. a kol. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Cílem evakuačního procesu je zajistit, aby osoby uvnitř postiženého objektu (tunelu) byly schopny v případě kritické situace (nejčastěji požáru) tento objekt opustit a přesunout se do bezpečného místa bez vystavení životu či zdraví nebezpečným podmínkám, či dokonce bez uvědomění si jejich existence. Taková situace představuje ideální řešení požární bezpečnosti.

Základem bylo stanovení optimálního inženýrského postupu, který umožní posouzení hodnocení dopadu nepříznivých podmínek na evakuované osoby ze železničního tunelu.

Oblast použití

Předpokládanou oblastí užití je aplikace požárních a evakuačních modelů při posuzování bezpečnosti železničních tunelů v návaznosti na Nařízení Komise (EU) č. 1303/2014 (TSI SRT).

Metodika a postup řešení

Hlavní evakuační strategie uplatňované v tuzemsku dle normového přístupu lze shrnout do dvou základních typů:

- současná evakuace,
- postupná evakuace.

Současná evakuace představuje evakuaci všech osob z ohrožené oblasti do určeného prostoru, nejčastěji na volné prostranství.

V případě postupné evakuace osob požadujeme po některých skupinách osob setrvání na místě po určitou dobu, aby bylo dosaženo efektivnějšího využití únikových cest, protože v místech zúžení únikových cest v případě vysoké hustoty osob dochází k poklesu intenzity proudění.

Doba pro evakuaci osob

Predikce pohybu osob v průběhu evakuace je základním postupem při analýze efektivity požárního zabezpečení tunelu. Obecně platí, že dostatečná ochrana je zajištěna v případě, kdy *doba potřebná* pro evakuaci (Required Safe Egress Time – RSET) je kratší než *doba dostupná* pro evakuaci (Available Safe Egress Time – ASET).

Celková doba potřebná pro evakuaci se skládá z následujících základních časových intervalů:

- doba detekce události,
- doba spuštění poplachu,
- doba evakuace.

Doba detekce události je časový interval, který uplyne mezi vznícením požáru a jeho detekcí příslušným protipožárním zabezpečením, personálem nebo ostatními osobami.

Doba spuštění poplachu závisí především na způsobu detekce požáru. Reakční doba elektronického protipožárního systému bude výrazně kratší než reakce obslužného personálu.

Doba evakuace závisí především na podrobné znalosti lidského chování v krizových situacích. Většina z těchto modelů pracuje samostatně s dobou před pohybem a dobou pohybu osob.

Doba dostupná pro evakuaci představuje časový interval, po který panují v místě evakuace přijatelné podmínky pro evakuované osoby. Příklad stanovení takových podmínek může být následující:

- viditelnost přesahuje 3 metry,
- koncentrace CO nepřesahuje 2000 ppm ve výšce 2 metry,
- teplota vzduchu nepřesahuje 80 °C ve výšce 2 metry.

Pro stanovení průběžných hodnot vybraných veličin po dobu evakuace aplikujeme požární model, přičemž přijatelné podmínky trvají až do okamžiku, kdy libovolná z vybraných hodnot poprvé překročí stanovený limit. Příklad stanovení kritérií přijatelnosti pro produkty hoření je následující:

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

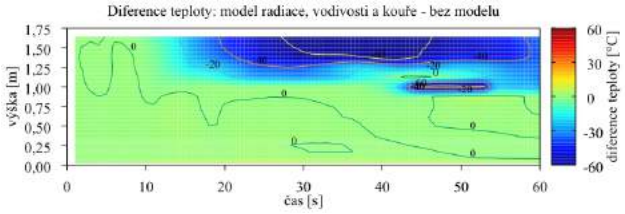
Tab. 1 Kritéria přijatelnosti pro produkty hoření.

Kritéria přijatelnosti pro produkty hoření				
	Expozice			
	5 minut		30 minut	
Sloučenina	Zneschopnění	Smrt	Zneschopnění	Smrt
CO	6 000	12 000	1 000	2 500
HCN	150	250	90	170
HCl	500	16 000	200	< 12 %
Organické látky	1,2	7	1,2	1,2

Srovnávací analýza požárního modelu při využití v evakuačním procesu

Jako příklad srovnání dopadů jednotlivých submodelů požáru na jeho celkový výsledek byl zvolen modifikovaný Stecklerův experiment. Jde o standardizovaný požární test, který uskutečnil tým amerického NIST v roce 1982.

Pro potřebu srovnávacího experimentu byl zvolen návrhový model kvadraticky rostoucí v čase, který dosáhne maxima v čase t_{max} = 10 s, po dosažení této hodnoty je výkon požáru již nadále konstantní až do okamžiku t_{end} = 60 s, kdy analýza končí.



Obr. 1 Srovnání vlivu požárních submodelů na výsledek modelu jako celku.

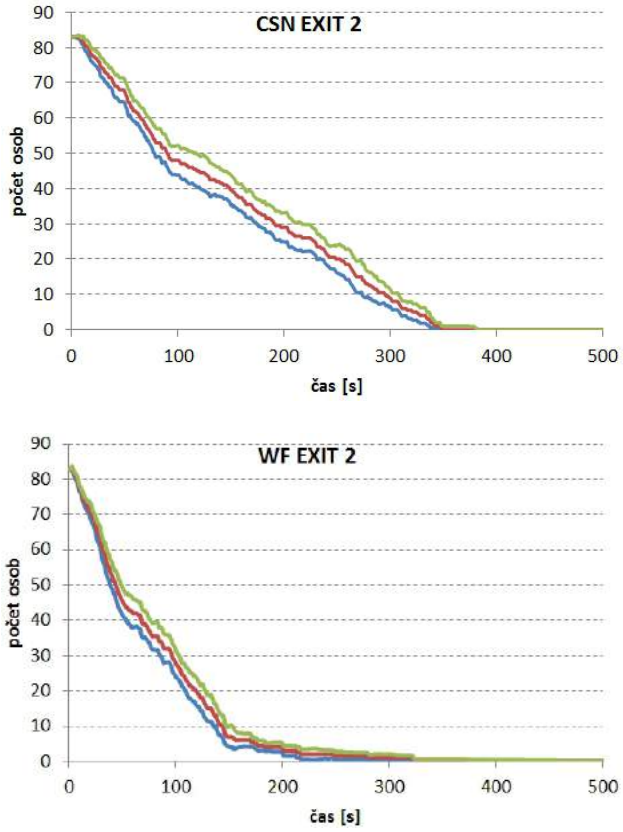
Základem srovnávací analýzy je posouzení vlivu aplikace vybraných požárních submodelů na výsledek výpočtu jako celku, který má následně dopad na evakuované osoby.

Jestliže aplikujeme současně model radiace, vodivosti stěn a kouře, dostáváme dramaticky odlišné výsledky oproti situaci, kdy tyto submodely v požárním modelu použity nejsou, a v případě vstupu o relativně malé výšce 1,8 metru může být ve výšce hlavy dospělého člověka teplotní diference více než 60 °C. To vzhledem k výše uvedenému není zanedbatelný vliv.

Srovnávací analýza evakuačního modelu při využití v evakuačním procesu

Podobně jako v předchozím případě bylo provedeno srovnání vlivu klíčových parametrů evakuačního modelu na dobu evakuace osob. Příkladem takového srovnání je vliv maximální rychlosti pohybu osoby a jejich statistické rozložení v populaci. Vybrány byly následující varianty:

- Rychlost dle ČSN 73 0802 (0,583 ms^{-1}).
- Rychlost dle Weidmana (statisticky rozděleno v intervalu 0,516 – 1,610 ms^{-1}).



Obr. 2 Srovnání vlivu rychlosti evakuace a jejího statistického rozložení na dobu evakuace jako celku.

Bylo provedeno několik desítek simulací evakuace pro různé konfigurace tunelů a rozložení jejich portálů. Příklad uvedený na obrázku zachycuje vliv rychlosti evakuace a jejího statistického rozložení na identický tunel.

Výsledky a závěr

Byly dosaženy následující výsledky:

- definován inženýrský postup pro posouzení hodnocení dopadu nepříznivých podmínek na evakuované osoby ze železničního tunelu,
- provedena srovnávací analýza dílčích sub-modelů požáru na požární model jako celek,
- provedena srovnávací analýza vlivu klíčových parametrů evakuačního modelu na proces jako celek.

Literatura

[1] Hurley, M. J. (editor): SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. Springer, 2015.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ZAVEDENÍ SYSTÉMU KALKULACÍ A ROZPOČTŮ PRO STAVBY DOPRAVNÍ INFRASTRUKTURY

Zpracovali: Doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D., Ing. Eduard Hromada, Ph.D., Ing. Petr Matějka, doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc., doc. Ing. Aleš Tomek, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Veřejný sektor není schopen objektivně a správně stanovit cenu pořízení stavby předem a ověřit pomocí vlastního kontrolního rozpočtu vysoutěženou cenu projektu. Toto tvrzení platí obdobně pro stanovení objektivní ceny v rámci změnového řízení v průběhu realizace projektu. Důsledkem současného systému je nehospodárné využívání veřejných finančních prostředků v oblasti dopravní infrastruktury. Aktivity projektového týmu CESTI v rámci dílčího cíle 7.2.2 směřují k omezení příčin a následků a nápravě tohoto negativního stavu.

Oblast použití

Vytvořené výstupy v rámci dílčího cíle 7.2.2 projednal projektový tým CESTI na osobním jednání s ministrem financí a ministrem dopravy a jeho prvním náměstkem počátkem srpna 2015.

Dále projektový tým CESTI jednal v této věci rovněž s předsedou poslaneckého klubu ANO Ing. Jaroslavem Faltýnkem v poslanecké sněmovně dne 21.7.2015.

Závěry z jednání s oběma ministry byly konkretizovány na jednání s výrobním ředitelem Ředitelství silnic a dálnic ČR Ing. Radkem Mátlem a představiteli Státního fondu dopravní infrastruktury koncem srpna 2015. Pro nejbližší období byla dohodnuta metodická a personální pomoc ŘSD v oblasti kalkulací a rozpočtování.

Nabídnuta byla bezplatná činnost 3 až 5 členů projektového týmu na analýze problému a návrhu opatření v oblasti rozpočtů, kalkulací a fakturace budoucích staveb, vybavených pravomocemi zkoumat data a doklady. Mělo by se jednat o období projektové přípravy dopravní stavby, přípravy dokumentů pro veřejnou soutěž (zadávací dokumentace) a průběhu realizace a kontroly provádění dopravních staveb.

Metodika a postup řešení

Podstata businessu ve výstavbě infrastrukturních projektů:

Inženýrské stavitelství je podnikáním s relativní snadností dosažení mimořádných zisků. To je umožněno aplikací tzv. „měřeného kontraktu“, kdy se cena provedeného díla stanoví jako násobek ceny za měrnou jednotku a skutečně provedeného množství jednotek.

Vydělat se tedy dá zejména na množstvích prací, která se nerealizují (tzn. vykázaná množství jednotek jsou větší než skutečná) a na umělém zvýšení jednotkových cen pomocí změnového řízení. Pro ilustraci – vykázání těžby a převozu 150 tis. m^3 zeminy namísto opravdu provedených 100 tis. m^3 a za nikoliv smluvní jednotkovou cenu za m^3, avšak za změnovým řízením zvýšenou cenu zařazením do jiné třídy těžitelnosti (např. odlišné geologické podmínky).

Co je pak ale spolu s výše zmíněnou běžnou celosvětovou praxí v ČR ve výstavbě infrastrukturních projektů dalším specifikem, je již cca 12 let trvající deformace cen stavebních prací a neschopnost, resp. neochota, státního hospodáře tento stav napravit. Díky ní bylo po většinu této doby možno dosahovat zisků typu výnosnosti na vlastní kapitál (ROE) ve výši 30-40% ročně apod.

Neoprávněné zisky se dají realizovat pomocí:

- fakturací vyšších než reálně provedených objemů (selhání technického dozoru při stanovení množství fakturovaných prací, chybné výkazy výměr od projektantů),
- vyšších jednotkových cen (neexistence vlastních správných kontrolních rozpočtů, rozpočty zpracovávané nikoliv zadavatelem, ale projektantem anebo stále stejnými konzultačními firmami, cenové dohody dodavatelů),
- prosazování unikátních řešení ze strany společné lobby projektantů a zhotovitelů (Blanka, Trojský most, obecně většina tunelů a mostů).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

V letech 2002/2003 došlo v rámci ŘSD a SŽDC k zavedení systému třídění a oceňování na bázi agregovaných položek (z 10 původních je dnes jedna položka). To vedlo k omezení možnosti kontroly skutečně provedených prací. Došlo ke skokovému zvýšení cen o 20 až 35 %. Rentabilita vlastního kapitálu dálničních firem stoupla v roce 2005 z cca 10-15% na interval 30-39%. Horních 10% dálničních podniků v USA mělo ROE ve výši 19,8% (2005).

Výsledky

Tomuto typickému vzorci chování dodavatelů je možno vcelku účinně čelit jen kombinací následujících a ve světě osvědčených metod a postupů:

- Klíčovým krokem není změna podmínek soutěžení v rámci zákona o veřejných zakázkách, unáhlená změna by mohla přivodit dočasné snížení objemů prací na stavbách dopravní infrastruktury.
- Zásadní je tvorba reálných kontrolních rozpočtů staveb a databáze pro kalkulace (vlastní tvorba položek, aplikace vybraných dat ze zemí EU-stejné stroje, technologie a materiály, standardizace a unifikace projektů).
- Bezchybná projektová dokumentace zpracovaná s využitím maximální míry standardizace (zejména mosty, tunely, protihlukové stěny) a na základě digitálního skenování terénu a aplikace BIM (Building Information Modeling) neponechávající prostor pro významnější změny během výstavby.
- Vytvoření týmu vlastních odborníků, vysoce zaplacených, loajálních a neodvolatelných ve funkcích projektových manažerů (správce stavby) a kalkulantů. Externí pracovníky využívat jen jako konzultanty. Manažer projektu zpracuje kontrolní rozpočet k soutěži a odpovídá za realizaci (USA, UK). Měsíční potvrzování provedených prací a fakturace nezávislým autorizovaným expertem (UK).
- Přerušit současnou praxi, kdy neměnné skupiny firem provádějí za stát všechny funkce: tvorbu systému, tvorbu cenové databáze, vyhodnocení nabídkových cen, financování projektů včetně podkladů pro změnová řízení, ekonomické vyhodnocení projektů. Tytéž firmy prodávají systém a data soutěžícím podnikům v rámci enormního konfliktu zájmů.
- Provedení výběru zhotovitele na základě bezchybného kontrolního rozpočtu (kalkulace) s vyloučením nízkých a vysokých cen (-10% až +15% vůči kontrolnímu rozpočtu, za který odpovídá projektový manažer). Tento postup vylučuje většinu důvodů k odvolávání se ze strany účastníků soutěže.
- U rozestavěných a zasmlouvaných staveb se soustředit na důsledný výkon role správce stavby, zejména změřená množství a soulad s dokumentací, povinně znovu prověřit a odsouhlasit výkazy výměr od projektantů.
- V citlivé oblasti ŽP, kde neexistuje jednoznačně stanovitelná potřeba ekologických opatření, je vhodné aplikovat v souladu se směrnicemi EU tzv. adaptivní management, tzn. provádět investice fázově úměrně pravděpodobnosti výskytu jevu a nikoli formou předběžné opatrnosti.
- Zákonná možnost nevpuštění firem, se kterými je stát ve sporu, do dalších veřejných soutěží; tzv. „black list“. Princip, který se všude v západní Evropě osvědčil, neboť státu pro veškeré spory se zhotoviteli výrazně zlepšuje vyjednávací pozici, resp. zásadně reguluje chování zhotovitelů vůči státu ve smyslu přiblížení se normám chování/vztahů investor-zhotovitel v privátním sektoru.

Závěr

V dalším období řešení projektu je plánováno provést analýzu a případné revidování současných vybraných předpisů ŘSD, zejména v oblasti hodnocení ekonomické efektivnosti dálničních a silničních staveb, cen prací, obchodních podmínek staveb pozemních komunikací a hodnocení jakosti dokončených staveb pozemních komunikací.

Literatura

[1] Giuffre, W., L. Evaluation of Highway Performance Measures for a Multi-State Corridor – A Pilot Study, 1st ed.; Federal Highway Administration: Washington, 2010.

[2] Simpson, A., Rada, G., et al. Improving FHWA's Ability to Assess Highway Infrastructure Health: Development of Next Generation Pavement Performance Measures, U.S. Department of Transportation: Washington, 2013.

[3] Tomek, R. Vybrané náměty pro zlepšení ekonomického řízení přípravy a realizace projektů ŘSD ČR, Ředitelství silnic a dálnic ČR: Praha, 2014.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

OPTIMALIZACE SLOŽENÍ ALUMOSILIKÁTOVÝCH MATERIÁLŮ PRO TRVANLIVÉ DOPRAVNÍ STAVBY

Zpracovali: Doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., Ing. Karolína Hájková (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Alumosilikátové materiály hrají nepostradatelnou úlohu v dopravních stavbách. Mezi tyto materiály lze zařadit klasický Portlandský cement, který je však ve velké míře nahrazován směsnými cementy s odlišnými vlastnostmi. Tím vzniká prostor pro optimalizaci užitných vlastností a možné prodloužení trvanlivosti železobetonových konstrukcí.

V technickém listu se porovnávají dva betony třídy C25/30, které jsou vyrobeny buď z Portlandského cementu či ze směsného cementu, kdy je slínek nahrazen 20 % úletového popílku. Porovnává se hydratační teplo v 7 dnech, indukční doba pro karbonataci, smrštění a dotvarování obou betonů.

Materiály

Porovnání vlastností betonů proběhlo na dvou materiálech, viz Tab. 1. Jsou vybrány často používané konstrukční betony s reálnými parametry a podobnou zpracovatelností.

Tab. 1 Složení porovnávaných betonů.

	C25/30-OPC	C25/30-20%FA
$f_{cm,28\,d}$	33 MPa	33 MPa
OPC	320 kg/m^3	288 kg/m^3
Úletový popílek	-	72 kg/m^3
Voda	160 kg/m^3	161 kg/m^3
Kamenivo	1920 kg/m^3	1830 kg/m^3
Vodní součinitel (w/c)	0,50	0,56
Pojivový součinitel (w/b)	0,50	0,45

Karbonatace

Pro výpočet karbonatace se použil software CarboChlorCon [1], který je založen na modelu karbonatace pro směsné cementy [2]. Uvažuje se beton bez trhlin, relativní vlhkost 50 %, krytí výztuže 30 mm. Beton z Portlandského cementu vede na indukční dobu (počátek koroze) 83 let. Beton s úletovým popílkem dává 87 let pro standardní český popílek s nízkým obsahem Ca (třída F dle ASTM). Pro kvalitnější úletový popílek třídy C vychází 111 let.

Účinek chloridů

Účinek chloridů se porovnal v prostředí s ostřikem slané vody (okolí vozovek během zimního provozu) [1]. Koncentrace Cl na povrchu betonů odpovídá přibližně ustálené povrchové koncentraci 1 % pojiva. Pro krytí výztuže 30 mm a beton bez trhlin vychází indukční doba 83 let a 2439 let. Poslední velká hodnota je způsobena velkým poklesem difuzivity v čase.

Hydratační teplo

Hydratační teplo závisí na reakční kinetice cementu. Klasický český úletový popílek prakticky nereaguje prvních 7 dní, proto lze hydratační teplo získat přímo ze samostatné hydratace portlandského slínku [3]. Výsledkem jsou tepla v 7 dnech 96 MJ/m^3 a 86 MJ/m^3. Rozdíl je právě 10 % díky náhradě slínku popílkem.

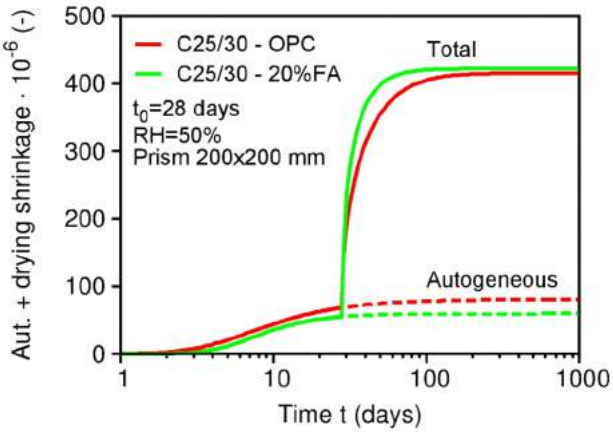
Smrštění

Pro výpočet smrštění se použil model smrštění a dotvarování B4, který zahrnuje vliv minerálních příměsí v betonu [4]. Celková deformace se vypočte superpozicí účinků smrštění a dotvarování

$$\varepsilon(t) = J(t,t')\sigma + \varepsilon_{sh,total}(t,t_0) \qquad (1)$$

Obr. 1 shrnuje autogenní a celkové smrštění betonu, kdy se uvažuje hranol 200x200 mm s počátkem vysýchání ve 28 dnech. Smrštění od vysýchání je rozdíl obou hodnot. Z porovnání je zřejmé, že oba betony mají podobné charakteristiky.

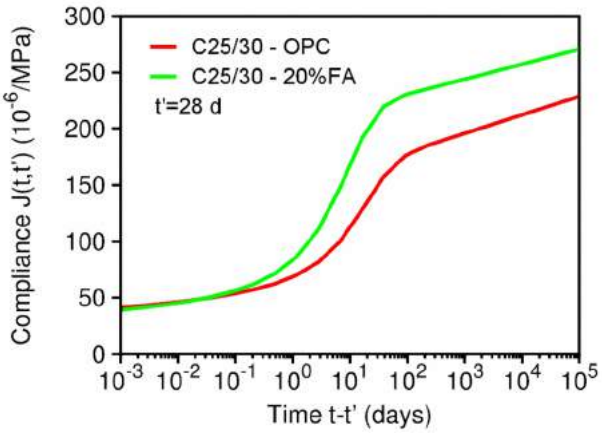
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Obr. 1 Autogenní a celkové smrštění betonů.

Dotvarování

Pro výpočet dotvarování se opět použil model B4 [4]. Výsledky na Obr. 2 ukazují mírně vyšší dotvarování betonu s úletovým popílkem. To je příznivé v nepředpjatých konstrukcích, kde vyšší dotvarování (a tím i relaxace) vede obecně k menšímu rozvoji trhlin.



Obr. 2 Dotvarování betonů.

Závěr

Oba konstrukční betony vykazují podobné charakteristiky pro karbonataci, autogenní smršťování, smršťování při vysýchání i pro hydratační teplo.

Výrazně lépe se chová popílkový beton v prostředí s chloridy, kdy vlivem pucolánové reakce dochází k velkému poklesu difuzivity pro chloridy v čase a k řádovému prodloužení indukční doby. Použití úletového popílku také několikanásobně zpomaluje alkalicko-křemičitou reakci [5], a to už při substituci slínku 12,5%.

Uvedené poznatky se využijí v roce 2016 k optimalizovanému návrhu vybrané dopravní stavby ze železobetonu.

Literatura

[1] Šmilauer, V., Pohl, K.: CarboChlorCon 1.0 - software for concrete carbonation and chloride ingress. [Software splňující podmínky RIV (dřív Autorizovaný]. 2014.

[2] Papadakis, V.G., Tsimas, S.: Supplementary cementing materials in concrete. Part I: efficiency and design, Cem. Concr. Res., 32(10): 1525–1532, 2002.

[3] Šmilauer, V., Zobal, O., Bittnar, Z., Hela, R., Snop, R., et al.: Využití úletových popílků pro betonáž masivních konstrukcí. BETON-technologie, konstrukce, sanace, roč. 14, č. 2, s. 60-65, 2014.

[4] Bažant, Z.P., Jirásek, M., Hubler, M., Wendner, R., Lepš, M., et al.: RILEM draft recommendation: TC-242-MDC multi-decade creep and shrinkage of concrete: material model and structural analysis. Materials and Structures, vol. 48, no. 4, p. 753-770, 2015.

[5] Pertold, Z., Šachlová, Š., Šťastná , A., Bílek, V. ml., Krutilová, K., Bílek, V., Topolář, L.: Alkalicko-křemičitá reakce v české republice a možnosti její eliminace, BETON-technologie, konstrukce, sanace, roč. 14, č. 2, s. 34-41, 2014.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

ANALÝZA RIZIKA POŽÁRU V SILNIČNÍCH TUNELECH

Zpracovali: Ing. Eva Novotná, Ph.D., Ing. Jan Sýkora, Ph.D., prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng.(Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Technický list informuje o výsledku řešení zpracovaného formou dvou časopiseckých publikací [1] a [2]. Po metodické stránce je řešení vždy pojednáno ve dvou částech. První je věnována pravděpodobnostním aspektům (transportní jevy, intenzita a četnost požáru), druhá pak analyzuje poškození tunelového ostění. Jde nejen o odprysk povrchových vrstev, ale i o ztrátu pevnosti v důsledku vysokých teplot. Výsledkem je odhad pravděpodobné škody.

Oblast použití

Výsledky řešení jsou použitelné jak při návrhu nových tunelových staveb, tak při hodnocení důsledků požáru a návrhu sanačních prací k odstranění vzniklé škody. Metodika může být rozšířena i do jiných oblastí infrastrukturních staveb.

Metodika a postup řešení

Riziko je považováno za pravděpodobnou škodu způsobenou požárem v ostění tunelu. První část příspěvku je věnovaná pravděpodobnostním aspektům analýzy, v druhé části jsme se zaměřili na poškození ostění.

1. Pravděpodobnostní model

Do pravděpodobnostního modelu vstupují tyto faktory: (1) Pravděpodobnost, že v místě mimořádné události bude určitá skladba vozidel, $P_f^{[i]}$, $i = 1,2 \ldots . I$, (2) pravděpodobnost, že příslušná skladba bude zasažena požárem o tepelném výkonu q, $p_Q^{[i]}(q)$, (3) pravděpodobnost, že k požáru dojde na úseku dx, tj. $\lambda_f^{[i]}dx$, a konečně, že požár v místě x způsobí škodu $D^{[i]}(q, x)$.

Pruh 1	V	V	PC	PC	V	TB	PC	TB	TB
Pruh 2	V	PC	V	PC	TB	V	TB	PC	TB
Stav	0	1	2	3	4	5	6	7	8

PC = osobní vůz TB = nákladní vůz/autobus V = void

Obr. 1 Možné paralelní skladby vozidel pro dopravu ve dvou pruzích

(1) Možné skladby vozidel v tunelu se dvěma pruhy jsou naznačeny na Obr. 1. Kromě paralelních skladeb ze složek V-void, PC, TB lze uvažovat i sériové stavy, takže celkový počet kombinací může být 16. Pravděpodobnosti stavů lze získat Markovovým modelem, ať už stacionárním (homogenním)[1] při „nekonečném“ proudu vozidel nebo nestacionárním (nehomogenním) při přerušovaném proudu. Vstupními parametry modelu jsou přechodové pravděpodobnosti (resp. intenzity Markovova procesu) mezi složkami řetězce (V, PC, TB) a pravděpodobnosti (intenzity) přejezdů vozidel mezi pruhy. Pro analýzu nestacionárního dopravního proudu byla navržena jednoduchá dynamická bayesovská síť (DBN).

(2) Pravděpodobnosti tepelných výkonů jsou odvozeny za předpokladu, že tepelný příspěvek PC je zanedbatelný. S ohledem na dostupné podklady budeme uvažovat jen dva stavy $[i] = 1,2$. Rozdělení $p_Q^{[1]}$ (hoří jeden TB), obdržené z ETA v [3], je na Obr. 2a a vystihuje kterýkoliv ze stavů $4 \div 7$ z Obr. 1. Rozdělení $p_Q^{[2]}$ (hoří dva TB, ať již v paralelní nebo sériové konfiguraci) je na Obr. 2b. Při stejných tepelných výkonech obou TB a nezávislosti tepelných zdrojů platí

$$p_Q^{[2]}(q^2) = \sum_{(q_1)} p_Q^{[1]}(q^2 - q^1)\, p_Q^{[1]}(q^1). \qquad (1)$$

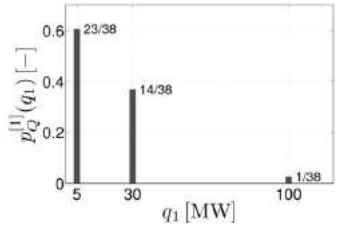
(3) Na požární nehody v tunelu nahlížíme jako na realizace Poissonova procesu s intenzitou λ_f. Tu lze odhadnout ze vztahu

$$\lambda_f = \frac{N_f}{365\{AADT\}L_{ref}}, \qquad (2)$$

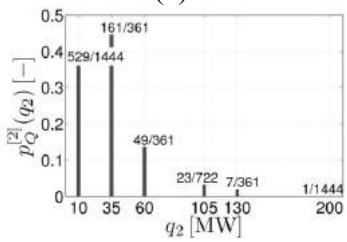
kde N_f je počet požárů za rok zjištěných v tunelech o úhrnné délce L_{ref} při průměrné hustotě denní dopravního proudu AADT. Dle údajů z Rakouska [2] $\lambda_f = 25 \cdot 10^{-9}$ [požárů(vozokm)$^{-1}$]. Data z Itálie [3], [4] dávají vyšší hodnoty, a to v poměru 4:3 u tří-pruhových:dvou-pruhovým tunelům, ale nezahrnují jen TB, ale i PC.

[1] Pojem stacionární naznačuje, že nezávisle proměnnou je čas t [den, rok]. V homogenním procesu je nezávisle proměnou poloha nehody x [m].

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



(a)



(b)

Obr. 2 (a) Diskrétní rozdělení pravděpodobnosti (jeden TB), (b) diskrétní rozdělení pravděpodobnosti $Q^{[1]}$ $Q^{[2]}$ (dva TB).

Na základě těchto údajů a aplikací věty o podmíněných pravděpodobnostech odhadneme průměrné riziko ze vztahu

$$\overline{\mathrm{RISK}} = T\{\lambda_f \mathrm{DT}\}$$

$$\sum_{[i]} \sum_{q} p_Q^{[i]}(q) \int_L D^{[i]}(q,x) \lambda_f^{[i]}(x) \kappa^{[i]}(x) \lambda_f(x)\,\mathrm{d}x, \tag{3}$$

kde T [dny] je čas pro který se riziko počítá, L [km] je délka tunelu, $D^{[i]}$ [€, Kč] náklady, které je třeba vynaložit na odstranění škody. Je třeba zdůraznit, že $D^{[i]}$ je nelineární funkcí požárního výkonu q, takže jakékoliv zjednodušení vzorce (3), jakkoli lákavé, nelze obecně doporučit. Součinitel $\kappa^{[i]}$ přisuzuje celkovou intenzitu požáru jednotlivým stavům (viz Obr. 1), tj.

$$\lambda_f^{[i]} = \kappa^{[i]} \lambda_f, \quad \sum_{[i]} \kappa^{[i]} = 1. \tag{4}$$

2. Model termo-mechanického poškození

Základem je Künzelův-Kiesslův a Bažantův-Thonguthaiův popis transportu tepla a vlhkosti spočívající na dvou bilančních vztazích pro transport hmotnosti (vlhkosti) a tepla. Výsledkem numerického řešení je rozdělení teplot a pórových tlaků vodní páry v čase a prostoru. Pro odprysk povrchové vrstvy betonu přijmeme konzervativní podmínku

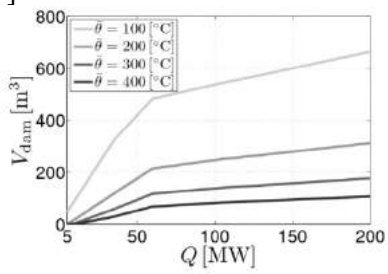
$$\phi p \geq f_t(\theta), \tag{5}$$

kde ϕ [-] je pórovitost.

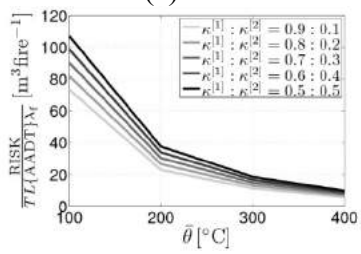
Výsledky

Pro ilustraci metodiky uvažujme jednosměrný silniční tunel se dvěma pruhy. Jako modelovou situaci předpokládejme homogenní dopravní proud, tvořený osmi PC a jedním TB v pruhu 1, a čtyřmi PC, jedním TB a jednou sériovou dvojicí TB v pruhu 2.

Ve vzorci (3) jsme škodu způsobenou konkrétním tepelným výkonem q_i vyjádřili objemem betonu $V_{dam}^{[i]}(q_i)$ [m^3], jednak ztraceného odpryskem a jednak znehodnoceného teplotou $\theta \geq \bar{\theta}$. (obr. 3) Pro určitost jsme zvolili tyto parametry: délka tunelu L = 2 [km], AADT = 17 000 [vozidel.den^{-1}], T = 365 [dnů] = 1 [rok], $\lambda_f = 30 \cdot 10^{-9}$ [požárů(vozokm)$^{-1}$]. Protože nejsou k dispozici data o rozdělení počtu požárů na skladby s jedním TB (součinitel $\kappa^{[1]}$) a se dvěma TB ($\kappa^{[2]}$), jsou na Obr. 3b při predikci rizika uvažovány všechny možné kombinace těchto součinitelů. Výsledkem je pak intervalový odhad rizika. Ze vzorce (3) a Obr. 3b tak vychází, že se pravděpodobná škoda pohybuje v rozsahu 19÷28 [m^{3}rok^{-1}].



(a)



(b)

Obr. 3 (a) Objemy tunelového ostění o[illegible] odpryskem a znehodnoceného teplotou [illegible] $\theta \geq \bar{\theta}$, (b) náhodná škoda vzhledem k počtu požár[illegible]

Literatura

[1] SÝKORA, J., JARUŠKOVÁ, D., ŠEJNOHA, J., ŠEJNOHA, M. Fire risk analysis focused on damage of the tunnel lining, Fire Safety Journal, zasláno k recenznímu řízení, (2015).

[2] ŠEJNOHA, J., SÝKORA, J., JARUŠKOVÁ, D., NOVOTNÁ, E., ŠEJNOHA, M. Analýza rizika požáru v silničních tunelech. BETON-technologie, konstrukce, sanace, 2015, no. 6, v tisku.

[3] ASFiNAG, Wien, Auswertung der ASFINAG-Tunnelbrandstatistik 2006-2012 (2013).

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

LIFE CYCLE COSTING JAKO MODERNÍ METODA HODNOCENÍ NÁKLADŮ STAVEB

Zpracovali: Doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D., Ing. Eduard Hromada, Ph.D., Ing. Petr Matějka, doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc., doc. Ing. Aleš Tomek, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Cílem pracovního balíčku WP7 v rámci dílčího cíle 7.4.1 je podpořit zadavatele veřejných zakázek v oblasti dopravní infrastruktury tak, aby byly návrhy staveb posuzovány z hlediska nákladů životního cyklu. Jedná se o jednu z možností, jak zajistit splnění kritérií 3E, tzn. jejich hospodárnosti, efektivnosti a účelnosti. To je důležité především pro projekty financované z veřejných prostředků, které musí jasně demonstrovat finanční efektivnost.

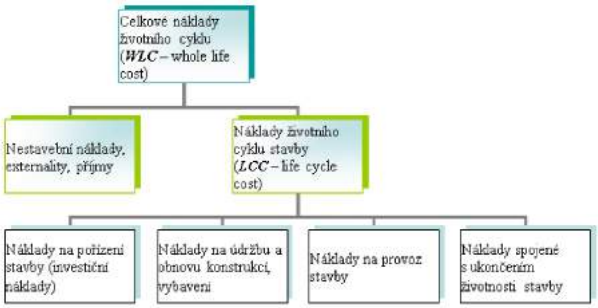
Oblast použití

Projektový tým CESTI spolupracuje s veřejným sektorem při přípravě a realizaci prestižních a veřejností sledovaných projektů dopravních staveb a při přípravě metodických předpisů:

- Stanovení obvyklé ceny stavby Trojského mostu - objednatel Hlavní město Praha.
- Vytvoření metodiky stanovení nezbytně nutných nákladů (minimální ceny) vybraných položek pro stavby dopravní infrastruktury a její ověření pro dva úseky dálnice D3 0308C a D3 0309III - objednatel Ředitelství silnic a dálnic ČR.
- Zahájení spolupráce se Státním fondem dopravní infrastruktury při stanovení nákladů vybraných staveb.
- Připomínkování návrhu zadávacích podmínek ŘSD pro hodnocení podle ekonomické výhodnosti u veřejných zakázek na služby - přípravné a projekční práce a výkon stavebního dozoru pro stavbu.

Metodika a postup řešení

Náklady životního cyklu (LCC, Life Cycle Cost) představují celkové náklady vynakládané v průběhu celého životního cyklu stavby. Jsou to náklady na pořízení, náklady na údržbu a obnovu konstrukcí a vybavení, náklady na provoz a náklady na ukončení životnosti. Jedná se o náklady vynakládané v různých časových obdobích, po dobu ekonomické životnosti stavby, proto je třeba je vyjádřit v jejich současné hodnotě (přepočet pomocí diskontní sazby).

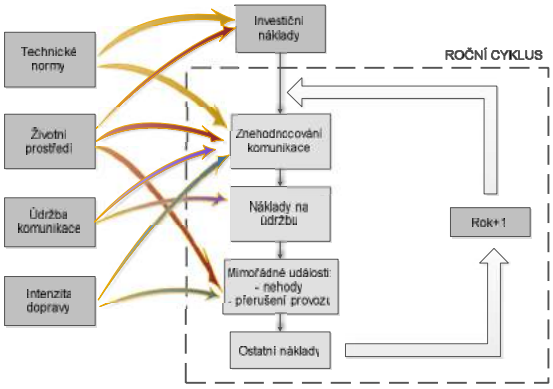


Obr. 1 Struktura nákladů WLC a LCC.

Životní cyklus stavebního díla:

- začíná vznikem myšlenky na stavbu, která se přemění v záměr,
- plánování, projektování a realizace stavby,
- užívání stavby - nejdelší časový úsek,
- končí jejím odstraněním.

Obr. 2 Životní cyklus stavebního díla.



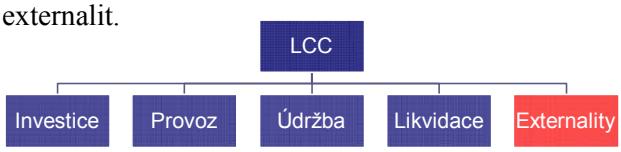
Obr. 3 Roční cyklus znehodnocování a údržby komunikace.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Podle pravidel EU pro zadávání veřejných zakázek může být zakázka zadána buď na základě nejnižší ceny nebo ekonomicky nejvýhodnější nabídky (Most Economically Advantageous Tender – MEAT).

Je-li zvolena druhá možnost, náklady mohou být dle pravidel EU vypočteny na základě celého životního cyklu stavby, ne pouze na základě pořizovací ceny.

Aktuální přístup EU dále vnáší do standardizované metodiky LCC nový prvek – započítání externích ekologických nákladů – cílem je zohlednit vliv externalit.



Obr. 4 Započítání externích ekologických nákladů do LCC.

Klasickým způsobem použití kalkulace LCC je detailní hodnocení nákladů životního cyklu stavby v rámci rozhodování o návrhu stavby nebo o investici do stavby, případně v rámci procesu rozpočtování. Předpokládá to detailně zpracovanou projektovou dokumentaci stavby. Další možnou aplikací je rozhodování o rekonstrukci nebo změně účelu užití stavby. Kalkulace LCC může být využita k predikci cash flow (peněžní tok) pro vymezené období.

Předběžná analýza LCC v předinvestiční fázi je obvykle následována detailní analýzou LCC ve fázi investiční (etapa projektování). Současně s detailní analýzou LCC stavby jako celku jsou zpracovávány detailní analýzy pro, z hlediska nákladů, klíčové konstrukce, vybavení, materiály apod. Typický sled činností:

1. model LCC pro stavbu v předinvestiční fázi,
2. detailní model LCC pro stavbu ve fázi investiční (založený na detailních informacích – návrhu, projektové dokumentaci),
3. kalkulace LCC pro vybrané klíčové systémy/prvky, resp. jejich varianty (součást hodnotového managementu projektu),
4. začlenění variant systémů/prvků z předchozího kroku do návrhu stavby a provedení detailní analýzy LCC stavby jako celku.

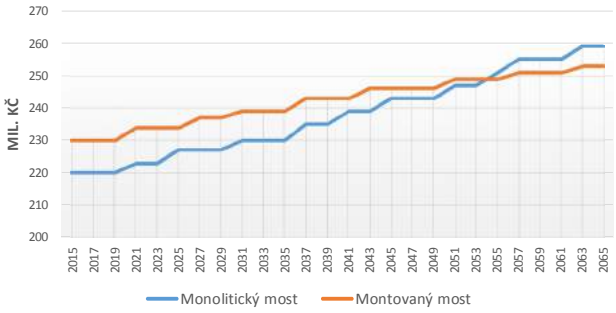
Výsledky

Byla zpracována LCC analýza pro montovaný předpjatý a monolitický most. Předpokládá se technická, ekonomická a morální životnost mostu 50 let. Během této doby je naplánováno 5 cyklů oprav a obnovy jednotlivých konstrukčních dílů.

Tab. 1 Tabulka vstupních údajů pro most montovaný předpjatý.

Konstrukční část	Časové cykly údržby - Rok údržby / procento z objemu prací									
	cyklus 1		cyklus 2		cyklus 3		cyklus 4		cyklus 5	
	rok	%	rok	%	rok	%	rok	%	rok	%
Zemní práce										
Izolace	20	90%	20	50%	15	70%	15	50%	10	80%
Základy										
Opěry, pilíře	30	5%	30	10%	20	10%				
Nosná konstrukce, ložiska	20	3%	20	8%	20	10%	20	12%		
Vozovka										
Římsy	20	10%	30	10%	30	20%				
Zábradlí, svodidla	20	50%	20	70%	15	30%	25	40%		
Mostní závěry	15	40%	15	50%	15	60%	15	70%	20	90%
Ostatní										

V rámci plánu údržby a obnovy se musí definovat rok zásahu do konstrukčního prvku a rozsah tohoto zásahu vyjádřený procentem z původních stavebních nákladů. Po vyplnění tabulky pro všechny konstrukční prvky a různé varianty řešení mostní konstrukce je možné sestavit součtovou čáru celkových nákladů na přípravu, realizaci a údržbu mostu v čase za 50 let:



Obr. 5 Časový cyklus údržby a obnovy mostu za dobu jeho životnosti.

Závěr

Výsledky práce byly prezentovány na mezinárodní konferenci Creative Construction Conference 2015 a dále byly vytvořeny odborné články publikované v časopise Procedia Engineering indexovaném v databázi Scopus:

SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, R.: Highway projects: Low prices in public bids.

TOMEK, KALINICHUK: Agile PM and BIM: A hybrid scheduling approach for a technological construction project.

Literatura

[1] Schneiderová Heralová, R. Udržitelné pořizování staveb (ekonomické aspekty), 1st ed.; Wolters Kluwer ČR: Praha, 2011.

[2] Langdon, D. A common European methodology for Life Cycle Costing, European Commission, Davis Langdon Management Consulting. 2007.

[3] Boussabaine, A., Kirkham, R. Whole Life-cycle Costing, Risk and risk responses, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2004.

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

JEDNÁNÍ ŘÍDÍCÍHO VÝBORU, VĚDECKÉHO VÝBORU A PRŮMYSLOVÉHO VÝBORU

Zpracoval: Ing. Petr Bílý (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V roce 2015 proběhla dvě zasedání Řídícího výboru a tři zasedání Vědeckého výboru.

Kromě toho se uskutečnilo jednání CESTI Users Group a řada schůzek se zástupci Ředitelství silnic a dálnic ČR (ŘSD).

Zasedání Řídícího výboru č. 1

První zasedání Řídícího výboru se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 4. května 2015. Obsah jednání byl následující:

- Byly projednány a schváleny návrhy na změny rozpočtu účastníků TOTAL a Skanska.
- Vedoucí jednotlivých balíčků nebo jejich zástupci představili plánované výsledky pro rok 2015 a klíčová témata výzkumu pro období 2016 – 2019.
- Tajemník informoval o způsobu řešení úpadku firmy IKP Consulting Engineers (nahrazení v projektu firmou IKP Engineers Group) a o odstoupení firmy Bilfinger MCE Slaný (závazky převzaty firmou SDS Exmost).
- Tajemník informoval rovněž o průběhu a výsledcích veřejnosprávní kontroly projektu uskutečněné v únoru 2015.
- Byla představena sebehodnotící zpráva zaslaná na TAČR za účelem vyhodnocení práce projektu a rozhodnutí o jeho dalším pokračování.
- Proběhla diskuse o hlavních tématech výzkumu pro roky 2016 – 2019.

Zasedání Řídícího výboru č. 2

Druhé zasedání Řídícího výboru se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 15. října 2015. Obsah jednání byl následující:

- Byly projednány a schváleny návrhy na zařazení nových výsledků do podrobného plánu práce CESTI.
- Tajemník podal informaci o dodatku ke smlouvě o spolupráci, který je nutno podepsat v souvislosti s odstoupením IKP Engineers Group z projektu CESTI a záměnou Valbek EU a.s. za Valbek spol. s r.o.
- Tajemník informoval o průběhu hodnocení projektu CESTI na TAČR.
- Tajemník nastínil harmonogram práce projektu v závěru roku 2015.
- Vedoucí jednotlivých balíčků nebo jejich zástupci představili výsledky dosažené v roce 2015.

Zasedání Vědeckého výboru č. 1

První zasedání Vědeckého výboru se konalo v sídle SMP CZ a.s. v Praze dne 2. dubna 2015. Obsah jednání byl následující:

- Prokurista společnosti SMP CZ a.s. pan Ing. Vladimír Brejcha prezentoval oblasti činnosti SMP CZ v projektu CESTI. Následovala diskuse o možném využití výsledků SMP CZ u jiných partnerů projektu a o zapojení výzkumných organizací do aktivit SMP CZ.
- Hlavní části jednání bylo stanovení strategie pro Interim hodnocení TAČR a rozdělení úkolů v souvislosti s přípravou sebehodnotící zprávy.
- V závěru jednání tajemník projektu informoval o dalších skutečnostech aktuálně řešených v souvislosti s činností projektu.

Zasedání Vědeckého výboru č. 2

Druhé zasedání Vědeckého výboru se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 4. září 2015. Jediným bodem programu byla diskuse o návrhu projektu CESTI na roky 2016 – 2019. Na jednání byly podrobně rozebírány připomínky jednotlivých členů výboru k zaslanému předběžnému návrhu projektu. Připomínky byly následně zapracovány do výsledné varianty návrhu.

Zasedání Vědeckého výboru č. 3

Třetí zasedání Vědeckého výboru se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 6. listopadu 2015. Jediným bodem programu byla diskuse o připravované mezinárodní konferenci v roce 2017. Z diskuse vyplynul termín konání konference (21.-22. září 2017), byl rozebírán formát konference,

hlavní témata, výše vložného, oslovování zájemců a partnerů. Výstupem jednání byl harmonogram pro další postup při přípravě konference.

Zasedání CESTI Users Group

Zasedání CESTI Users Group se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 8. ledna 2015. Za účasti členů vědeckého výboru CESTI a zástupců klíčových organizací státního a finančního sektoru působících v oblasti dopravní infrastruktury byly diskutovány návrhy na další zaměření výzkumu projektu CESTI. Výstupem dlouhé a bohaté diskuse bylo cca 15 klíčových témat, která byla posléze zapracována do návrhu řešení projektu CESTI v letech 2016-2019.

Setkání CESTI+ŘSD

Setkání členů vědeckého výboru CESTI s generálním ředitelem ŘSD se konalo v sídle Fakulty stavební ČVUT v Praze dne 4. června 2015. Řediteli ŘSD byly prezentovány jednotlivé pracovní balíčky CESTI, jejich výsledky a aktivity. Pro každý balíček byly diskutovány ty body, které jsou nejzajímavější z pohledu ŘSD. V návaznosti na toto úvodní jednání byli na ŘSD nominováni kontaktní pracovníci pro styk s pracovními balíčky CESTI. V průběhu léta 2015 pak proběhla série dílčích schůzek s těmito pracovníky, na kterých byly diskutovány výzkumné potřeby ŘSD a možnosti CESTI tyto požadavky pokrýt. Výstupy rozhovorů byly zapracovány do návrhu řešení projektu CESTI v letech 2016-2019.

PARTICIPACE NA PRAVIDELNÝCH KONFERENCÍCH

Zpracoval: Ing. Petr Bílý (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Důležitým bodem agendy vedoucích pracovníků projektu je propagace CESTI na oborových akcích doma i v zahraničí. Aktivity projektu jsou zviditelňovány mimo jiné příspěvky na domácích i zahraničních konferencích. Kromě prezentací konkrétních výsledků řešiteli pracovních balíčků byl projekt jako celek představen minimálně na osmi akcích.

Oblast použití

Prezentace přispívají k informovanosti odborné veřejnosti o aktivitách projektu CESTI. Zvyšují jeho renomé a napomáhají při prosazování výsledků projektu do praktického života.

Metodika a postup řešení

Pro prezentace jsou voleny akce, na kterých se scházejí osoby zainteresované v oblasti dopravní infrastruktury. Důraz je kladen především na akce domácí, ale s výhodou je využíváno i zahraničních cest členů vedení projektu ke zviditelnění projektu na mezinárodní úrovni.

Byl aktualizován propagační leták CESTI 2015, který shrnuje informace o nejzajímavějších dosud vytvořených výsledcích.

Obr. 1 Ukázka z propagačního letáku pro rok 2015.

Vytvořena byla rovněž série čtyř posterů, které umožňují prezentovat projekt na různých veletrzích, konferencích či setkáních co nejširšímu počtu zájemců. Grafická i obsahová stránka posterů vychází z letáku CESTI.

V časopise Geotechnika vyšel článek prezentující aktivity CESTI v oblasti vývoje nových efektivních materiálů pro tunelová ostění.

Výsledky

Následuje přehled akcí, na kterých byly průřezově prezentovány aktivity projektu CESTI. Kromě toho proběhlo několik desítek prezentací dílčích výsledků projektu jejich autory na konferencích po celém světě.

Dne 11.3.2015 představila manažerka projektu prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc. aktivity CESTI v oblasti bezpečnosti dopravní infrastruktury na workshopu „Bezpečnost na silničních stavbách za provozu“, který pod záštitou ministra dopravy spolupořádalo centrum CESTI v prostorách Fakulty stavební ČVUT v Praze.

Obr. 2 Ministr dopravy Dan Ťok na workshopu k bezpečnosti na silničních stavbách za provozu

Dne 7.5.2015 byly na workshopu společnosti LAVARIS v Mnichově formou posteru prezentovány aktivity CESTI v oblasti cementových kompozitů s částečnou náhradou cementu recyklovanými materiály.

Dne 14.10.2015 Ing. Josef Žák, Ph.D. hovořil o aktivitách CESTI v oblasti informačního modelování dopravních staveb na konferenci BIM Day v Praze.

Dne 15.10.2015 prof. Ing. Zdeněk Bittnar, DrSc. představil projekt CESTI na E2B Brokerage

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Workshop, ECTP General Assembly and FA Materials Meeting v Bruselu.

Dne 19.10.2015 doc. Ing. Jitka Vašková, CSc. prezentovala aktivity projektu CESTI na každoročním zasedání betonářských kateder z Česka a Slovenska konaném v Praze. Příspěvek byl zaměřen na výsledky projektu v oblasti navrhování betonových konstrukcí a technologie betonu.

Dne 19.10.2015 prezentoval doc. Dr. Ing. Jan Pruška aktivity a výsledky projektu v oblasti tunelových staveb na odborném semináři „Tunelové stavby na pozemních komunikacích v ČR“ konaném na Ministerstvu dopravy.

Dne 21.10.2015 prezentoval doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. aktivity a výsledky projektu v oblasti mostních konstrukcí na zasedání skupiny COST TU1406 „Quality specifications for roadway bridges, standardization at a Europeanlevel (BridgeSpec)“.

Závěr

Aktivity směřující k propagaci projektu CESTI a jeho výsledků budou pokračovat i v následujících letech.