Sborník technických listů CESTI 2013

Příloha č. 3 průběžné zprávy za rok 2013

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, byly pro jeden dílčí cíl vypracovány dva technické listy. U balíčku WP3, který má specifickou strukturu, jsou technické listy vypracovány za činnosti, nikoliv za dílčí cíle.

Sborník technických listů CESTI 2013 zkompiloval Ing. Petr Bílý, tajemník projektu CESTI, 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

1.1.1 Ověření a podmínky aplikace minerálního materiálu pro NTAS s obdobnými vlastnostmi jako zeolity 7

1.1.2 Specifikace a požadavky nových technických řešení pro nízkoteplotní lité asfalty 9

1.1.3 Soubor pokročilých funkčních zkoušek pro asfaltová pojiva, včetně jejich validace 11

1.1.5 Experimentální ověřování vybraného souboru nízkoviskózních přísad pro nízkoteplotní asfaltové směsi 13

1.1.6a Specifikace asfaltových směsí pro pomalu degradující asfaltové vrstvy 15

1.1.6b Možnosti aplikace vláken Forta FI ve směsi typu ACO jako příměsi pro zlepšení životnosti asfaltové úpravy 17

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

1.2.1 Zpřesnění technického návrhu CB vozovek, včetně předpovědi degradace vozovky v závislosti na vnějších a vnitřních parametrech 19

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

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

1.3.1 Specifikace a technická řešení energeticky úsporných asfaltových směsí s vyšším obsahem R-materiálu 23

1.3.2 Technická řešení a specifika využití různých stavebních recyklátů konstrukce vozovek ve směsích pro stmelené vrstvy včetně upravených typů recyklace za studena 26

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

2.1 Popis rozhodujících aspektů ovlivňujících náklady, popis technických problémů a jejich příčin

2.1.1 Identifikace rozhodujících aspektů ovlivňujících náklady, identifikace technických problémů a jejich možných příčin 28

2.1.2 Rešerše dostupných zdrojů, analýza domácích i zahraničních vědeckých publikací, souhrn poznatků z předchozích projektů, zpracování zprávy o současném stavu problematiky 30

2.1.3 Monitoring vybraných stávajících úseků drážní infrastruktury 32

WP3 Mosty - efektivnější konstrukce s vyšší spolehlivostí a delší životností

3.1 Vyhodnocení metod pro diagnostiku mostů, včetně principů zatěžovacích zkoušek
3.1 Metodika pro diagnostiku stávajících mostů 34

3.2 Vývoj a zkoušení nových materiálů pro aplikaci na mostních stavbách
3.2a Soudržnost UHPC a předpínací výztuže 36
3.2b Zkoušky nových materiálů pro aplikaci na mostníchstavbách 38

3.3 Příprava metodiky pro stanovení stavu existujících mostů
3.3 Příprava metodiky pro stanovení stavu existujících mostů 40

3.4 Dlouhodobé sledování mostních konstrukcí
3.4a Dlouhodobé sledování mostních konstrukcí 42
3.4b Vyhodnocování měření na mostě přes Oparenské údolí 44

3.5 Ověřování materiálů pro opravy a rekonstrukce mostů
3.5 Ověření nových materiálů používaných pro opravy a rekonstrukce mostů 46

3.6 Příprava a realizace experimentální stavby z UHPC
3.6a Prefabrikované desky spřažených mostů – spoje z UHPC 48
3.6b Příprava experimentální stavby z UHPC 50

3.8 Problematika numerického modelování složitých mostních konstrukcí
3.8 Metoda zpřesnění výpočtové analýzy reologických jevů mostů se změnami statického systému 54

3.9 Vývoj konstrukčních detailů pro spolehlivou a dlouhodobou funkci mostů
3.9 Vývoj konstrukčních detailů pro spolehlivou a dlouhodobou funkci mostů 56

3.12 Vývoj pokrokových technologických postupů pro výstavbu mostů
3.12 Návrh pokrokových technologických postupů pro výstavbu mostů 58

3.14 Příprava technických podmínek pro železniční svršek na mostech
3.14 Termické spolupůsobení bezstykové koleje s mostem 60

WP4 Tunely – pokročilé technologie a efektivní technická

4.1 Příprava TP minimalizace rizik při výstavbě tunelů
4.1.1 Postupy výstavby hloubených tunelů 62
4.1.2a Postupy výstavby ražených tunelů – souhrn 64
4.1.2b Postupy výstavby ražených tunelů – příklady havárií 66

4.2 Vývoj vláknobetonu a jeho aplikace na konstrukci
4.2.1 Aplikace vláknobetonu v tunelových ostěních 68

4.3 Vývoj vodonepropustného betonového ostění
4.3.1 Složení betonů pro vodonepropustné monolitické ostění 70
4.3.2 Podmínky pro aplikaci vodonepropustných tunelových ostění 72

WP5 Ochrana životního prostředí a zelená dopravní infrastruktura

5.2 Nástroje a technická řešení omezování hlukové zátěže a vibrací

5.2.1a Pokročilé metodiky laboratorního a in-situ měření hluku dopravy: Ověření účinnosti čištění nízkohlučných povrchů 74

5.2.1b Pokročilé metodiky laboratorního a in-situ měření hluku dopravy: Posouzení vlivu stáří obrusné vrstvy na hlučnost povrchu 76

5.4 Znečištění ovzduší a vody - měřící postupy

5.4.1 Monitoring drenážních vod v tunelech, vznik sintrů, údržba drenáží 78

5.4.2 Dlouhodobé sledování zimní údržby ve vztahu k zátěži životního prostředí v okolí komunikací, sledování kontaminace dešťové vody 80

5.4.3 Dlouhodobý monitoring kvality ovzduší v rezidenčních oblastech, metodika pro podporu rozhodování v oblasti řízení dopravy ve vazbě na kvalitu ovzduší, sledování pevných částic z nespalovacích procesů 82

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 84

6.1.2 Měřicí vozidlo osazené různými diagnostickými technikami pro měření parametrů vozovek a jejich blízkého okolí, měření za vysokých rychlostí 86

6.2 Vážení vozidel za pohybu (WIM)

6.2.1 Databáze vzorových řešení systémů vážení vozidel za pohybu (WIM) a způsobu jejich uplatnění 88

6.2.2 Vzorový systém vážení vozidel za pohybu (WIM) na vybraném úseku vozovky 90

6.3 Komplexní systémy kontinuálního monitorování objektů dopravní infrastruktury

6.3.1 Databáze vzorových řešení systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění 92

6.3.2 Vzorový systém kontinuálního monitorování vybraného úseku vozovky pozemní komunikace 94

6.4 Požáry v tunelech – ověření a návrh scénářů úniku

6.4.1 Modely šíření ohně a toxických plynů při haváriích v tunelech 96

6.4.2 Evakuační scénáře a optimalizace únikových cest při požárech v tunelech v závislosti na šíření ohně a toxických látek 98

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

7.1 Analýza současného stavu systémů řízení

7.1.1 Identifikace a kvantifikace zdrojů nebezpečí u dopravních staveb 100

7.2 Modely a nástroje pro tvorbu systémů řízení

7.2.1 Zvýšení efektivnosti přípravy a realizace dopravních staveb 102

WP8 Řízení projektu a diseminace

8.1 Organizace schůzí výborů projektu

8.1.1 Jednání Řídícího výboru, Vědeckého výboru a Průmyslového výboru 104

8.2 Organizace pravidelných workshopů

8.2.1 Participace na pravidelných konferencích 106

OVĚŘENÍ A PODMÍNKY APLIKACE MINERÁLNÍHO MATERIÁLU PRO NTAS S OBDOBNÝMI VLASTNOSTMI JAKO ZEOLITY

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

Souhrn

V oblasti nízkoteplotních asfaltových pojiv se v současnosti využívají převážně technologie založené na chemických přísadách, které zlepšují povrchovou aktivitu nebo snižují viskozitu asfaltového pojiva. Minerální přísady jsou omezené pouze na oblast přírodních nebo syntetických zeolitů a jejich principem je vytvoření efektu asfaltové mikropěny. V této souvislosti bylo provedeno ověření využití alternativních materiálů upravených technologií vysokorychlostního mletí a mechanicko-chemické aktivace. Pozornost byla věnována některým typům odprašků či zejména vedlejším produktům zpracování kamene, jakož i zejména fluidním popílkům, které by měly mít schopnost absorpce a následného uvolnění vázané vody podobným způsobe, který je známý u zeolitů. Jednotlivé přísady byly aplikovány u asfaltové směsi typu AC a současně byly provedeny samostatné přilnavostí zkoušky, které indikují především míru trvanlivost vazeb mezi asfaltovým pojivem a kamenivem. U asfaltových směsí byla pozornost věnována především odolnosti proti účinkům vody, která se ukázala být kritickým hlediskem pro určení vhodnosti a využitelnosti alternativních minerálních materiálů.

Oblast použití

Nízkoteplotní asfaltové směsi se z hlediska složení a požadavků na charakteristiky užitného chování neliší od jiných asfaltových směsí. Jejich specifickým rysem je schopnost výroby a pokládky při nižších pracovních teplotách, resp. možnost zpracovávat např. asfaltový recyklát s omezenou potřebou nadměrného ohřevu, případně využití delšího intervalu pro zpracování asfaltové směsi. Aplikace alternativních minerálních materiálů jako variantního řešení k přísadám typu zeolit má umožnit výrobu takových směsí optimálně s využitím přísady, která bude získána z druhotné suroviny či vedlejšího produktu. Tato skutečnost by měla přinést ekonomický efekt s ohledem k využívání odpadních materiálů. Následná aplikace je možná u všech typů asfaltových směsí využívaných v asfaltových vrstvách. Výjimku tvoří pouze lité asfalty, pro které toto řešení vhodné není s ohledem k velmi rychlému odparu vody při vysokých teplotách, které jsou dnes pro jejich výrobu potřebné.

Metodika a postup řešení

V rámci řešení byly identifikovány vybrané zdroje odprašků výroby kameniva, odpadní materiál ze zpracování dolomitického vápence a zvolený zástupce fluidního popílku s variantou ložového a úletového popílku. U některých z uvedených jemnozrnných minerálních přísad bylo provedeno jejich mletí vysokorychlostní desintegrací, při které je materiál aktivován – tato skutečnost je vhodná především při využití obdobných materiálů jako hydraulického pojiva.

Pro další posuzování vhodnosti jednotlivých typů minerálních materiálů z hlediska kompatibility s asfaltovým pojivem a vlivem na adhezi mezi asfaltem a kamenivem byla nejprve provedena zkouška přilnavosti s volbou 4 různých typů kameniva. Následně byla navržena asfaltová směs ACO a ACL se dvěma různými typy kameniva. U této směsi byla vedle tradiční skladby provedena i varianta, ve které byla část fileru nahrazena vybraným typem minerálního materiálu v podobě mikrofileru nebo bez úpravy (zejména fluidní popílky). Pro jednotlivé směsi byl proveden soubor ověřovacích zkoušek, kdy vedle mezerovitosti a objemové hmotnosti byla pozornost věnována především pevnosti v tahu za ohybu a poměrovému ukazateli trvanlivosti asfaltové směsi (ITSR).

Zkouška stanovení odolnosti vůči vodě (ITSR) byla provedena v souladu s technickou normou ČSN EN 12697-12. Podstatou zkoušky je rozdělení připravených vzorků z každé připravované asfaltové směsi do dvou skupin o stejné velikosti a je temperována. Jedna skupina je udržována na vzduchu při laboratorní teplotě. Druhá skupina je nasycena vodou a uložena do vodní lázně se zvýšenou teplotou. Po temperování na shodnou teplotu zkoušení se stanovila pevnost v příčném tahu na každé ze dvou skupin podle EN 12697-23 při

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

předepsané zkušební teplotě. Současně s tím byla připravena tělesa též pro americký postup, kdy se vedle saturace vodou přidává ještě jeden zmrazovací cyklus a jsou zvoleny mírně odlišné teploty.

Výsledky

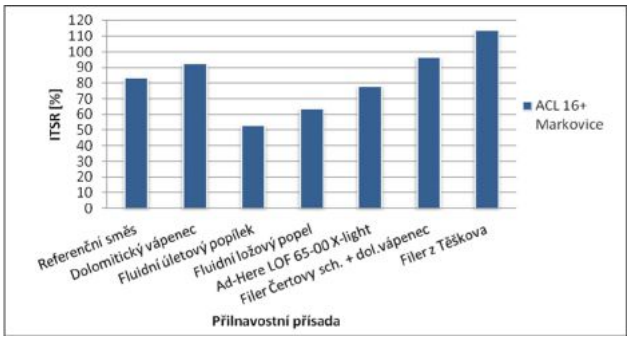
Z hlediska zkoušky přilnavosti byl proveden postup dle ČSN 736161. Posuzovány byly pro porovnání i varianty s chemickými přilnavostními přísadami. Výhody jednotlivých přísad jsou patrné z následujících tabulka 1, kde jsou porovnány různé typy přísad v závislosti na použitém druhu kameniva. Při bližším prozkoumání vzorků bylo patrné, že u minerálních přísad, v případě použití fluidního ložového popela, došlo po následném vystavení vzorku negativnímu působení vody ke specifické reakci, kdy se na zkušebním vzorku objevily obnažené drobné světlé skvrny chemicky reagujícího fluidního ložového popela. Hlavním problémem bylo riziko další hydratace popílku. Zrno kameniva nebylo dokonale obaleno asfaltovým pojivem a na zrnu kameniva ulpěla jemná zrna popílku, která pak reagují s vodou.

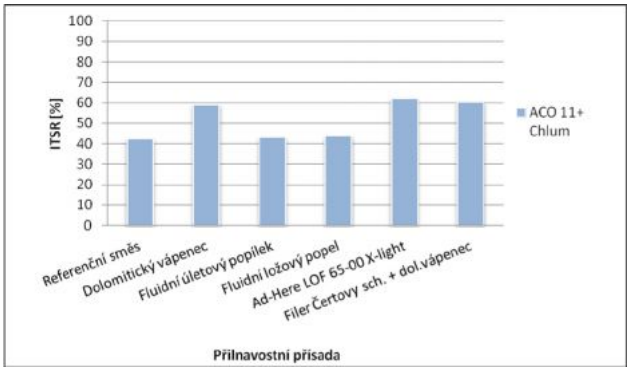
Tab. 1 Výsledky zkoušky přilnavosti (V=vyhovující; N=nevyhovující)

Pojivo	Přísada	Podíl	Chlum 8/16			Mladovice 8/16		
50/70	Fluidní ložový popel	0,3%	C-D	73%	N	E+	55%	N
	Dolomitický vápenec	0,3%	C-D	73%	N	D-E	60%	N
	Ad-Here 9000	0,3%	C	80%	V	C	80%	V
	Addibit 300L	0,3%	C+	83%	V	D	70%	N
	Wetfix BE	0,3%	C	80%	V	C	80%	V
	Ad-Here LOF 65-00 X-light	0,3%	C	80%	V	D	70%	N
	Impact 8000	0,3%	C	80%	V	B-C	85%	V
	bez přísady	-	E	50%	N	D	70%	N

Při vyhodnocování zkoušek vodní citlivosti byla pro jednotlivé směsi stanovena maximální objemová hmotnost, mezerovitost směsí na zkušebních tělesech hutněných 2x25 údery. Pro porovnání hodnot mezerovitosti s normou ČSN EN 13108-1 však bylo potřeba vycházet ze zhutněné objemové hmotnosti při 2x50 úderech. K tomuto přepočtu byl použit koeficient vycházející ze zkušeností při výrobě podobných asfaltových směsí, pro které má Katedra silničních staveb Fakulty stavební ČVUT hodnoty zhutněných objemových hmotností. Tento přepočet je pouze informativní a slouží k porovnání mezerovitostí jednotlivých směsí.

Důležitým poznatkem z výsledků zkoušek provedených na směsi je, že fluidní ložový popel a fluidní úletový popílek mají významný vliv na zhoršení mezerovitosti. Se zhoršenou mezerovitostí směsí s přidanou přísadou fluidního ložového popela a úletového popílku úzce souvisí zvýšení stupně nasycení vodou. To ovšem není jediným faktorem ovlivňujícím stupeň nasycení vodou, je třeba brát v úvahu vliv jednotlivých přísad z hlediska jejich chemického složení, specielně pak u fluidního ložového popela a úletového popílku, které zjevně vyvolávají reakci, a tím dochází k vyšší absorpci vody v důsledku většího vysušení asfaltové směsi, v závislosti na dávkování přísady. U směsi ACL 16+ Markovice s fluidním ložovým popelem bylo jeho dávkování pouhých 1,91 % hmotnosti, kdežto u fluidního úletového popílku bylo toto dávkování 8,81 % hmotnosti, a to se projevilo zvýšeným stupněm nasycení vodou, jednak v důsledku nadměrného vysušení směsi, ale i díky již zmíněnému zhoršení mezerovitosti směsi. U směsi ACO 11+ Chlum s fluidním ložovým popelem a úletovým popílkem bylo dávkování přísady shodné, 7,10 % z celkové hmotnosti, to mělo za následek větší vysušení vyrobené asfaltové směsi a vyšší stupeň nasycení.





Literatura

[1] Valentová, T.: Vliv mikrofileru a přilnavostních přísad na adhezi asfaltové směsi. Praha, 2012. Bakalářská práce. ČVUT FSv v Praze.

[2] Valentin, J., Vavřička, J., Valentová, T.: Influence of Various Adhesion Promoters on Asphalt Behavior by Assessment of Water Sensitivity. Department of Road Structures, Czech Technical University in Prague.

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

SPECIFIKACE A POŽADAVKY NOVÝCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ PRO NÍZKOTEPLOTNÍ LITÉ ASFALTY

Zpracovali: Ing. Petr Bureš, Ing. Jiří Fiedler (EUROVIA); Ing. Lubomír Žalman, Ing. Petr Špaček (Skanska a.s.); Ing. Petr Mondschein, Ph.D., Bc. Jan Kolařík (Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. Jan Beneš (TOTAL Česká republika)

Souhrn

Nízkoteplotní lité asfalty byly ověřovány s jejich vhodnou skladbou jednotlivých kvalitativních tříd používaných v ČR dle ČSN EN 13108-6 (třídy I až V). K dosažení snížení viskozity pojiv popřípadě lubrikačního účinku byly vybrány přísady k ověření chování při použití základního pojiva (asfalt 20/30). Z odstupňovaného dávkování přísad k pojivu či podle účinku deklarovaného výrobcem přísady byla zvolena směsná pojiva. Určen byl rozsah zkoušek směsných pojiv a namíchaných směsí litých asfaltů. Zkoušky vypovídající o rozhodujících vlastnostech litého asfaltu (zpracovatelnost, přilnavost) byly pro zjištění účinku pracovní teploty směsi provedeny v rozmezí 200-230°C. Celkové vyhodnocení k možnostem určení mezí pracovních teplot bude provedeno po celkovém ověření všech uvažovaných variant složení, měření emisí a provozním ověření navržených směsí a pracovních teplot.
Aktivity se dále zaměřily na zhodnocení nejnovějšího vývoje v souvislosti s reklasifikací asfaltů a zpráv IARC a ANSES vydaných v průběhu roku 2013, na výběr vhodných přísad pro snížení teplot při výrobě a zpracování litých asfaltů a na realizaci prvních zkoušek.

Oblast použití

Použitím vhodných přísad a úpravou technologických postupů bude možné snížit teploty při výrobě, přepravě a zpracování litých asfaltů. Sníží se tím energetická náročnost výroby a zlepší ochrana životního prostředí a zdraví pracovníků. Využitelnost směsí se nadále předpokládá v krytu pozemních komunikací včetně tramvajových těles a nemotoristických komunikací, jakož i v ochranných vrstvách izolací na mostech.

Metodika a postup řešení

K řešení problematiky byla provedena analýza zahraničních a domácích poznatků se zaměřením na druhy používaných přísad, zkušební postupy k jejich hodnocení, technologické postupy z oblasti litých asfaltů a měření emisí v procesních vztazích.
Pro ověřování možností snižování teplot byly rozděleny lité asfalty ve smyslu kvalitativních tříd ČSN EN 13108-6 na skupiny, ve kterých bude zkoušení a hodnocení realizováno (třídy I, III, IV; třída II a třída V).
K ověřování byly zvoleny dosud v ČR používané přísady: montánní vosk Romonta Normal (SRN), montánní vosk Montana Wax 086 TL (Itálie), amid mastných kyselin Licomont BS 100 (SRN). Jako nové přísady byly k ověření v roce 2013 (návazně dokončení v roce 2014) vybrány: nízkoviskózní přísady (hydrogenovaný ricinový olej CREMERAC (SRN) a syntetický „montánní“ vosk Baerolub (SRN)) a lubrikační přísady (Rediset LQ (Holandsko), CECA Base -. RT (Francie) a Aspha-min (SRN)). V dalším kole rozvoje inovace technologie budou použity nové přísady umožňující snížení teploty až k hranici 180 (160°C). Boudou opět realizovány zkoušky uvedené výše. Výsledky provedených zkoušek budou uvedeny a zhodnoceny ve výroční zprávě.
Pro dosud používané přísady byla určena jejich množství z celkového směsného pojiva s asfaltem 20/30 dle dosavadních zkušeností. Dávkování nízkoviskózních přísad se určuje z ověřovacích zkoušek směsných pojiv v odstupňovaných krocích 1-5 %-hmot.. Dávkování lubrikačních přísad bude v množství doporučeném jejich výrobcem a v této skladbě budou také ověřena směsná pojiva.
Z hlediska metodiky zkoušení jsou na původních asfaltech a na namíchaných směsných pojivech provedeny zkoušky základních vlastností (penetrace, bod měknutí a bod lámavosti) a zkoušky dynamické viskozity včetně vyhodnocení v celkovém rozsahu podle [7] za účelem posouzení případného tixotropního či pseudoplastického chování pojiva. Současně jsou na jednotlivých pojivech prováděny porovnávací zkoušky viskozit pro jednotlivé přísady v oboru teplot 150 až 250°C a stanovení základních empirických vlastností. Dále se realizují některé nové funkční zkoušky, jako je například zkouška opakovaného namáhání MSCR (Multi Stress Creep Recovery Test).
U směsí třídy I až V se předpokládá provedení zejména: kontrolní zkoušky podle ČSN EN 13108-6, zpracovatelnost podle ČSN 73 6160 při 200-230°C. U třídy IV navíc také přilnavost v tahu podle ČSN EN 13596 na NAIP a stěrkový PMMA. Byly vybrány dvě základní směsi typu MA 8 II a MA 11 IV jako referenční směsi. V prvním kroku jsou zkoušeny stávající přísady a jejich kombinace zlepšující zpracovatelnost litých asfaltu. V rozmezí teplot 250 až 200°C je měřena zpracovatelnost a odolnost proti trvalým deformacím zkouškou širokým trnem. V případě MA 11 IV je navíc pro teploty 230°C a 210°C zjišťována přilnavost litého asfaltu k izolačnímu systému.
Uvedené laboratorní zkoušení se doplní v roce 2014 ověřením zpracovatelnosti zkušební ruční a strojní pokládkou. K tomuto účelu musí být použit vařič s dobrou funkcí ohřevu jeho obsahu. Na obalovně se namíchá

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

uvedená směs při nejnižší uvedené teplotě směsi 200°C, přičemž se po ověření pokládkové zpracovatelnosti zvýší teplota na 215°C a nakonec na 230°C. Také při těchto teplotách se zaznamená dosažená zpracovatelnost k celkovému vyhodnocení. Dále budou při nižších teplotách 200 a 215°C ověřeny emise při pokládce vrstvy litého asfaltu. Emise budou ověřeny rovněž při výrobě asfaltové směsi na obalovně při 200°C.

Specifikem litých asfaltů je zpracování a výroba při výrazně vyšších teplotách než při realizaci hutněných asfaltových směsí. Kromě vyšší energetické náročnosti to s sebou nese některá bezpečnostní a zdravotní rizika. Proto byla v posledních letech snaha teploty při výrobě a zpracování litých asfaltů snižovat.

Jedním z prvních podnětů k tomu bylo zavádění nového systému registrace a klasifikace chemických látek REACH v rámci Evropské unie a s tím související registrace asfaltů provedená u Evropské chemické agentury (ECHA) organizací CONCAWE v říjnu 2010. Při registraci REACH nebyl výrobci asfaltů žádný asfaltový výrobek zaregistrován jako nebezpečná látka. Bylo však doporučeno pracovat při nižších teplotách než bylo do té doby obvyklé.

Výrobci asfaltů a asfaltových směsí proto byly zkoušeny různé přísady umožňující snížení teplot při výrobě litých asfaltů o 10 až 20°C. Snížením teploty při výrobě o 10°C se přitom emise z asfaltu a asfaltových výrobků sníží cca o 50 %. V návaznosti na tento vývoj například Německo ve svých předpisech již zavedlo omezení maximální teploty při výrobě litých asfaltů na 230°C. V ČR byly dosud vydány předběžné technické podmínky TP 238.

Dalším impulzem pro snižování teplot při výrobě litých asfaltů byla reklasifikace asfaltů provedená mezinárodní organizací IARC koncem roku 2011. Bohužel se však opozdilo vydání monografie, ve které byla reklasifikace zdůvodněna. Tato rozsáhlá výzkumná zpráva [1] byla IARC vydána teprve v červnu 2013. Dlouho tedy nebylo známo, jaké důvody vedly experty IARC k jejich závěrům a navazující reklasifikaci asfaltů.

Opozdila se rovněž zpráva francouzské státní organizace ANSES (která se zabývá hodnocením potravin, pracovním lékařstvím, ochranou životního prostředí) o hodnocení zdravotních rizik spojených s používáním asfaltových výrobků a přísad do nich. Ta byla vydána teprve v září 2013. Zatímco zpráva IARC se zabývá jen otázkami karcinogenity z hlediska nebezpečnosti, tj. vlastností látky působit nepříznivě (v anglické terminologii „hazard“, tj. v daném případě „evaluation of cancer hazards“), zpráva ANSES je šířeji zaměřena. Sleduje i jiné možné vlivy, jako dráždivost a zabývá se i rizikem (tj. pravděpodobností, se kterou dojde za definovaných podmínek expozice k projevu nepříznivého účinku).

Zpráva obsahuje i určitá doporučení pro výrobce a odběratele asfaltů i orgány státní správy. Doporučení jsou sice hodně obecná a formálně jsou vydána jen pro francouzské poměry. Je však možné očekávat, že tato doporučení budou mít vliv i na situaci v dalších evropských státech.

Součástí letošních prací v rámci CESTI bylo proto i shrnutí a zhodnocení informací obsažených ve zprávách IARC a ANSES do samostatné kapitoly ve výroční zprávě úkolu. Analýza uvedených dokumentů byla provedena proto, aby bylo možné orientovat další výzkum k hledání vhodných přísad a postupů pro větší snižování teplot než již odzkoušené před několika lety.

Podle údajů v prezentaci [3] se ve Francii výrobci litých asfaltů v průběhu roku 2013 přihlásili k nové strategii a předpokládá se, že v roce 2013 se již provede cca 80 % litých asfaltů při teplotách nepřekračujících 200°C. Problematickým aspektem je, že cena speciálních přísad není vyvážena snížením energetické náročnosti, takže náklady se zvyšují asi o 15 % proti klasickým litým asfaltům [4]. V současné ekonomické situaci v ČR proto nebude snadné přesvědčit investory, že je třeba vydávat za lité asfalty vyšší částky než dosud.

Zkušenosti s nízkoteplotními asfalty Eurovia ve Francii a první experimenty v ČR [5] ukazují, že výroba nízkoteplotních litých asfaltů je technologicky obtížnější než u klasických litých asfaltů. Kromě jiného jde o to, že není možné horší zpracovatelnost, zjištěnou při realizaci, kompenzovat zvýšením teploty směsi, protože použitá přísada pak zhoršuje své vlastnosti a zlepšení zpracovatelnosti a zajištění požadovaných vlastností se nedosáhne.

Proto bude nutné v návaznosti na realizované a plánované laboratorní zkoušky provést i experimentální výrobu, při které se některé problematické aspekty této technologie prověří.

Výsledky

V letošním roce byly laboratorně ověřeny na třídách MA – I až V s pojivem silniční asfalt 20/30 a s přísadami montánní vosky SRN a Italie, amidovým voskem BS 100 výše uvedené vlastnosti směsných pojiv a směsí litých asfaltů.

První výsledky zkoušek ukazují, že snížení teplot při výrobě litých asfaltů je možné s využitím všech uvažovaných vosků. Analýza zpráv IARC a ANSES ukázala, že bude vhodné zkušební program rozšířit a zkoušet i přísady umožňující snížení teplot pod 200°C .

Literatura

[1] Bitumens and bitumen emissions and some N- and S-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons, Volume 103, IARC, 2013.

[2] Évaluation des risques sanitaires liés à l’utilisation professionnelle des produits bitumineux et de leurs additifs, ANSES 2013.

[3] Faucon-Dumont,S.: AsphaltesBT/TBT, Retours d´experience http://www.asphaltes.org/publications_presentations_congres.php

[4] Ragot, G., Ollivier, F., Faucon-Dumont,S.,; Urbain, J.E.: Viasphalt® BT et TBT, RGRA No913, 6-7/2013.

[5] Valentin, J., Kašpar, J., Fiedler, J.: WMA specifications and experience with this mix type in the Czech Republic, HAPA Conference, Mezokoveds, February 2013.

[6] Temperatur abgesenkte Asphalte – Leitfaden DAV – O4/2009.

[7] The Mastic Asphalt Industry – A global perspektive – IMAA March 2013-08-23.

[8] Žalman, L.: Ověřování a kontrola stavebních materiálů pro lité asfalty – Odborná konference Hydroizolace 2011, Kurdějov

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

SOUBOR POKROČILÝCH FUNKČNÍCH ZKOUŠEK PRO ASFALTOVÁ POJIVA, VČETNĚ JEJICH VALIDACE

Zpracovali: doc. Dr. Ing. Michal Varaus, Ing. Petr Hýzl, PhD., RNDr. Svatopluk Stoklásek, Ing. Petr Pácha (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Asfaltová pojiva jsou komplexní materiály s komplexní odezvou na velikost zatížení v čase a při dané teplotě jsou determinované visko-elastickými vlastnostmi, které se projevují za normálních podmínek při použití v hutněných asfaltových vrstvách pozemních komunikacích.

Pro zkoušení asfaltových směsí se vyvinuly empirické zkušební metody, které umožňovaly klasifikovat, třídit a predikovat jejich vlastnosti a způsob použití. Nejznámějšími zkouškami tohoto typu je zkouška kroužkem, kuličkou a penetrace. Tyto zkoušky se vzhledem ke své jednoduchosti a nenáročnosti používají dodnes. Celý systém zkušebnictví a posuzování asfaltů v sobě zahrnuje celou paletu postupně se vyvíjejících zkoušek empirického charakteru.

Zcela zásadní kvalitativní skok však znamenal vládní výzkumný program SHRP (80. léta USA), jenž byl iniciován a financován americkou vládou a zahrnoval jako integrální součást vývoj nových funkčních zkušebních metod, umožňující zkoušet asfaltové materiály sofistikovanějšími metodami a zároveň zohlednit způsob použití těchto materiálů. To byla hlavní myšlenka programu SHRP „Strategic Highway Research Program“ [9] – zavést funkční kritéria (SPB - performance-based specification), jež jsou jednotná pro všechny varianty použití, neboť pouze se mění vnější podmínky pro jejich dosažení (teplota, zatížení a podobně). Finálním produktem aplikovaného výzkumu programu SHRP byl systém Superpave® (Superior Performance Asphalt Pavements), jenž byl navržen, aby poskytoval funkčně orientované signální vlastnosti, jenž jsou racionálně propojeny s výkonností asfaltových vrstev ve skutečné vozovce [10].

Oblast použití

Analýza souboru pokročilých funkčních zkoušek pro asfaltová pojiva bude použita při návrhu a vývoji asfaltových pojiv, případně bude sloužit jako podklad pro stanovení základní metodiky měření a posuzování asfaltových pojiv pomocí funkčních zkoušek.

Metodika a postup řešení

Veškeré dostupné informace z odborných článků, publikací a odborných knih jsou sepsány do několika kapitol. První kapitola pojednává o „DSR reometru“, kde autoři popisují přístroj a dynamickou mechanistickou analýzu, druhá kapitola popisuje stanovení limitní komplexní viskozity při nízkých frekvencí jako vnitřní vlastnosti asfaltových pojiv pomocí přístroje DSR, třetí kapitola se zaměřuje na test MSCRT (Multiple Stress Creep – Recovery test). Další kapitoly budou zaměřeny na problematiku únavy, healingu a zkoušení asfaltového mastixu.

Výsledky

V období roku 2013 byla v rámci dílčí části projektu „Soubor pokročilých funkčních zkoušek pro asfaltová pojiva, včetně její validace“ řešena analýza dostupných materiálu ohledně DSR reometru, kdy se předpokládá využití přístroje pro funkční zkoušky asfaltových pojiv, především pro provádění tří základních zkoušek. Jedná se o oscilační zkoušky viskoelastických vlastností na geometrii, deska/deska, které jsou prováděny s malým aplikovaným přetvořením nebo napětím, aby probíhaly v lineární oblasti, zkoušky jsou standardizovány podle ČSN EN 14 770 [8]. Dále se jedná o rotační zkoušky viskozity na geometrii kužel /deska a zkoušky smykového dotvarování s geometrií deska/deska („creepové zkoušky“).

Podrobná zpráva obsahuje popis dynamického smykového reometru („DSR“), dynamickou mechanistickou analýzu, reprodukovatelnost, opakovatelnost a round robin test u DSR. Dále obsahuje jednotlivé koherence DMA – DSR metod k ostatním zkušebním metodám, konkrétně se jedná o koherenci k BBR, koherenci DSR s penetračním indexem, koherenci DSR s modulem tuhosti pojiva podle van Poela a koherenci DSR komplexního modulu tuhosti s viskozitou.

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

Druhá kapitola pojednává o stanovení komplexní dynamické viskozitě asfaltového pojiva při nízkém a nulovém smyku. Předpokládá se, že tyto hodnoty budou korelovat s hodnotami trvalých deformací na vozovce. Smyk je aplikován v creepovém uspořádání na geometrii deska-deska a deformace probíhá tak pomalu, že pseudoplastický materiál má možnost se přizpůsobit rovnovážnému stavu. Viskozita se v takovém případě blíží určité limitní hodnotě (ZSV) představující vnitřní vlastnost materiálu. ZSV asfaltových pojiv má ze své fyzikální podstaty vždy stejnou nebo větší hodnotu oproti těm viskozitám, které byly dosaženy při vyšších smykových rychlostech. Na základě zákonitosti měření ZSV je doporučená oblast přijatelných hodnot ohraničena limitními body 0,1 kPa.s až 50 kPa.s [2]. Firma Shell [3] porovnávala celkem 10 různých asfaltových pojiv, z toho bylo 5 pojiv modifikovaných polymerem. Při analýze hodnot stanovených ZSV bylo zjištěno, že přestože mnohé metody vykazují na zestárlém pojivu zúžení rozptylu výsledků, ZSV metoda neposkytuje po RTFOT simulovaném stárnutí [4] pokles variačního koeficientu. Z diagramu je vidět, že metoda je vhodná pro nemodifikované silniční asfalty, ale variační koeficient (COV) pro polymerem modifikovaná pojiva je už v tomto případě příliš velký, aby získané údaje měly dostatečné validní vypovídající hodnotu. Oficiálně jsou hodnoty opakovatelnosti a reprodukovatelnosti uvedeny v normě ČSN EN 15 325 [2] pro různě viskózní pojiva.

Další studovanou zkouškou posuzující vznik plastických deformací je zkouška MSCR – Multiple Stress Creep Recovery Test. V testu MSCR je předpoklad, že postihne vlastnosti pojiva i v nelineární oblasti zátěžové odezvy a umožňuje identifikovat pojiva, která jsou nadměrně citlivá na zatížení právě v nelineární oblasti. MSCR umožňuje lépe rozlišit disipovanou energii podmínek cyklického zatěžování [1]. Pokud se zkouška MSCR provádí v rámci specifikace asfaltových pojiv „Superpave-PG“, tak se uskutečňuje na RTFOT zestárlém pojivu. Výsledky testů MSCRT mají mnohem lepší vypovídající schopnost o dění v reálných asfaltových vrstvách na vozovce, pokud máme na mysli trvalé plastické deformace. Jedna z veličin, které poskytuje MSCRT test, se nazývá J_{nr} – nevratná smyková poddajnost. Pokles hodnoty této veličiny na polovinu se projeví odpovídající redukcí skutečné hloubky vyjetých kolejí na vozovce rovněž přibližně o polovinu [5]. Hned od počátku bylo zjevné, že MSCR test pravděpodobně v budoucnosti eliminuje dosud používané zkoušky pro oblast horních teplot v systému PG. MSCR test je standardizován pouze podle specifikace AASHTO [6] a ASTM [7], ale transformace do evropských norem bude brzy následovat.

V závěru studie z roku 2013 je uvedeno doporučení, které z funkčních zkoušek asfaltových pojiv a v jakém režimu se navrhují provést v podmínkách ČR.

Literatura

[1] R.B. McGennis: “Background of SUPERPAVE asphalt mixture design and analysis”, Federal Highway Administration a the National Technical Information Service, 1994.

[2] ČSN P CEN/TS 15325: "Asfalty a asfaltová pojiva – Stanovení viskozity při nulovém smyku v režimu pomalého toku smykovým reometrem (SSR)“, červenec 2008.

[3] S. Nigen-Chaidron:"Rheological Quantification of Bituminous Binders for Specification Purposes“, proceedings of 4th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Copenhagen, paper 402-019, 2008.

[4] ČSN EN 12607-1:"Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení odolnosti proti stárnutí vlivem tepla a vzduchu - Část 1: Metoda RTFOT“, říjen 2007.

[5] B. Horan: „Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Task Force“, SEAUPG Annual Meeting, November 17, 2011, http:/.

[6] AASHTO TP70: “Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)”. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 2009.

[7] ASTM D7405-08 Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer, 2008.

[8] ČSN EN 14770 Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení komplexního modulu ve smyku a fázového úhlu - Dynamický smykový reometr (DSR), prosinec 2012.

[9] T.W. Kennedy, R.J. Cominsky, E.T. Harrigan, R.B. Leahy:, “SHRP Asphalt Research Program: 1990 Strategic Planning Document”, SHRP-A/ UWP-90-007, National Research Council, Washington D.C., 1990.

[10] R.B. McGennis: “Background of SUPERPAVE asphalt mixture design and analysis”, Federal Highway Administration a the National Technical Information Service, 1994.

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘOVÁNÍ VYBRANÉHO SOUBORU NÍZKOVISKÓZNÍCH PŘÍSAD PRO NÍZKOTEPLOTNÍ ASFALTOVÉ SMĚSI

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. Petr Bureš, Ing. Jiří Kašpar (Eurovia); Ing. Jan Beneš (Total Česká republika s.r.o.); Ing. Petr Špaček, Ing. Lubomír Žalman (Skanska a.s.)

Souhrn

V oblasti nízkoteplotních asfaltových směsí v současné době existuje řada přísad pro možné snížení pracovních teplot při zpracování a pokládce. V rámci řešení dílčího úkolu bylo zvoleno 6 chemických přísad a 4 průmyslově připravená asfaltová pojiva. Na asfaltových pojivech byly provedeny soubory funkčních zkoušek, včetně ověření dynamické teploty. Funkční zkoušky byly zaměřeny především na stanovení komplexních smykových modulů při různé teplotě a frekvenci zatížení, jakož i na provedení opakované zkoušky zatížení a relaxace (MSCR). Následně byly zpracovány dva soubory asfaltových směsí typu ACO, u kterých se provedly standardní zkoušky (mezerovitost, odolnost proti účinkům vody, odolnost proti vzniku trvalých deformací) a vybrané funkční charakteristiky se zaměřením na deformační chování. Současně s tím společnost Skanska a.s. realizovala pokusný úsek z nízkoteplotní asfaltovou směsí s použitím nízkoteplotní přísady Ceca Base RT. Tento pokusný úsek byl realizován v obci Toveř na Olomoucku. Jednalo se o pokládku obrusné vrstvy zhotovené ze směsi ACO 11+ s asfaltovým pojivem gradace 50/70. Snížení teploty při výrobě a pokládce výše zmíněné asfaltové směsi bylo umožněno použitím již výše zmíněného nízkoteplotního přísada CECA Base RT. Obdobně aplikovala společnost Eurovia a.s. směs s přísadou Evotherm v tunelu Blanka. Zde byla provedena i měření emisí.

Oblast použití

Technologie takzvaných nízkoteplotních asfaltových směsi NTA lze využít pro všechny typy asfaltových směsí používaných pro podkladní, ložné i obrusné vrstvy vozovek pozemních komunikací a jiných zpevněných ploch. Jedná se o technologie, které velkou měrou přispívají k redukci spotřeby energie a také k redukci emisí skleníkových plynů při výrobě asfaltových směsí. Dalším významným aspektem je redukce výparů charakteristických organických sloučenin, které zvyšují ochranu zdraví při práci. Nízkoteplotní asfaltové směsi nicméně mají svůj přínos i z hlediska šetrnějšího využití asfaltového recyklátu ve směsi.

Metodika a postup řešení

Nejprve byl určen okruh nízkoteplotních přísad, které by do výzkumného projektu měly být zahrnuty. Přehled těchto přísad je uveden níže:

- Evotherm MA3
- Ceca Base RT
- Rediset LQ
- ZycoTherm
- Sasobit (FTP)
- IterLow T

Vedle toho bylo zvoleno nízkoviskozní asfaltové pojivo 50/70 ECO2 společnosti Total, které bylo pro jeden typ směsi doplněno o pojiva rozvíjená společností Paramo a označená pracovně NV40, NV41 a 407.
Následně byl navržen laboratorní program zkoušení pro vlastnosti asfaltových pojiv a směsí s výše zmíněnými přísadami. Pro referenční směs ACO 11+ s asfaltovým pojivem gradace 50/70 byly zkoušeny níže uvedené vlastnosti:

- poměr ITSR (+ 1x zmrazovací cyklus) pro ověření vodní citlivosti asfaltové směsi;
- odolnost proti tvorbě trvalých deformací – zkouška pojíždění kolem;
- zkouška odbourání tahových napětí – relaxace;
- tuhost asfaltové směsi při různých teplotách;
- stanovení dynamického komplexního modulu;
- stanovení odolnosti proti šíření trhliny;

Dávkování přísady se ve všech případech řídilo doporučením jednotlivých výrobců. Pro první fázi laboratorního zkoušení jednotlivých přísad pro NTA směsi byla zvolena teplota hutnění 125°C. Toliko v případě pojiv Paramo byla provedena teplotní optimalizace dle TP238. Byla diskutována také problematika způsobu hutnění asfaltových směsí v laboratoři (Marshallův zhutňovač vs. gyrátor). Nejprve budou laboratorní tělesa asf. směsi připravena Marshallovým zhutňovačem a v další fázi řešení výzkumného projektu bude ověřena

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

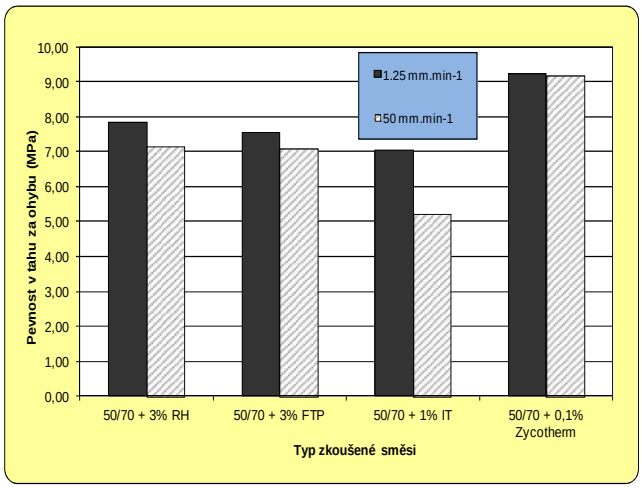
účinnost příslušných nízkoteplotních přísad v gyrátoru.
Součástí ověřování funkčnosti různých nízkoteplotních přísad v praxi jsou také realizace pokusných úseků.

Výsledky

Byla zvolena směs AC011+ s recepturou upravenou pro kamenivo z kamenolomu Libodřice (amfibolit) a v druhém případě Litice (spilit). U této směsi byl vždy aplikován nejprve postup dle TP238 se stanovením teploty, při které se objemová hmotnost zhutněných Marshallových těles asfaltové směsi přibližuje či rovná objemové hmotnosti zkušebních těles referenční směsi. Ze získaných objemových hmotností se iteračním způsobem hledá srovnatelná objemová hmotnost porovnatelná s objemovou hmotností zkušebních těles referenční směsi. Na základě docílených výsledků se opětovně potvrzuje poněkud diskutabilní vhodnost tohoto postupu, který bude nezbytné při revizích TP238 kriticky posoudit.
Množství asfaltového pojiva stanovené pro optimalizaci referenční směsi činilo 5,2 %-hm. Referenční směs byla vyrobena při teplotě 150°C. Pro zbývající varianty byla vždy provedena teplotní optimalizace a to s výrobou zkušebních těles při výše uvedených teplotách. Výsledná teplota doporučená pro jednotlivé varianty nízkoteplotních asfaltových směsí se pohybuje v rozmezí 120-130°C.

Směs	Teplota hutnění	Zhutněná objemová hmotnost	Maximální objemová hmotnost	Mezerovitost
	(°C)	(g/cm^3)	(g/cm^3)	(%)
ACO 11+ REF Paramo 50/70	150	2,673	2,745	2,61
ACO 11+ Paramo NV40	120	2,661	2,740	2,88
ACO 11+ Paramo NV41	130	2,639	2,747	3,93
ACO 11+ 407	120	2,676	2,740	4,16
ACO 11+ 3% RH	120	2,620	2,722	3,76
ACO 11+ 3% FTP	130	2,584	2,722	5,07
ACO 11+ 1% IT	130	2,570	2,722	5,57
ACO 11+ 0,1 Zycotherm	150	2,621	2,722	3,71
ACO 11+ ECO2 (130°C)	130	2,520	2,657	5,16
ACO 11+ ECO2 (120°C)	120	2,537	2,657	4,53

Z uvedených základních charakteristik (objemová hmotnost a mezerovitost) je klíčová hodnota mezerovitosti. Zde bylo zjištěno, že vyjma směsi s 3 % FTP všechny zbývající splňují požadavek pro směsi typu ACO 11+ stanovené v ČSN EN 13108-1 (2,5-4,5 %-obj.). Je patrné, že směs s pojivem NV41, kde bylo doporučeno menší snížení teploty dosahuje většího nárůstu mezerovitosti oproti referenční směsi. Uvedená skutečnost spíše podporuje upřednostnění varianty s pojivem NV40. Současně je ke zvážení, zda v případě pojiva 407 by limitní neměla být teplota 130°C. V tomto případě by pravděpodobně došlo k lepšímu zhutnění a ke snížení mezerovitosti ve zkušebním tělese.



Z dosud provedených měření vyplývá, že s aplikací nízkoviskózních přísad či povrchově aktivních látek lze docílit ve většině případů snížení pracovních teplot cca o 20-30°C. U jednotlivých variant se neprokázal zvýšený problém se zhoršenou odolností směsi proti účinkům vody. Současně v řadě případech přísady vedou k dosažení zlepšení tuhostních parametrů, přičemž zpravidla nejsou ovlivněny nízkoteplotní charakteristiky.
V roce 2013 realizovaný pokusný úsek s použitím nízkoteplotní přísady CECA Base RT umožnil docílit následující poznatky:

- Úspěšné ověření technické možnosti dávkování aditiva CECA Base RT na obalovnách výrobce Askom.
- Praktické ověření skutečnosti, jestli nebude při výrobě asfaltové směsi při nižších teplotách (cca 135 °C) docházet ke kondenzaci vodních par v komínu obalovny od výrobce Askom.
- Úspěšné ověření zpracovatelnosti asfaltové směsi vyrobené při nižší teplotě s přísadou CECA Base RT při pokládce.

Literatura

[1] TP 238 – Nízkoteplotní asfaltové směsi, MD ČR, 2012
[2] Juan Gonzalez Leon, Poul Henning Jensen. Environmental aspects of warm mix asphalts with chemical additives. Euroasphalt and Eurobitumen 2012. Istanbul.
[3] Nicolas Bueche, André Gilles Dumont. Energy in warm mix asphalt. Euroasphalt and Eurobitumen 2012. Istanbul.
[4] Technické listy od výrobku CECA Base RT

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

SPECIFIKACE ASFALTOVÝCH SMĚSÍ PRO POMALU DEGRADUJÍCÍ ASFALTOVÉ VRSTVY

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

Souhrn

Aktivity v oblasti asfaltových směsí pro pomalu degradující asfaltové vrstvy se významnou částí řešení v prvním roce zaměřily na zhodnocení a podrobnou analýzu informací a výsledků zkoušek asfaltových směsí s vyšší tuhostí než dosud používané směsi typu VMT specifikované dle technických podmínek MD ČR TP151. Tyto směsi rovněž pomalu degradují, resp. při rozvoji další generace takových směsí je cílem ve větší míře podpořit vylepšené únavové charakteristiky. Pozornost byla věnována hlavně odolnosti proti únavě a chování za nízkých teplot, které je v klimatických poměrech ve střední Evropě u směsí s velkou tuhostí klíčové.

Oblast použití

Zavedení nových asfaltových směsí s vyšší tuhostí než dosud technickými předpisy přípustné umožní navrhovat úspornější vozovky nebo vozovky s delší životností, které pomaleji degradují a tím dosahují vyšší přidané hodnoty z hlediska životního cyklu vozovky. Jejich pozitivní efekt je dosažitelný v environmentální oblasti (nižší materiálová náročnost) a ekonomické efektivitě (prodloužení cyklů pravidelné obnovy).

Metodika a postup řešení

Byly prostudovány a zhodnoceny poznatky z nedávných zahraničních výzkumných prací i informace o chování vozovek s novými materiály, včetně poruch, ke kterým v nedávné době došlo v souvislosti s extrémními zimními teplotami. To umožnilo navrhnout program laboratorních zkoušek nových druhů asfaltových směsí, které budou realizovány v roce 2014. Předpokladem je vedle úpravy čáry zrnitosti především použití nově rozvíjených typů asfaltových pojiv.

Směsi s vysokým modulem tuhosti, které mají při teplotě 15°C modul větší než směsi VMT dle TP 151, se již v některých evropských zemích používají. Jsou s nimi dobré zkušenosti ve Francii, kde umožnily snížení tlouštěk vozovek (směsi typu EME2). Tam se použily i směsi s modulem tuhosti při 15°C ≥14 000 MPa. Ovšem ve Francii jsou mírné zimy, takže riziko vzniku smršťovacích trhlin je podstatně menší než ve středoevropských poměrech. Mrazové trhliny se tvoří ve vozovce převážně napříč ke směru jízdy. V kombinaci s vysokým dopravním zatížením vznikají však také podélné trhliny v obrusné vrstvě. Ty jsou způsobeny součtem tahových napětí od ochlazování a tahových napětí od dopravního zatížení.

Ve Francii se pro směsi s vysokým modulem tuhosti používají i tvrdá silniční pojiva třídy penetrace 10/20. Pro klimatické podmínky střední Evropy je pojivo 10/20 nevhodné. Kritické teploty ze zkoušek v trámečkovém reometru BBR podle kritéria dosažení modulu tuhosti 300 MPa (T_{s300}) mohou být již po několikaletém zestárnutí vyšší než -10°C. V Belgii byly provedeny pokusné úseky [1] se směsí se silničními asfalty, které měly modul tuhosti v intervalu 11 000 až 14 000 MPa, což dle autorů bylo pro belgické klimatické poměry vyhovující.

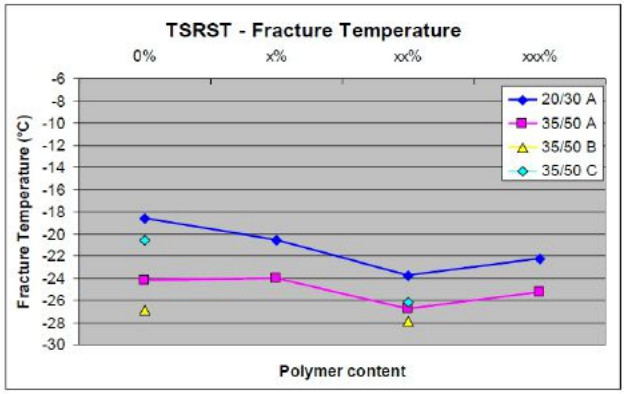
Při zavádění směsí s vysokým modulem tuhosti v Polsku doporučili francouzští specialisté před několika lety použít pojivo 20/30, aby se omezilo riziko vzniku smršťovacích trhlin. Předpokládalo se, že kritická teplota porušení by mohla být cca -20°C (což je o 5 až 7°C nižší než u pojiv 10/20 a 15/25). První realizované úseky vyhověly. Ovšem v zimě 2011–12 došlo na několika lokalitách v období extrémně nízkých teplot k vzniku řady trhlin na nedávno dokončených či budovaných vozovkách. To ukazuje, že chování směsí s vysokou tuhostí za nízkých teplot nelze podceňovat.

Při použití silničních asfaltů s vyšší penetrací, které by měly příznivější chování za nízkých teplot, by však již nebylo možné dosáhnout požadované tuhosti ≈ 11 000 MPa. Lze však použít buď pojiva modifikovaná, nebo pojiva s různými přísadami, případně zvýšit dávkování recyklátu ve směsi.

Chování pojiv modifikovaných polymery (PMB) bývá za nízkých teplot obvykle příznivější než u silničních asfaltů (zejména při modifikaci SBS). Nicméně i u PMB dochází po zestárnutí pojiva k zhoršování vlastností za nízkých teplot. U některých PMB se to může projevit více u jiných

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

méně. Je to dobře ilustrováno výsledky získanými při výzkumném projektu v Německu [2].
Vliv stárnutí na chování asfaltových pojiv za nízkých teplot byl nedávno demonstrován v práci [3] výsledky zkoušek TPBT (Three-Point Bending Test) dle metodiky CEN/TS 15936. Kromě jiného byla zjišťována maximální teplota, při které se trámeček s vrubem při zatěžování porušil trhlinou. Byly zkoušeny 4 silniční asfalty 35/50 a čtyři pojiva modifikovaná (SBS, SBS+zesíťování, vosk FT, PPA). Po zestárnutí zkouškou PAV se při zkoušce TPBT maximální teplota při porušení trhlinou zvýšila o 6-10°C (tj. například z -5 na +4°C). U zkoušky BBR byla po zestárnutí PAV kritická teplota o cca 3°C horší než u čerstvého pojiva.
Zlepšení vlastností chemicky zesíťovaných pojiv modifikovaných SBS pro směsi s velkou tuhostí a jejich příznivý vliv na chování těchto směsí byl doložen zkouškami provedenými v laboratořích Eurovia v České republice [4] a ve Francii [5].
Základní pojivo byl silniční asfalt třídy 20/30 nebo 35/50. Byl modifikován SBS a chemicky zesíťován. Byla zkoušena tři dávkování polymeru. Při ochlazovacích zkouškách dle EN 12697-46 „Nízkoteplotní vlastnosti a tvorba trhlin pomocí jednoosé zkoušky tahem“, platné od prosince 2012, se u směsi s tvrdším asfaltem po přidání malého množství polymeru zlepšila kritická teplota z -18,5 na -20,5°C. Při vyšším dávkování polymeru dokonce na -24°C (viz obr.1).



Obr.1 Vliv obsahu polymeru na kritickou teplotu při ochlazovací zkoušce [5]

Vyšší dávkování polymeru se někdy používá pro zlepšení chování za nízkých teplot při současném zvýšení odolnosti proti trvalým deformacím za vysokých teplot. Je však třeba mít na paměti, že zvyšování dávkování polymeru vede na vyšší viskozitu pojiva. Směs pak může být hůře zpracovatelná a je nutné zvyšovat pracovní teplotu.
Nárůst viskozity však může být omezen použitím speciálního polymeru, jako je například nedávno vyvinutý speciální polymer SBS firmy Kraton. Asfaltové směsi s tímto pojivem jsou označované jako HiMA. Při ochlazovacích zkouškách směsí byla kritická teplota, při které napětí od ochlazování překročilo pevnost v tahu, cca -25°C [6]. To by mělo být pro středoevropské poměry dostačující.

Výsledky

Z analýzy vyplynulo, že pro klimatické poměry v České republice by pro směsi s vyšší tuhostí než dle platného předpisu TP 151 přicházela do úvahy pojiva 20/30 nebo modifikovaná pojiva obdobné tuhosti. Bylo by však možné použít i měkčí základní pojivo s tím, že se do směsi přidá přísada či asfaltový recyklát. Bude ovšem třeba chování směsí s těmito pojivy a přísadami ověřit v roce 2014 laboratorními zkouškami funkčních vlastností.
Při stanovení požadavků na vlastnosti nových směsí v předpisech bude třeba zvážit i rozptyl výsledků. Z údajů v literatuře plyne, že u směsí VMT s moduly tuhosti při 15°C ≥ 14 000 MPa byly požadavky nastaveny poměrně přísně, takže je obtížné splnit současně jak požadavek na tuhost směsi, tak na odolnost proti únavě. To je doloženo analýzou velkého souboru zkoušek v [7]. Často je ovšem nižší hodnota jednoho parametru kompenzována tím, že druhý parametr, požadovaný normami, je splněn s rezervou. Provede-li se přepočet vozovky, dochází pak k tomu, že rezerva v jednom parametru kompenzuje nesplnění druhého parametru.

Literatura

[1] De Backer, C.: et al. A comparative high modulus asphalt experiment in Belgium, Ljubljana, 2008

[2] Lipke, S.; Kukies P. Changes of polymer-modified binder properties (Production – service life), In Congress E&E Istanbul, 2012

[3] Chailleux, E.; et al. Interpreting a three-point bending test on pre-notched bitumen beam to determine cracking behavior at low temperature, Congress E&E Istanbul, 2012

[4] Bureš, P.; Fiedler, J.; Komínek Z. Reologické vlastnosti asfaltových pojiv a směsí za středních a vysokých teplot, Konf. AV 11

[5] Eckmann, B. et al, The contribution of cross-linked polymer modified binders to asphalt performance, Congress E&E Istanbul

[6] Timm, D.; et al. Field and laboratory study of high polymer mixtures at the NCAT track, 2012

[7] Chappat et al, Pavement design – Fundamental Characteristic Modulus and fatigue, European roads review, 2009

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

MOŽNOSTI APLIKACE VLÁKEN FORTA FI VE SMĚSI TYPU ACO JAKO PŘÍMĚSI PRO ZLEPŠENÍ ŽIVOTNOSTI ASFALTOVÉ ÚPRAVY

Zpracovali: Ing. Lubomír Žalman, Ing. Petr Špaček (Skanska a.s.); Ing. Petr Mondschein, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Podle umístění v konstrukci vozovky jsou jednotlivé asfaltové vrstvy namáhány účinky dopravy (mechanického namáhání) a atmosférickými vlivy. Mezi požadavky zlepšování vlastností konstrukce vozovky (prodloužení provozní způsobilosti) patří zvyšování tuhosti, odolnosti proti trvalým deformacím a prodloužení životnosti podle zkoušek únavy. Tyto požadavky je možné ovlivňovat složením asfaltové směsi, množstvím asfaltového pojiva, modifikací asfaltového pojiva nebo asfaltové směsi. Jednou z možností modifikace asfaltové směsi je využití tzv. 3D rozptýlené výztuže. Jedná se o směs polyolefinových a aramidových vláken. Vyztužením asfaltové směsi touto kombinací vláken dochází k zvýšení tuhosti asfaltové směsi, zlepšení únavového chování a zvýšení odolnosti asfaltové směsi vůči tvorbě trvalých deformací.

Obr. 1 Směs aramidových a polyolefinových vláken určených pro asfaltové směsi vyráběné za horka

Ověřovaná asfaltová směs ACO 11 S s vlákny FORTA FI vykazuje zlepšení těchto vlastností. Na základě těchto úspěšných výsledků zkoušek byl za účelem dalšího sledování zhotoven v rámci aktivity roku 2013 realizovaný a popsaný zkušební úsek s použitím dvou variant tloušťky obrusné vrstvy, do které byla rozptýlená výztuž aplikována.

Oblast použití

Využití nových poznatků získaných v rámci řešení je významné zejména pro oblasti navrhování asfaltových směsí typu asfaltový beton v konstrukcích vozovek pozemních komunikací. Použití asfaltových směsí s různými typy vláken je významné především u vozovek s vysokými očekávanými intenzitami těžkých nákladních vozidel či v místech, kde se očekává opakované zastavování a rozjíždění vozidel resp. působení tangenciálních sil (křižovatky, přechody pro chodce, rampy, stoupací pruhy, směrové prvky s vysokým parametrem křivosti, místa, kde dochází k pravidelným kongescím dopravy apod.). Technologie vyztužení asfaltové směsi vlákny má několik předností. Lze ji využít lokálně v dopravně exponovaných místech bez nutnosti technologických zásahů do procesu pokládky a hutnění asfaltových směsí. Jedná se tedy o technologii, kdy není nutno při zvýšení funkčních parametrů asfaltové směsi provádět pracovní příčnou spáru ani měnit hutnící sestavu a proces hutnění. Výroba asfaltové směsi je ovlivněna prodloužením míchání o cca 10 s, kdy se vlákna přidávají do tzv. suché fáze míchání, kdy dochází k homogenizaci směsi kameniva ještě před přidáním asfaltového pojiva. Díky mechanickým silám dojde k rovnoměrnému promísení vláken ve směsi. V případě asfaltových směsí, které nejsou navrhovány s minimálním dovoleným množstvím asfaltového pojiva, není ani nutné měnit složení asfaltové směsi tzv. výrobní předpis. V případě suchých směsí je doporučeno vzhledem k zvýšení měrného povrchu směsi zvýšit dávkování asfaltového pojiva o 0,2 % hm.

Výsledky laboratorních zkoušek potvrdily pozitivní vliv přidávaných vláken na funkční vlastnosti, které vstupují do návrhové metodiky používané v ČR pro posouzení a návrh skladby konstrukce vozovky [5] (modul tuhosti při 15°C, únavové charakteristiky asfaltové směsi). Při zachování principu, který nechce přeceňovat laboratorně naměřená data definovaná v předpisu TP 151 [6], že pro posouzení konstrukce vozovky mohou být použity experimentálně naměřené hodnoty vyšší maximálně o 10 % od návrhových, bylo provedeno posouzení vybraných katalogových vozovek. Ve výřezu tabulky je zobrazena možnost snížení tloušťek asfaltem stmelené vrstvy s případnou kompenzací tloušťek v nestmelených konstrukčních vrstvách.

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

Proměnná tloušťka podkladní vrstvy ACP22S FR v mm	Proměnná tloušťka MZK v mm		
	250	260	270
150	0,2671/0,7190	0,2575/0,6556	0,2484/0,5978
140	0,3375/0,9233	0,3251/0,8398	0,3135/0,7638
130	-	0,4116/1,0815	0,3967/0,9810
120	-	-	-

V katalogových vozovkách je rozhodující kritickou vrstvou podloží vozovky, proto je nutné při snižování tloušťek asfaltem stmelených vrstev zachovat celkovou tloušťku konstrukce vozovky resp. provést její mírné zvětšení. Reálně je možné snížit tloušťku asfaltem stmelených vrstev o 2 až 3 cm při zvýšení nestmelených konstrukčních vrstev v tloušťkách do 5 cm. Při zachování tloušťek asfaltem stmelených vrstev při použití rozptýlené výztuže v asfaltem stmelené kritické vrstvě (ložná nebo podkladní vrstva) dojde k prodloužení teoretické životnosti asfaltového souvrství minimálně o 40 %. Tyto výsledky analýz nám umožňují operovat s náklady na celkový životní cyklus vozovky.

Metodika a postup řešení

K řešení problematiky byla provedena analýza ze zahraničních a českých odborných zdrojů a v zahraničí realizovaných zkušebních úseků pro použití rozptýlené výztuže vhodnými krátkými vlákny. K účelu ověření na zkušebním úseku byla v roce 2013 zvolena ke zlepšení vlastností asfaltové směsi a zhotovené vrstvy varianta použití aramidových vláken FORTA FI [1], [2]. Návrh tohoto ověření vycházel ze zkoušení a vyhodnocení funkčních zkoušek asfaltové směsi ACO 11S 50/70 s vlákny FORTA FI - kamenivo Zbraslav, která byla na zkušebním úseku aplikována, [3]. Další zkušenosti s vyztuženou směsí s vlákny byly publikovány v [7].

Výsledky

Podle [3] a [7] byly ověřeny vlastnosti v porovnání výsledků na stejné asfaltové směsi s vlákny a bez nich:

- Moduly tuhosti (ČSN EN 12697-6) v rozmezí teplot 0 - 40°C. Dávkování vláken přispívá k nárůstu modulu tuhosti o 6 až 44 %.
- Moduly tuhosti při 15°C dosahují hodnot vyšších jak 9 000 MPa (požadavek pro směsi typu VMT).
- Odolnost proti vyjíždění kolem – tvorbě trvalých deformací (CSN EN 12697-22). Hloubka vyjeté koleje se dávkováním vláken snižuje o 27 % původní hodnoty.
- Nízká citlivost na změnu teploty z 50°C na 60°C při zkoušce odolnosti asfaltové směsi proti tvorbě trvalých deformací.
- Odolnost proti únavě (ČSN EN 12697-24). Podle různé úrovně zatížení dochází u asfaltové směsi vyztužené vlákny FORTA FI k dosažení meze únavy při zvýšení počtu zatěžovacích cyklů o 37 až 200 %.

Údaje k provedenému zkušebnímu úseku

Stavba : Letiště V. Havla Praha Ruzyně – SO TWY-E, TWY-A

Objekt stavby	Datum pokládky	Množství (tuny)	Výměra/Tloušťka (m^2/mm)
TWY-E	31.7.2013	670,58	7000/40
TWY-A	6.9.2013	181,52	1500/50

Uspořádání konstrukce bylo provedeno na základě odborného posouzení [4].

Literatura

[1] Osvědčení o vhodnosti výrobku FORTA FI č.3/2012 – ASPK červen 2012

[2] Evaluation of FORTA Fiber-Reinforced Asphalt Mixtures Using Advanced Material Characterization Tests – Evergreen Drive, Tempe, Arizona – Kaloush ASU 09/2008

[3] FORTA FI – Aramidová vlákna pro vyztužování asfaltových směsí – eMZet leden 2013

[4] Stanovisko 2/2013 – K variantnímu návrhu složení konstrukce letištní [3] – Luxemburk duben 2013

[5] TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací, Ministerstvo dopravy České republiky, 2004

[6] TP 151 Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti (VMT), Ministerstvo dopravy České republiky, 2010

[7] Mondschein, P., Konvalinka, A.: Konstrukční úpravy pro místa s vyšším a netypickým dopravním zatížením, Research, Development and Innovation in Transport – RDIT 2013,Vysoké Mýto, 2013

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

ZPŘESNĚNÍ TECHNICKÉHO NÁVRHU CB VOZOVEK, VČETNĚ PŘEDPOVĚDI DEGRADACE VOZOVKY V ZÁVISLOSTI NA VNĚJŠÍCH A VNITŘNÍCH PARAMETRECH

Zpracovali: doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc., Ing. Petr Pánek, Ph.D., Ing. Bohuslav Novotný, DrSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze); Ing. Bohuslav Slánský, Ph.D., Ing. Jiří Šrůtka (Skanska a.s.); Ing. Tomáš Vladík (Hochtief CZ a.s.); Ing. Dušan Stehlík, Ph.D. (Fakulta stavební VUT Brno)

Souhrn

Stávající zahraniční a české výpočetní metody, používané k výpočtu napjatosti a přetvoření v konstrukcích cementobetonových (dále CB) vozovek, mají společný základ ve dvou klasických teoriích vyvinutých Westergaardem a Burmisterem. V ČR se v současné době navrhování CB vozovek provádí podle platných technických podmínek Ministerstva dopravy ČR TP 170 „Navrhování vozovek pozemních komunikací“ včetně jejich Dodatku TP 170 z 09/2010 (dále jen TP 170) [1]. Tato metoda je založena na teorii Kirchhoffovy desky uložené na Winklerově podkladu. Ta ovšem nemusí, vzhledem k mnoha zjednodušením, poskytnout vždy správný výsledek. V některých případech může tedy být výpočtem navržená konstrukce vozovky značně předimenzována, v horším případě pak ale i poddimenzována. Je tedy nutné definovat nedostatky stávající návrhové metody a formulovat doporučení pro její úpravu. Část řešitelského týmu se v letošním roce zabývala problematikou předpjatých CB vozovek určených k použití na mostech. Z dosavadních zkušeností z realizace standardních CB vozovek a CB vozovek na mostech s použitím současných předpisů [2] se ukazuje, že existuje celá řada ne zcela vhodných řešení. V rámci tohoto projektu se řešitelé letos zaměřili především na návrh vozovky pro její budoucí experimentální ověření.

Oblast použití

Jednou z možností, jak lze přesně stanovit napětí v různých konstrukcích, je využití programů pracujících na základě metody konečných prvků (dále jen MKP). V současnosti na různých (zejména zahraničních) pracovištích probíhají výzkumy orientované např. na oblasti únavového chování cementového betonu, nelineárního chování zrnitých materiálů pod zatížením a problematiku teplotních a vlhkostních vlivů, které je možné řešit právě pomocí MKP. Důvody pro co nejpřesnější stanovování napětí a deformací ve vozovkovém systému jsou naprosto zřejmé. Tím hlavním jsou zvýšené ekonomické náklady investora vznikající přeceněním napětí a deformací, vznikajících ve vozovce (vede k předimenzování konstrukce). Naopak při podcenění napětí a deformací vznikají v konstrukci poruchy, snižuje se bezpečnost provozu a opět se zvyšují ekonomické náklady, které je nutné vynaložit na opravy. Při návrhu CB vozovky je jedním z nejčastějších a nejdůležitějších úkolů správné stanovení maximálních tahových napětí v CB desce. Tahová napětí je nutno stanovit pro různé zatěžovací stavy, a to při zohlednění všech faktorů ovlivňujících chování vozovky:

- parametry dopravního zatížení,
- klimatické podmínky (teplota, vlhkost),
- vlastní tíha,
- rozměry CB desky,
- vyztužení CB desek, vyztužení spár,
- materiály cementového betonu,
- charakteristiky podloží včetně vodního režimu,
- spolupůsobení vrstev,
- residuální napětí v CB desce,
- technologie výstavby,
- délka návrhového období,
- předpokládaná míra porušení.

Zásadními nedostatky dnešní návrhové metody jsou:

- nepřesné určování působícího zatížení,
- zjednodušené definování zatížení od klimatických podmínek (teploty),
- nahrazování n-vrstvého systému podkladních vrstev a podloží vrstvou ekvivalentní,
- nemožnost definování složitějších materiálových vlastností,
- zjednodušené určení spolupůsobení (míry přenosu zatížení) jednotlivých CB desek,
- spolupůsobení jednotlivých vrstev vozovky.

Metodika a postup řešení

Na základě provedené analýzy problematiky CB vozovek a s uvážením budoucích technických a finančních možností tohoto projektu byla v této fázi

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

pozornost zaměřena na dvě hlavní, vzájemně propojené části výzkumu. První částí výzkumu bylo ověření možnosti využití 3D modelů pro analýzu CB vozovek. Do budoucna předpokládáme rozšíření 3D modelu zahrnutím nejvýznamnějších faktorů ovlivňujících chování vozovky a sloužících k následné predikci zbytkové životnosti CB vozovky. Pro modelování byl vybrán program ABAQUS [3]. Druhá část výzkumu byla zaměřena na experimenty zkoumající únavové chování CB vozovky pod cyklickým zatížením, jejichž výsledky jsou a budou jedním z hlavních vstupních údajů pro výpočetní model CB vozovky.

Výsledky

(1) V rámci tohoto projektu byly v programu [3] vytvořeny čtyři modely vozovkového systému, z nichž dva jsou relativně jednoduché (jedna CB deska na dvou různých podkladních systémech) a druhé dva již o něco složitější (čtyři CB desky na dvou různých podkladních systémech). Využitelnost modelů byla posuzována porovnáním napětí vypočtených na 3D modelech s napětími stanovenými pomocí současných a starších metod.

Tab. 1 - Porovnání tahových napětí

Napětí σ_{RMAX}	podélná hrana	příčná hrana	střed	roh
Westergaard	2,18	---	1,00	1,21
Laymed	---	---	0,84	---
TP 170	1,97	1,78	---	---
(ABAQUS) Model A	1,06	0,96	0,71	0,58
(ABAQUS) Model B	1,19	1,14	0,85	0,64
(ABAQUS) Model C	0,97	0,94	0,66	0,76
(ABAQUS) Model D	1,18	1,13	0,83	0,65

(2) Rozsáhlé analýzy problematiky 3D modelování prováděné v letošním roce poukazují na značný potenciál MKP programů. Vytvořené základní 3D modely se dají rozvíjet a mohou eliminovat mnoho výpočetních problémů stávajících metod. Dále mohou zahrnout řadu vlivů působících na CB vozovky. V dalších fázích projektu budou v programu [3] zkoumány a implementovány do 3D modelů následující nejvýznamnější faktory:

- kolové zatížení,
- zatížení od klimatických podmínek (teplota),
- trny a kotvy – určení míry přenosu zatížení,
- definice interakčního chování (spolupůsobení) vrstev,
- cyklické zatížení, únava materiálu.

(3) Byl proveden experimentální výzkum únavového působení CB desky rozměrů 1,1 × 1,4 × 0,08 m na poddajném podloží (modul podloží E_p), který doplňuje výsledky práce [4]. Deska byla zatížena ve středu zatížením kruhového půdorysu poloměru 0,05 m. Výsledky jsou zaznamenány v tab. 2 pro dvě hodnoty modulu podloží. Zatěžování proběhlo ve 4 etapách (počet cyklů v etapě i je N_i^*, výslednice maximálního zatížení $Q_{max,i}$ a maximální napětí v desce $\pm_i^*$ určené výpočtem metodou konečných prvků). Parametr κ dosáhl hodnot řádu 1.6, experiment byl ovšem ukončen před porušením desky (obdobný experiment byl v [4] ukončen porušením desky při náběhu zatížení Q_{max} = 30 kN).

Tab. 2 - Únavové testování CB desky

i	N_i^* [10^5cyk]	$Q_{max,i}$ [kN]	napětí $\pm_i^*$ [MPa]	
			E_p = 60	E_p = 75
1	1.0	10.0	2.215	2.162
2	2.5	20.0	4.383	4.281
3	2.5	25.0	5.467	5.341
4	4.0	30.0	6.551	6.400
parametr κ			1.672	1.614

Závěry

V rámci letošního řešení projektu, tématu 1.2.1, zaměřeného na zpřesnění návrhové metody TP 170 pro CB vozovky, se podařilo prokázat využitelnost 3D modelů vytvořených a určených k analýze v moderních MKP programech. Dále byly vyhodnoceny důležité faktory ovlivňující návrh CB vozovek, které budou postupně implementovány do základních 3D modelů. V rámci projektu byl také uskutečněn experimentální výzkum únavového působení CB desky, který plynule navazuje na předchozí výzkumy. V dalších fázích projektu je ale nutné provést obdobné experimenty tak, aby výsledky měly vypovídací hodnotu. Základní cíl „zpřesnění návrhové metody pro CB vozovky obsažené v TP 170“ byl členy řešitelského kolektivu rozšířen o problematiku předpjatých betonových vozovek na mostech. Konkrétním výstupem pak bude projektový a výpočtový návrh pro realizaci experimentální předpjaté betonové vozovky.

Literatura

[1] TP170 Navrhování vozovek pozemních komunikací [technické podmínky], Ministerstvo dopravy ČR, 2004, Dodatek TP 170, 2010,

[2] TP 212 Vozovky s cementobetonovým krytem na mostech PK [technické podmínky], Ministerstvo dopravy ČR, 2010,

[3] Abaqus 6.10-1, Abaqus, Providence, Rhode Island, USA, 2006,

[4] Vébr, L., Pánek, P., Novotný, B.: On fatigue resistance of pavement concrete slabs. In: Proc. 7th European Congress on Concrete Engineering, Balatonfüred, Hungary, pp. 413 – 416, 22.-23. September 2011.

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 (CDV v.v.i.); Ing. Jiří Šrůtka (Skanska a.s.)

Souhrn

K využití směsných cementů do vozovkových betonů přetrvává v České republice dlouhodobě značná nedůvěra. Pochybnosti se týkají především trvanlivosti a životnosti takto vyrobeného cementobetonového krytu, a to zejména jeho odolnosti vůči mrazu a chemickým rozmrazovacím látkám. Výsledkem je potom skutečnost, že se v České republice směsné cementy dle národní přílohy ČSN 73 6123-1 do krytu vozovek skupin L a I nesmí používat.
Cílem tohoto projektu je tedy především ověření možnosti využití směsných cementů do cementobetonových krytů vozovek v podmínkách České republiky.
Řešení projektu bylo v roce 2013 zahájeno analýzou stavu tuzemského i zahraničního výzkumu. Ve druhé polovině roku byly potom realizovány betonáže zkušebních úseků cementobetonových vozovek, při kterých byl standardní silniční portlandský cement běžně využívaný při betonáži CB krytů (CEM I 42,5 Rcs) experimentálně modifikován přídavkem různých objemů jemně mleté vysokopecní granulované strusky. Současně byly na zkušebních úsecích ověřovány možnosti využití technologie cementobetonového krytu vozovek s vymývaným povrchem.
Při betonáži jednotlivých zkušebních úseků byly provedeny zkoušky čerstvého betonu a současně byl odebrán rozsáhlý soubor vzorků určených pro zkoušky na ztvrdlém betonu, a to včetně odběrů jádrových vývrtů přímo z konstrukce.

Oblast použití

Výsledky experimentů a provozních zkoušek, jakož i všechny další poznatky získané v rámci realizace tohoto projektu bude možno využít při výstavbě i opravách cementobetonových krytů vozovek na všech typech pozemních komunikací. Výsledky řešení tohoto projektu budou využitelné i při výstavbě a opravách cementobetonových krytů letištních drah a ploch.

Metodika a postup řešení

Realizace experimentů byla inspirována mimo jiné zjištěním, že vozovkové betony vyrobené z běžně používaného CEM I 42,5 Rsc mají v posledních letech velmi rychlý nárůst počátečních pevností (v prvních 7 dnech zrání dosáhnou téměř pevností konečných). Současně se však u cementobetonových vozovek vyrobených z těchto betonů oproti předcházejícímu období výrazně zhoršily protismykové vlastnosti. Jedním z cílů realizace projektu v roce 2013 bylo tedy i ověření možného vlivu použitého cementu, resp. rychlosti jeho hydratace na povrchové vlastnosti cementobetonové vozovky.
S ohledem na kapacitní možnosti betonárny (pro experiment bylo možno využít pouze 2 sila) nebylo možno realizovat betonáž z cementu CEM I 42,5 Rsc a ze tří jiných standardně vyrobených směsných cementů s různým obsahem slínku. Do jednoho sila betonárny byl proto navezen standardní silniční cement CEM I 42,5 Rcs a do druhého sila byla navezena jemně mletá vysokopecní granulovaná struska. Výsledné „směsné“ cementy byly potom vyráběny umělým mícháním těchto dvou složek přímo na betonárně v předem stanoveném poměru. Na základě výsledků provedené studie byly navrženy experimentální betonové směsi, ve kterých byl celkový objem použitého CEM I 42,5 Rsc nahrazen 15 %, 30 % a 45 % jemně mleté vysokopecní granulované strusky. Výsledkem tak byla betonáž se „směsnými“ cementy odpovídajícími svým složením CEM II až CEM III (dle ČSN EN 197-1). Výše popsaná substituce části CEM I 42,5 Rsc ve vyrobených vozovkových betonech měla mimo jiné zajistit snížení rychlosti nárůstu jejich pevností v počáteční fázi hydratace cementu. Pomalejší průběh hydratace cementu ve vozovkovém betonu ovlivňuje příznivě kvalitu vznikajícího cementového kamene, což dle zahraničních zkušeností vede ke zvýšení odolnosti a trvanlivosti takto vyrobeného vozovkového betonu.
Součástí experimentu byla i betonáž referenčního úseku s vozovkovým betonem se 100% obsahem CEM I 42,5 Rsc.

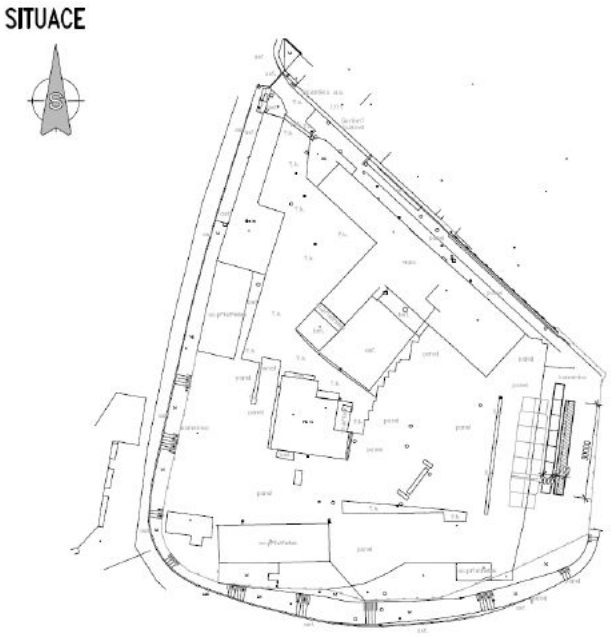
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Cílem experimentu bylo rovněž ověření vlastností čerstvého a ztvrdlého betonu vyrobeného s rozdílným poměrem mísení standardního silničního cementu a jemně mleté vysokopecní granulované strusky.

Experimentální úseky byly realizovány v areálu firmy Skanska, a.s. ve Starém Městě u Uherského Hradiště. Jako podkladní byla použita vrstva ze štěrkodrti (ŠD). Vlastní betonáž byla provedena jednovrstvovou technologií malým finišerem CMI SF 2204 s posuvnými bočnicemi. Menší finišer se v omezeném prostoru uzavřeného areálu dokázal způsobem a kvalitou zpracování cementobetonové vozovky přiblížit velkým finišerům používaným běžně na dálnicích. Experimentální úseky byly betonovány ve směru od severu k jihu ve dvou tři metry širokých pruzích, každý o délce 30 m. Betonované pruhy byly od sebe vzdáleny 1 m. V každém betonovaném pruhu byly za sebou použity postupně 2 druhy betonu – každý s jiným obsahem CEM I 42,5 Rsc.

Při ověřování technologie povrchů vozovek s vymývaným betonem byla pozornost v rámci realizovaných experimentů zaměřena především na dokumentaci celého postupu a na provádění zkoušek nutných k ověření aplikovatelnosti této nové technologie ve stavební praxi.

Umístění experimentálních úseků v rámci areálu firmy Skanska, a.s. ve Starém Městě u Uherského Hradiště je zřejmé z následující Situace:



Výsledky

Výstupem provedených experimentů budou především výsledky zkoušek a měření, a to v následujícím předpokládaném rozsahu:

A/ zkoušky čerstvého betonu:

- stanovení obsahu vzduchu
- stanovení objemové hmotnosti
- stanovení konzistence
- stanovení teploty

B/ zkoušky ztvrdlého betonu:

- stanovení objemové hmotnosti
- stanovení pevnosti v tlaku
- stanovení odolnost proti působení vody a CHRL
- stanovení pevnosti v tahu ohybem
- stanovení pevnosti v příčném tahu
- stanovení rozložení vzduchových pórů
- stanovení statického modulu pružnosti
- stanovení dynamického modulu pružnosti
- identifikace hydratačních produktů v betonu elektronovou mikroskopií
- kvantitativní hodnocení obsahu jednotlivých hydratačních produktů v betonu EDX sondou

Zkoušky ztvrdlého betonu budou realizovány jak na vzorcích odebraných při betonáži, tak na jádrových vývrtech odebraných z konstrukce. Zkoušky na vzorcích odebraných při betonáži budou realizovány v několika termínech od vyrobení zkušebních vzorků.

Výsledkem experimentů v oblasti vymývaných betonů budou doporučení pro další realizace tohoto povrchu vozovek tak, aby byla zajištěna požadovaná kvalita a rovnoměrnost provedení této povrchové úpravy cementobetonového krytu vozovek.

Foto realizovaných zkušebních úseků

Literatura

[1] Wieland, M. Betondecken mit CEM II-CEM III-Zementen – Zustandsbewertung. Straße und Autobahn 2010, (6), 398–405.

[2] Haburaj, F. Ověření možnosti využití směsných cementů do krytů tuhých vozovek. Disertační práce, Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, prosinec 2010.

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

SPECIFIKACE A TECHNICKÁ ŘEŠENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH ASFALTOVÝCH SMĚSÍ S VYŠŠÍM OBSAHEM R-MATERIÁLU

Zpracovali: Ing. Jan Valentin, Ph.D., Ing. Petr Mondschein (Fakulta stavební ČVUT v Praze);
Ing. Petr Hýzl, Ph.D., doc Dr. Ing. Michal Varaus (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Experimentálním posouzením byly ověřeny možnosti využití min. 30 % asfaltového R-materiálu ve směsích s vysokým modulem tuhosti při aplikaci asfaltových pojiv s různými typy chemických přísad, které umožňují snížit pracovní teploty, zlepšit zpracovatelnost nebo částečně znovu aktivovat asfaltové pojivo v recyklátu. Takto navržené asfaltové směsi by měly splňovat požadavky, které jsou stanoveny pro standardní asfaltové betony s vysokým modulem tuhosti. Pro tento účel byly provedeny standardní empirické zkoušky (stanovení vodní citlivosti, stanovení mezerovitosti), jakož i dynamické a reologické zkoušky, při kterých jsou ověřovány zejména deformační charakteristiky tohoto typu směsí při středních a vyšších teplotách. Aby byly reflektovány i podmínky typické pro středoevropský region, byly zvoleny též zkoušky chování směsí při nízkých teplotách, a to zejména zkouškou pevnosti v tahu za ohybu a zkouškou odolnosti proti šíření trhlin.

Oblast použití

Asfaltové směsi s vysokým modulem tuhosti jsou určené pro konstrukce vozovek pozemních komunikací s vyšším očekávaným dopravním zatížením, a to do ložních a podkladních vrstev. U vrstev s těmito směsmi se předpokládá vyšší odolnost proti deformačním účinkům dopravy, zejména těžkých nákladních automobilů. Současně je kladen důraz na delší životnost a tudíž i trvanlivost takových směsí. Z hlediska využití asfaltového R-materiálu se jedná o logický trend, který je podporován v rámci celé EU. Cílem je využití materiálů původních konstrukcí či výrobků způsobem, který v maximální míře využije přidanou hodnotu a technický přínos materiálu. V případě asfaltových vozovek je v tomto ohledu podporován tzv. up-cycling, kdy materiál kromě funkce recyklovaného kameniva má umožnit i reaktivování asfaltového pojiva a využití jeho vlastností. S ohledem k očekávanému nárůstu stavebních prací v oblasti modernizace a rekonstrukce stávající silniční sítě je identifikace vhodných přístupů k zvyšování využití recyklovaných materiálů logickým a pro praxi potřebným krokem.

Metodika a postup řešení

Bylo navrženo několik variant asfaltové směsi VMT, a to s použitím 30 % tříděného R-materiálu, jakož i bez jeho aplikace. Současně s tím byly aplikovány přísady, které umožňují buď přímé „oživení“ asfaltového pojiva v recyklovaném materiálu (tzv. rejuvenátory) nebo se jednalo o přísady, které se aplikují do asfaltových pojiv a umožňují snížit pracovní teploty, čímž se omezuje při zpracování asfaltové směsi degradace R-materiálu. Zvolené přísady byly ze skupiny syntetických vosků, které fungují jako viskozitu snižující aditiva, jakož i ze skupiny tzv. povrchově aktivních látek, jež mají vliv na lepší lubrikační efekt mezi jednotlivými zrny kameniva a tím opět dochází k lepší zpracovatelnosti i při nižších teplotách.

Na asfaltových směsích VMT pro zvolený typ kameniva a R-materiálu byly provedeny jak empirické zkoušky (mezerovitost, objemová hmotnost, parametr ITSR), tak i zkoušky odolnosti proti tvorbě trvalých deformací a stanovení tuhosti. Současně s tím byly ověřeny parametry dotvarování a provedena zkouška dynamického komplexního modulu. Zejména tato poslední charakteristika prováděná při různých teplotách a ve frekvenčním intervalu 0,5 – 50 Hz umožňuje simulovat různé účinky. Ty lze následně pomocí teorie superpozice času a teploty s využitím vhodného přepočítávacího vztahu převést / vztáhnout k jedné referenční teplotě a vytvořit tzv. řídící křivku, která umožňuje posuzovat a porovnávat chování směsi v poměrně širokém frekvenčním spektru a získat tak informaci o vlivu různých podob působící dopravy. V neposlední řadě byla pozornost věnována chování asfaltové směsi při nízkých teplotách. Zde byla zvolena zkouška pevnosti v tahu za ohybu, kterou předepisují technické podmínky TP151, jakož i relaxační zkouška provedená dle postupu uvedeného ve stejném technickém předpisu. V neposlední řadě se prováděla zkouška odolnosti směsi proti šíření trhliny, a to při dvou zvolených teplotách.

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

Výsledky

Návrh složení asfaltové směsi VMT byl proveden v souladu s požadavky na zrnitost, kterou specifikuje technický předpis TP151. Dle těchto specifikací se požaduje, aby výsledná mezerovitost směsi byla v rozmezí 3 – 6 %, přičemž minimální hodnota modulu tuhosti při teplotě 15°C (stanoveno metodou IT-CY) musí být 9 000 MPa. Cílem návrhu směsi s R-materiálem a bez R-materiálu bylo, aby se obě čáry zrnitosti co nejvíce vzájemně přibližovaly a eliminoval se tak vliv rozdílného složení asfaltové směsi. Základní složení směsí kameniva jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab.1 Složení směsi kameniva v asfaltových směsí VMT

Frakce kameniva	VMT bez R-materiálu	VMT s R-materiálem
R-materiál	0 %	30 %
11/16	20 %	13 %
8/11	24 %	30 %
2/5	15 %	10 %
0/2	37 %	15 %
filer	4 %	2 %

Průměrná mezerovitost směsí bez asfaltového R-materiálu byla 5,3 %, směsi s přidaným R-materiálem měly nižší hodnotu mezerovitosti a to na úrovni 4,2 %. V obou případech hodnoty odpovídaly stanoveným mezím, které jsou pro kontrolní zkoušky omezeny hodnotou 6 %.

Tab. 2a+b: Základní empirické charakteristiky asfaltových směsí typu VMT 16

Charakteristika / Směs	VMT A	VMT B	VMT C	VMT D
Objemová hmotnost zhutněná (g.cm^{-3})	2,388	2,398	2,407	2,416
Objemová hmotnost nezhutněná (g.cm^{-3})	2,479	2,479	2,479	2,534
Mezerovitost (%-obj.)	3,67	3,27	2,92	4,67
ITSR (-)	0,87	0,84	0,81	0,88
ITSR_zmrazovací cyklus (-)	0,79	0,89	0,94	0,84
Poměr modulů pružnosti (-)	0,82	0,68	0,60	0,88

Charakteristika / Směs	VMT E	VMT F	VMT G	VMT ref
Objemová hmotnost zhutněná (g.cm^{-3})	2,384	2,418	2,307	2,380
Objemová hmotnost nezhutněná (g.cm^{-3})	2,534	2,534	2,479	2,534
Mezerovitost (%-obj.)	5,92	4,58	6,94	6,08
ITSR (-)	0,85	0,93	0,84	1,01
ITSR_zmrazovací cyklus (-)	0,74	0,82	0,72	0,78
Poměr modulů pružnosti (-)	0,86	0,66	0,85	0,84

V případě prováděných měření tuhosti metodou IT-CY byly zvoleny teploty 5°C, 15°C, 20°C a 30°C. Volba těchto teplot odpovídá poznatkům zejména v oblasti teploty 40°C, kde jsou zpravidla získány velmi nízké hodnoty. Výsledky se pak dostávají do oblasti, kde nepřesnost měření je příliš veliká a odchylky mohou významným způsobem zkreslit výsledné hodnoty.

Tab. 3 Výsledky zkoušky modulu tuhosti metodou IT-CY

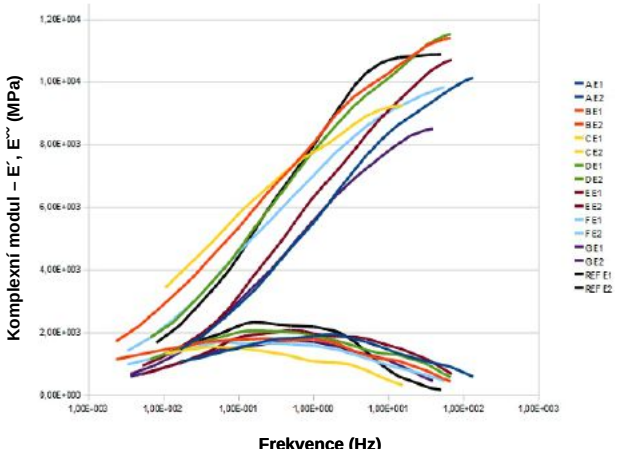
Směs	Teplota (°C)				Teplotní citlivost t_s
	5	15	20	30	
VMT A	8 100	4 500	2 800	1 100	7,36
VMT B	17 200	9 079	6 300	2 000	8,60
VMT C	16 650	11 450	6 900	2 450	6,80
VMT D	16 500	9 350	6 250	2 300	7,17
VMT E	12 250	7 400	5 200	2 400	5,10
VMT F	18 550	14 750	9 400	4 250	4,36
VMT G	18 950	14 400	8 750	3 350	5,66
REF	21 300	13 850	9 300	3 500	6,09

Z výsledků uvedených v tabulce 3 jsou patrné následující poznatky. Referenční směs (REF) s relativně tvrdším silničním asfaltovým pojivem 30/45 vykázala velmi vysoký modul tuhosti při 15°C a požadavek na jeho minimální hodnotu předepsanou v TP 151 splnila. Srovnáme-li referenční směs se směsí (E), tak se v tomto případě výrazně projevil vliv použitého pojiva. Směs s pojivem 50/70 nedosáhla předepsané hodnoty. Výsledek není nikterak překvapující a potvrzuje nutnost používat ve směsích VMT tvrdší pojiva nebo pojiva modifikovaná.

Je možné konstatovat, že použití asfaltového recyklátu zvyšuje díky obsahu tvrdého pojiva v recyklátu modul tuhosti (C-E). Tento výsledek je v souladu se zkušenostmi, jak ovlivňuje gradace pojiva chování směsí. Použitím oživovačů může dojít ke snížení modulu tuhosti pod požadovanou minimální hodnotu (C-A, C-B). Nejvyšší hodnoty modulu tuhosti bylo dosaženo při použití přísady umožňující snížit pracovní teploty v celém cyklu výroby směsi a její pokládky (F, G), kdy naměřené hodnoty byly vyšší i u referenční směsi. Z těchto zkušeností vyplývá, že použití asfaltového recyklátu ve směsi VMT nedojde ke snížení modulů tuhosti, ale naopak. Je však nutné sledovat chování směsi za nízkých teplot, kde by ztvrdlé pojivo z R-materiálu mohlo způsobit zhoršení vlastností směsi za nízkých teplot.

Výsledky zkoušky tuhosti metodou IT-CY lze doplnit poznatky čtyřbodové zkoušky na trámečkových tělesech, která byla prováděna při teplotách 0°C, 10°C, 20°C a 30°C s následným přepočtem získaných dat ke vztažné teplotě 10°C a vynesením řídících křivek. Z dosažených výsledků plynou obdobné závěry, kdy směsi s R-materiálem dosahují vyšších hodnot elastického modulu a současně se ukazuje významný vliv rejuvenátoru, který naopak i při aplikaci R-materiálu snižuje celkovou tuhost směsi.

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



Obr. 1 Řídící křivky směsí VMT

Výsledky odolnosti proti tvorbě trvalých deformací jsou uvedeny v tabulce 4. Zkouška byla prováděna na malém zkušebním zařízení podle platné evropské normy. Naměřené hodnoty vyhověly požadavkům na směsi VMT. Výsledky jsou obecně srovnatelné. Bylo prokázáno, že obsah přidávaného asfaltového recyklátu negativně neovlivňuje chování směsi.

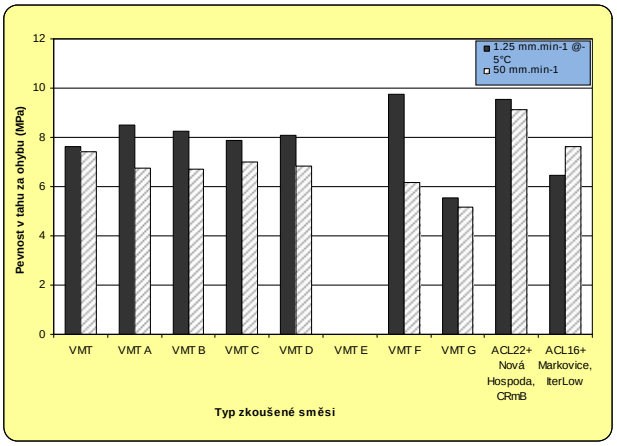
Tab. 4 Výsledky zkoušky odolnosti směsi vůči vzniku trvalých deformací

Varianta VMT	přírůstek hloubky koleje WTS_{AIR} (mm)	Poměrná hl. vyjeté koleje PRD_{AIR} v %
REF	-	-
A	0,023	1,9
B	0,026	1,6
C	0,043	2,9
D	0,032	2,7
E	0,024	1,6
F	0,012	1,5
G	0,016	1,6

Standardní metodika zkoušení nízkoteplotních vlastností VMT směsí je uvedena v TP 151. Jejím cílem je charakterizovat chování tuhých směsí za nulových a záporných teplot a předejít tak vzniku příčných mrazových trhlin. Výsledky relaxační zkoušky a zkoušky pevnosti v tahu za ohybu při 0°C jsou uvedeny v tabulce 5 a v obrázku 2. Naměřené výsledky mají svou vnitřní logiku ve srovnání s moduly tuhosti, kdy díky „měkčímu“ pojivu dosahujeme kratších relaxačních časů. Obsažený R-materiál resp. asfaltové pojivo obsažené v materiálu zvyšuje dobu relaxace. Minimální požadavek na pevnost v tlaku je 6 MPa, ta nebyla dosažena jen u směsi G.

Tab. 5 Nízkoteplotní vlastnosti asfaltových směsí

Varianta VMT	Relaxační zkouška		
	Pokles počátečního napětí na 50 % v s	Parametr regrese A	Parametr regrese B
REF	-	-	-
A	159,1	0,9953	-0,0977
B	348,6	0,9572	-0,0781
C	249,8	1,0184	-0,0939
D	208,8	1,0069	-0,0949
E	323,4	0,9681	-0,0810
F	1846,1	1,0415	-0,0720
G	364,1	0,9836	-0,0820



Obr. 2 Pevnosti v tahu za ohybu směsí VMT.

Literatura

[1] Luxemburk F., et al.: Aplikace teorie viskoelastické hmoty v silničním stavitelství. Dům techniky ČVTS Praha, 1977.

[2] Valentin J.: Užitné vlastnosti a reologie asfaltových pojiv a směsí – charakteristiky, nové zkušební metody, vývojové trendy. INPRESS, Praha 2003, 224 stran.

[3] Roque R., Buttlar W.G.: The Development of a Measurement and Analysis System to Accurately Determine Asphalt Concrete Properties Using the Indirect Tensile Mode. Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists. Vol. 61, 1992, pp. 304-332.

[4] Sobotka Z.: Reologie hmot a konstrukcí. Academia Praha, 1981.

[5] Miláčková, K: Asfaltové směsi typu VMT se zvýšeným podílem R-materiálu s různými typy asfaltových pojiv. Diplomová práce, Fakulta stavební ČVUT v Praze, 2013.

[6] Mollenhauer, K., Gaspar, L.: Synthesis of European knowledge on asphalt recycling: options, best practices and research needs; 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul, Turkey, 2012.

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

TECHNICKÁ ŘEŠENÍ A SPECIFIKA VYUŽITÍ RŮZNÝCH STAVEBNÍCH RECYKLÁTŮ KONSTRUKCE VOZOVEK VE SMĚSÍCH PRO STMELENÉ VRSTVY VČETNĚ UPRAVENÝCH TYPŮ RECYKLACE ZA STUDENA

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

Souhrn

Cílem je aplikace tříděného betonového recyklátu vzniklého recyklací stavebního a demoličního odpadu do asfaltových směsí vozovek s nízkým dopravním zatížením a pro jiné dopravní plochy. Součástí řešení jsou návrhy asfaltových směsí s využitím recyklátu, funkční zkoušení vybraných návrhů směsí a posouzení srovnáním s výsledky běžně používaných asfaltových směsí.

Oblast použití

Aplikace nových poznatků z řešení této aktivity centra CESTI bude využitelná při využití recyklátů do nízkonákladových konstrukcí vozovek, o které je rostoucí zájem, který se zvyšuje úměrně s cenou vstupních přírodních stavebních materiálů. Jedná se zejména o využití pro silnice III. tříd, místních účelových komunikací, menších parkovišť a odstavných dopravních ploch.

Metodika a postup řešení

Ze zjištěných vlastností recyklovaného kameniva vyrobeného z betonového recyklátu byly v průběhu řešení sledovány ty, které nevyhovují požadavkům platných norem a předpisům o použití do vrstev krytu netuhých vozovek. Při návrzích a posouzení asfaltové směsi s recyklátem jsme se tak soustředili především na funkčnost a trvanlivost těchto směsí, které byly zkoušeny jednak klasickými empirickými zkouškami (především samotné recyklované kamenivo), a dále funkčními zkouškami, které simulují dynamické dopravní zatížení na navržené asfaltové směsi.

Výsledky

V první fázi práce bylo důležité ověřit vlastnosti používaného recyklovaného betonu. Pro výzkum použití recyklátů byla použita homogenní frakce 0/32, která byla rozdělena do úzkých frakcí 0/4; 4/8; 8/16 a 16/32. Tvarový index byl zjištěn pro frakci 8/16 s výsledkem SI 13, což vyhovuje meznímu požadavku pro kameniva do obrusných asfaltových vrstev SI_{25}. Dalším důležitým parametrem je charakteristika jakosti jemných částic betonového recyklátu, která byla provedena zkouškou metylénové modři s výslednou spotřebou 5,9 g/kg roztoku. Výsledná hodnota MB 5,9 vyhovuje požadavku pro kamenivo do obrusných vrstev MB_{10}. U fyzikálně mechanických zkoušek byly dle všeobecně známých skutečností očekávány problémy s dodržením požadavků pro směsi s recyklátem. Při stanovování odolnosti proti drcení referenční metodou Los Angeles na frakci betonového recyklátu 8/16 mm bylo dosaženo výsledné hodnoty LA 31 pro směsi. Požadavek LA30, případně LA25.

U betonového recyklátu byl předpoklad zvýšené nasákavosti, proto byla zkouška provedena na dvou navážkách frakce 4/8 mm a 8/16 mm. Předpoklad se potvrdil, a kvůli nevyhovujícím hodnotám nasákavosti 6,7 % a 5,6 % suché hm. (požadavky jsou $WA_{24}2$, případně i $WA_{24}1$), bylo nutno ověřit mrazuvzdornost kameniva zkouškou odolnosti proti zmrazování a rozmrazování nebo zkouškou síranem hořečnatým. Objemová hmotnost zrn bez pórů se u frakcí 4/8 mm a 8/16 mm pohybovala kolem 2650 kg/m^3, objemová hmotnost vysušených zrn s póry kolem 2300 kg/m^3. Zkouška odolnosti proti zmrazování a rozmrazování byla provedena na doporučené frakci 8/16 mm. Úbytek hmotnosti 11,3 % opět několikanásobně překročil požadavky směsí

(F4, příp. F2). Proto byla provedena i zkouška síranem hořečnatým. Při zkoušce síranem hořečnatým na frakci 10/14 mm vyrobené z frakce 8/16 mm byla zjištěná hodnota ztráty hmotnosti 19,0 %.

V rámci první části práce byly zkoušeny čtyři návrhy různých asfaltových směsí za horka s využitím betonového recyklátu. Jednalo se o:

- ACO 8 CH, 50/70, ČSN EN 13108-1
  - 55% hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 0/4 mm
  - 45 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm

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

- pojivo 50/70, stanovené ideální množství 7,1 % hmotnosti asfaltové směsi

- ACL 16, 50/70, ČSN EN 13108-1
  - 45 % hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
  - 20 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm
  - 35 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 8/16 mm
  - pojivo 50/70, stanovené ideální množství 6,5 % hmotnosti asfaltové směsi

- PA 16, CRmB, ČSN EN 13108-7, TP 148
  - 10 % hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
  - 90 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 8/16 mm
  - pojivo CRmB, použité množství 7,0 % hmotnosti asfaltové směsi

- ACO 8, CRmB, ČSN EN 13108-1, TP148
  - 25% hm. směsi kameniva přírodní kamenivo Luleč frakce 0/4 mm
  - 75 % hm. směsi kameniva betonový recyklát frakce 4/8 mm
  - pojivo CRmB, stanovené ideální množství 8,0 % hmotnosti asfaltové směsi.

Ve všech směsích kromě směsi ACO 8 CH, 50/70 bylo drobné kamenivo frakce 0/4 mm nahrazeno přírodním kamenivem z kamenolomu Luleč stejné frakce. K obalení směsi byl použit běžně používaný silniční asfalt 50/70 mm nebo asfalt modifikovaný pryžovým granulátem z pneumatik (CRmB). Směs PA 16, CRmB se kvůli nevyhovující odolnosti proti drcení nepodařilo úspěšně zhutnit, proto nebyla dále zkoumána.

Na vyrobených směsích byly prováděny empirické zkoušky a funkční zkoušky – stanovení modulu tuhosti a odolnosti zkušebního tělesa vůči vodě. Z empirických požadavků bylo zásadním problémem nedodržení maximální přípustné mezerovitosti (u směsi ACO 8 CH, 50/70 překročení o 1,2 procentního bodu, u směsi ACO 8, CRmB dokonce 11,7 procentního bodu), u směsi ACO 8 CH, 50/70 ještě nebyl dodržen požadavek minimálního hmotnostního obsahu pojiva (pouze o 0,1 procentního bodu).

Odolnost proti trvalým deformacím (i když pro tyto směsi není požadována) ve všech případech vyhověla. Požadavek na odolnost vůči vodě (ITSR) je dán pouze pro směs ACO 8, CRmB

(ITSR 73,7 % pevnosti), který byl splněn (min. ITSR 70 % pevnosti).

Zjištěné moduly tuhosti (Sm) splňovaly u asfaltových směsí s pojivem gradace 50/70 mm minimální požadovanou tuhost Smin o hodnotě 7000 MPa (ACO 8 CH, 50/70 – 8877 MPa; ACL 16, 50/70 – 8103 MPa). Směs ACO 8, CRmB (Sm = 4274 MPa) požadavek na tuhost o hodnotě 4500 MPa nesplňuje. Na základě vesměs nevyhovujících výsledků zkoušených asfaltových směsí s recykláty pro obrusné vrstvy byla navržena druhá fáze výzkumu recyklátů do netuhých krytů s cílem ověřit využití do ložných příp. podkladních (hrubozrnných) asfaltových vrstev. Byly navrženy další tři směsi. V prvním případě asfaltová směs s použitím 98 % betonového recyklátu fr. 0/16 z podílu kameniva se ukázalo, že nejlepších výsledků dosahuje tato směs s dávkováním až 9,0 % asfaltu. Tato směs splňuje všechny požadavky na provedené zkoušky, uvedené v normě ČSN EN 13108-1 pro vrstvy ACL 16 a ACL 16+. U této směsi se potvrdila vysoká hodnota nasákavosti betonových recyklátů.

V další asfaltové směsi pro ložné vrstvy, která měla za cíl zredukovat množství pojiva, bylo použito 73 % betonového recyklátu fr. 0/16 z podílu kameniva. Optimální výsledky dosahovala tato směs se 7,3 %, splňovala všechny požadavky na provedené zkoušky, uvedené v normě ČSN EN 13108-1 pro vrstvy ACL 16 a ACL 16+. V třetím návrhu asfaltové směsi pro ložné vrstvy méně zatížených dopravních ploch bylo z betonového recyklátu fr. 0/16 odstraněna fr. 0/4, kvůli potřebě vyšší dávky asfaltu. Frakce 0/4 byla nahrazena přírodním kamenivem. Po optimalizaci křivky zrnitosti vznikla asfaltová směs se 47 % betonového recyklátu fr. 4/16 z podílu kameniva. Z tří různých dávkování asfaltu u této asfaltové směsi se na základě zkoušení ukázalo, že nejvhodnější je směs s obsahem 6,4 % asfaltu. Kromě nižších hodnot ITSR tato směs splňuje všechny ostatní požadavky na ACL 16 a ACL 16+. Co se týká odolnosti vůči mrazovým trhlinám a trvalým deformacím, vykazovaly všechny směsi velmi dobré výsledky.

Literatura

[1] WILCZEK, M., Recyklovaná kameniva a materiály do asfaltových vrstev vozovek pozemních komunikací, diplomová práce, VUT FAST Brno, 2011.

[2] KROPÁČ, P., Recyklované kamenivo do asfaltových směsí pozemních komunikací, diplomová práce, VUT FAST Brno, 2012.

IDENTIFIKACE ROZHODUJÍCÍCH ASPEKTŮ OVLIVŇUJÍCÍCH NÁKLADY, IDENTIFIKACE TECHNICKÝCH PROBLÉMŮ A JEJICH MOŽNÝCH PŘÍČIN

Zpracovali: doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D., Ing. Miroslava Hruzíková, Ph.D., Ing. Richard Svoboda, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Brně);
Ing. Leoš Horníček, Ph.D., Ing. Martin Lidmila, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze);
Ing. Tomáš Krejčí, MBA., Ing. Zbyněk Mynář (Skanska a.s.); Ing. Marek Smolka (DT – Výhybkárna a strojírna, a.s.);
Mgr. David Relich, Ph.D. (Geostar spol s .r.o.); Ing. Ladislav Minář, CSc. (Kolejconsult & Servis, s.r.o.)

Souhrn

V dílčím cíli „Identifikace rozhodujících aspektů ovlivňujících náklady, identifikace technických problémů a jejich možných příčin“ došlo v dílčích tématech pracovního balíčku WP2 k určení těchto aspektů vyhodnocením databází správců infrastruktury a zhotovitelů, místními prohlídkami či diskusí na jednáních pracovního balíčku. Dále byly určeny vhodné úseky pro následný monitoring.

Oblast použití

Využití nových poznatků z dílčího cíle bude zejména v následujících etapách řešení projektu, které na dosažené výstupy navazují. Poznatky jsou přímo použitelné pro manažerskou činnost správců kolejové infrastruktury – rozhodovací proces v rámci investiční a údržbové činnosti.

Výsledkem z hlediska managementu stavební činnosti a údržbových prací je doporučení prosazovat systémovou realizaci údržby a opravy infrastruktury podle harmonogramu předem nastaveného s ohledem na bezpečnost provozu (přednostně řešit závadná místa, odstraňování nehodových lokalit, opravy havarijních úseků a mostů), vytvořit ucelenou koncepci a filozofii údržby infrastruktury a dalšími následnými kroky tuto koncepci realizovat.

Metodika a postup řešení

Byla provedena analýza dostupných databází (pasportní evidence železničního svršku a pasportní evidence železničním spodku) u hlavního správce železniční infrastruktury v ČR – Správy železniční dopravní cesty, s.o. (SŽDC) a k tomu byla zpracována analýza systému sběru, uchovávání a využívání dat. Pro oblast železničního spodku byly hledány aspekty, které souvisejí s častými technickými problémy a které ovlivňují náklady na údržbu, opravy a rekonstrukce železničních tratí.

V oblasti železničního svršku byly určeny měřičské profily pro sledování změn základních kvalitativních parametrů kameniva kolejového lože a příprava matematického modelu kolejového lože a analýza metodik stanovení statické tuhosti podložek pod patu kolejnice. Dále došlo k místní prohlídce tramvajových tratí ve správě Dopravního podniku města Brna (DPMB) a analýze údajů sledování mikrogeometrie kolejnic ve správě SŽDC systémem CMS (modul pro měření mikrogeometrie pojížděné plochy kolejnic) a k analýze vybraných definičních úseků z poskytnutých podkladů.

Výsledky

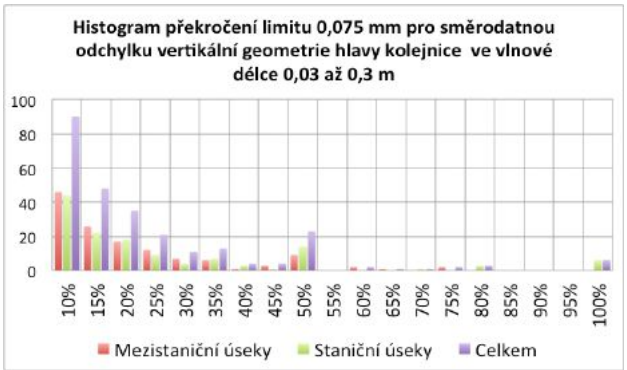
Provedená analýza systému sběru, uchování a využívání dat o železničním spodku u SŽDC umožnila zjistit, jaké klíčové parametry jsou sledovány zejména v souvislosti s únosností a skladbou železničního spodku, ale též v oblasti diagnostiky a evidence závad. Z celkového přehledu informací o železničním spodku lze zjistit řadu cenných informací, např. míru zastoupení tratí s nedostatečnou únosností pláně tělesa železničního spodku.

Obr. 1 Vážná porucha funkce železničního spodku, projevující se zbláceným kolejovým ložem

Pro oblast železničního svršku byla provedena analýza problematiky namáhání kolejového lože

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

a změny parametrů kameniva kolejového lože, navrhování železničních pražců a stanovení tuhosti podložek pod patu kolejnice. Uspořádání zkoušky pro stanovení statické tuhosti podložek pod patu kolejnice dle OTP a ČSN EN vykazují odlišnosti, které mohou mít na dosahované parametry zkoušených vzorků vliv. Byl proveden souhrn informací vztahující se k výskytu skluzových vln a vlnkovitosti v sítích tratí dvou správců kolejové infrastruktury – SŽDC a DPMB. Při hodnocení vertikální mikrogeometrie pojížděné plochy kolejnice u tratí ve správě SŽDC bylo nalezeno celkem 14 mezistaničních definičních úseků a 24 staničních definičních úseků, u nichž byla zásadně překročena limitní hodnota směrodatné odchylky vertikální mikrogeometrie pojížděné plochy kolejnice. Velká část těchto definičních úseků se přitom nachází na tranzitních koridorech a koridorech TEN-T.



Obr. 2 Vyhodnocení výskytu skluzových vln v tratích ČR ve správě SŽDC

Kontrolní činností ze strany DT – Výhybkárny a strojírny, a.s. (DT), a v rámci reklamačních jednání byl zjištěn současný stav provádění údržby výhybek, zejména pak provádění základního a opravného broušení. Během měsíce března až září 2013 bylo prohlédnuto téměř 600 ks výhybek v záruční době, většinou ve II. – V. zátěžovém řádu koleje a na třetím a čtvrtém železničním koridoru. Poznatkem DT z prováděných kontrol je, že existují velké rozdíly v provádění základního a opravného broušení. Sledování a měření provozního opotřebení srdcovek umožňuje definovat vlivy, které jsou významné pro hodnocení životnosti návarů, resp. životnosti srdcovky. Jedná se především o vlivy, které působí obecně na železniční svršek, tj. velikost zátěže, rychlost a způsob pojíždění srdcovky, opotřebení kol železničních vozidel, stav podloží apod. DT doporučuje jako informativní měřidlo instalovat vlastní měřič projeté zátěže TON1.

V oblasti použití recyklovaných materiálů mají velký potenciál drcené betonové pražce, recyklované asfaltové směsi, drcené automobilové pneumatiky a kompozitní materiály na bázi recyklovaného polymeru. Uvedené materiály nemají přesnou předpisovou základnu a nejsou v podmínkách ČR testovány in-situ. V oblasti použití pokročilých recyklačních technologií mají velký potenciál technologie mikromletí a dále technologie zaměřené na minimalizaci vstupních energetických toků.

Závěr

Jako rozhodující aspekty ovlivňující náklady u 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 vad pojížděné plochy kolejnice, vlivem změn podepření pražců v kolejovém loži, změnami tuhosti jízdní dráhy v přechodových oblastech mostů a výhybek a výhybkových konstrukcí, rychlé zhoršování kvality geometrických parametrů koleje šířením vibrací a hluku do okolí dráhy;
- 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 infrastruktury;
- současný systém zadávání staveb nezohledňující celkové náklady životního cyklu;
- kvalita technických předpisů a norem pro návrh drážního spodku a svršku.

Literatura

[1] JASANSKÝ P.: Deliverable D2.2.1 *State of the art report on soil improvement methods and experience*, Innotrack, 2007.

[2] PLÁŠEK O., KŘÍŽOVÁ D. a HRUZÍKOVÁ M. *Nové evropské normy pro betonové pražce*. ISSN 1210-3942, KPM CONSULT, a.s., Brno, 2012.

[3] PEINADO, D. et al.: *Energy and exergy analysis in an asphalt plant's rotary dryer*. Applied Thermal Engineering, Vol. 31, No. 6–7, Květen 2011, pp. 1039–1049. ISSN 1359-4311.

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

REŠERŠE DOSTUPNÝCH ZDROJŮ, ANALÝZA DOMÁCÍCH I ZAHRANIČNÍCH VĚDECKÝCH PUBLIKACÍ, SOUHRN POZNATKŮ Z PŘEDCHOZÍCH PROJEKTŮ, ZPRACOVÁNÍ ZPRÁVY O SOUČASNÉM STAVU PROBLEMATIKY

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

Souhrn

V dílčím cíli „Rešerše dostupných zdrojů, analýza domácích i zahraničních vědeckých publikací, souhrn poznatků z předchozích projektů, zpracování zprávy o s oučasném stavu problematiky“ bylo v roce 2013 v jednotlivých tématech WP2 dosaženo různého stupně zpracování. V tomto technickém listu je stručně prezentován výsledek činnosti v dílčím tématu „Analýza rozvoje skluzových vln v obloucích malého poloměru, opatření a údržbové zásahy s ohledem na potlačení rozvoje“ jako součást tématu „Drážní svršek – zvyšování technologické úrovně s ohledem na odolnost a životnost konstrukce“, které je jedním z pěti řešených témat WP2.

Oblast použití

Využití nových poznatků z dílčího cíle bude zejména v následujících etapách řešení projektu, které na dosažené výstupy navazují.

Negativní působení periodických vad kolejnic – zejména vlnkovitosti a skluzových vln, ale i dalších vad kolejnic pociťují cestující nejčastěji jako mechanické vibrace a hluk. V případě hluku se nejedná pouze o cestující, ale zejména o osoby bydlící či se zdržující v blízkosti dráhy, které jsou těmto vlivům vystaveny dlouhodobě. Potlačení rozvoje vlnkovitosti a skluzových vln přispěje k řešení výše uvedených jevů.

Metodika a postup řešení

Vlnkovitost a skluzové vlny stejně jako ostatní vady kolejnic zvyšují dynamické účinky, což je provázeno nežádoucím hlukem a šířením vibrací, snižují komfort cestujících a zvyšují nároky na opravy a údržbu tratě a zkracují životnost konstrukcí. Proto je velice důležitá včasná a přesná diagnostika této vady, nalezení vhodných preventivních opatření a nejvhodnější způsob jejich odstranění.

Skluzové vlny jsou periodická vada vertikální mikrogeometrie pojížděné plochy kolejnice, která se vyskytuje v obloucích malého poloměru na vnitřním kolejnicovém pásu. Tato vada vede ke snížení životnosti kolejnic a zvýšení nákladů na údržbu trati. Kromě toho tato vada pojížděné plochy kolejnice výrazně přispívá ke vzniku hluku při valení kola po kolejnici a jeho šíření a dále ke vzniku vibrací, které nepříznivě ovlivňují okolí dráhy.

Nejen z důvodu statistických, ale převážně z praktických důvodů (stanovení příčin apod.) je nutné vady kolejnic jednotně a jednoznačně zatřídit. K tomuto účelu pro železniční dráhy v majetku České republiky ve správě Správy železniční dopravní cesty, státní organizace (dále jen SŽDC) slouží předpis SŽDC (ČD) S 67 Vady a lomy kolejnic. Tento předpis vychází ze katologu kolejnicových vad, uvedených v UIC Leaflet 712 Rail defects.

Krátké vlny jsou vlnovité nerovnosti na pojížděné ploše, jejichž vyvýšeniny mají rozteč mezi 8 a 30 cm. Jejich hloubka se pohybuje mezi 0,1 a 1,2 mm. Vyvýšeniny i prohlubně vypadají stejnoměrně světle. Vyskytují se hlavně na vnitřním kolejnicovém pásu směrových oblouků s poloměrem menším než 600, případně 700 m a pro známou příčinu vzniku se nazývají **skluzovými vlnami**. [2]

Typickým úsekem, ve kterém vznikají skluzové vlny, jsou směrové oblouky s velkým převýšením v blízkosti stanice, ve které většina vlaků zastavuje. Vada se zjišťuje pohledem, poslechem nebo speciálním měřícím zařízením.

Vlnky se vyznačují téměř pravidelnými, za sebou následujícími lesklými vlnovitými vyvýšeninami a tmavými vlnovými prohlubněmi na pojížděné ploše. Vzdálenost vyvýšenin je asi 3 až 8 cm, hloubka vlnek je 0,1 – 1,2 mm. **Vlnkovitost** je možné dále rozlišovat na:

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

- pásy vlnek, pruh pojížděné plochy ve vlnkových vyvýšeninách i prohlubních kovově lesklý;
- rozvolněné pásy vlnek, svazky jsou spojeny lesklým pruhem;
- jednotlivé podélné vlnky, kovově leklé část vyvýšenin vlnek je podlouhlá;
- jednotlivé příčné vlnky, kovově lesklá část vyvýšenin vlnek stojí na jednokolejných tratích kolmo k pojížděné hraně, na dvoukolejných tratích pod úhlem 105°;
- bodové vlnky;
- hákovité vlnky, kovově lesklá část vlnek tu má tvar háku s mnoha variacemi
- nepravidelné vlnky;
- dvojité vlnky, kovově lesklé plošky leží vedle sebe.

Vlnky se vyskytují hlavně v přímých úsecích koleje, ale vznikají i v obloucích o velkých poloměrech. V úsecích, kde se brzdí, lze nalézt typické lesklé vyvýšeniny vlnek. Vznikají nejen na tratích rychlé, smíšené nebo nákladní dopravy, ale i v kolejích tratí městské a příměstské dopravy (metra, rychlodráhy, tramvaje) [2].

Vznik vlnkovitosti není ještě zcela vyjasněn. Četné hypotézy o příčinách vycházejí z předpokladů vibrační rezonance a plastických rázů, z nichž vznikají kontaktní rezonanční vibrace. Výzkumné práce se snaží doplnit poznatky o možných příčinách a faktorech, které rozvoj vlnkovitost brzdí. Preventivní broušení rozvoj vlnkovitost brzdí.

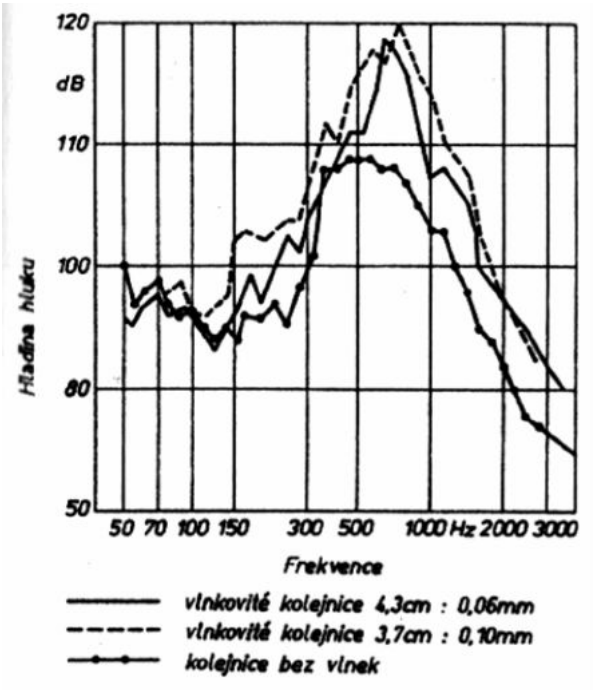
Vlnkovitost a skluzové vlny jsou původcem mnoha negativních jevů působících na člověka, kolejová vozidla a jízdní dráhu. Vezmeme-li v úvahu negativní vlivy, které jsou v publikaci [2] uvedeny, jedná se především o:

- svislá zrychlení vibrací;
- přídavné dynamické síly působící na součásti konstrukce koleje;
- vlivy působící na interakci mezi jízdní dráhou a vozidlem
- překračování únavové pevnosti kolejnic;
- vliv na výškovou polohu koleje;
- držebnost a opotřebení upevnění kolejnic;
- opotřebení žel. spodku a klenutých mostů;
- opotřebení kolejových vozidel;
- šíření vibrací a hluk na okolí a na cestující
- vliv na spotřebu energie.

Výsledky

V oddílu na konci osobního vozu byla naměřené v kmitočtovém pásmu 50 – 60 Hz hladina hluku 58 dB při pojížděné koleje bez vlnek a 66 dB na vlnkovité koleji. Ve středním oddílu stoupla hladina hluku z 51 na 58 dB. [2,5]. Stejně jako vibrace, i hluk způsobený pohybem vozidel po kolejnicích s vadami se přenáší do okolí.

Na obrázku 1 lze zřetelně rozeznat zvýšení hladiny hluku u vlnkovitých kolejnic oproti kolejnicím bez vlnek, při V = 90 km/h ve frekvenčním pásmu mezi 500 a 1000 Hz činí asi 12 dB. Podle Birmanna [6] mohou krátké vlny způsobit při každém zvýšení rychlosti o 10 km/h zvýšení hladiny hluku asi o 2 dB. Pro obyvatele bydlící u tratí zejména pouličních drah v hustě obydlených městských čtvrtích jsou vhodné kroky, jako je např. broušení vlnkovitých kolejnic, opatřením vedoucím k snížení hlukové zátěže.



Obr. 1 Hladina hluku v závislosti na frekvenci při pojíždění kolejnic bez a s vlnkami [3]

Literatura

[1] Předpis ČD S67 *Vady a lomy kolejnic*

[2] Funke, H.: *Broušení kolejnic*. ELKA PRESS, Praha 1992, 112 str.

[3] BIRMANN, F.: *Schienenriffeln, ihre Erforschung und Verhütung.* Díl I a II VDI 411 (1958) Nr. 26, S. 1253-1262

[4] SŽDC SR103/4(S) *Využívání měřicích vozů pro železniční svršek s kontinuálním měřením tratě pod zatížením.* Schváleno generálním ředitelem SŽDC dne: 07. 07. 2010, č.j.: S 31722/10-OTH. Účinnost od 1. 8. 2010

[5] *Monatsschrift der Internationalen Eisenbahn Kongress-Vereinigung*, April 1962. Bericht von der 18. Tagung in München 1962, Antworten der SNCF, anlagen 40 und 41

[6] PLÁŠEK O., ZVĚŘINA P., SVOBODA R., MOCKOVČIAK M. Železniční stavby. Železniční spodek a svršek. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. 291 s. ISBN 80-214-2621-7.

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

MONITORING VYBRANÝCH STÁVAJÍCÍCH ÚSEKŮ DRÁŽNÍ INFRASTRUKTURY

Zpracoval: Ing. Marek Smolka (DT – Výhybkárna a strojírna, a.s.)

Souhrn

V dílčím cíli „Monitoring vybraných stávajících úseků drážní infrastruktury“ bylo v roce 2013 v jednotlivých tématech WP2 dosaženo různého stupně zpracování. V tomto technickém listu je stručně prezentován výsledek činnosti v dílčím tématu „Nové materiály pro srdcovky, stanovení vhodné kvality oceli“ jako součást tématu „Výhybky a výhybkové konstrukce – snižování negativních dynamických účinků, zvyšování spolehlivosti konstrukcí“, které je jedním z pěti řešených témat WP2.

Oblast použití

Využití nových poznatků z dílčího cíle bude zejména v následujících etapách řešení projektu, které na dosažené výstupy navazují.

Sledování a měření provozního opotřebení srdcovek umožňuje definovat vlivy, které jsou významné pro hodnocení životnosti návarů resp. životnosti srdcovky. Jedná se především o vlivy, které působí obecně na železniční svršek tj. velikost zátěže, rychlost a způsob pojíždění srdcovky, opotřebení kol železničních vozidel, stav podloží apod.

Metodika a postup řešení

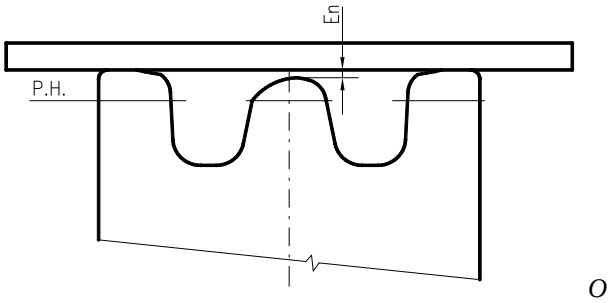
Srdcovka je klíčovou komponentou v systému kolo – kolejnice a slouží k přenosu zatížení jak ve vertikálním tak i horizontálním směru. Velikost kontaktního namáhání je vzhledem k velikosti styčné plochy jízdního obrysu kola a povrchu srdcovky v místě kontaktu extrémně vysoká. S tím souvisí i provozní opotřebení a únava materiálu povrchových vrstev. Srdcovka je umístěna v místě křížení kolejových pásů, což je kritická oblast z hlediska samotného přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot.

Životnost srdcovky je ovlivněna řadou faktorů, které se v čase mění. Jedná se např. o charakter a intenzitu dopravy, stav podloží, způsob pojíždění výhybky, provádění odborné a pravidelné údržby a to nejen kolejové jízdní dráhy, ale také drážních vozidel. Nevhodné podmínky instalace, nesprávná volba geometrie výhybky s ohledem na podmínky užití, nesprávné podbití kamenivem, zanedbání údržby včetně pozdního broušení a odstraňování povrchových vad v místech kontaktu kola s povrchem srdcovky vedou ke zkrácení životnosti v důsledku jejich zrychleného rozvoje. Rovněž špatná údržba jízdních obrysů kol železničních vozidel, zejména nadměrné opotřebení do jízdní plochy mají nepříznivý vliv na tvar geometrie horních ploch srdcovek. Nesprávné podmínky instalace, provozu a nedodržení předepsané údržby jsou velice brzy příčinou vzniku poruch tvaru horních ploch v oblasti přechodu kola z křídlové kolejnice na hrot srdcovky. Výsledkem může být nadměrné opotřebení pojížděných ploch spojené s tvorbou převalků, drolením povrchové vrstvy materiálu s vyčerpanou plasticitou, tvorbou trhlin na hrotu nebo křídlových kolejnicích, ztrátou nebo prasknutím upevňovadla, případně vznikem dalších poruch vedoucích k vyřazení srdcovky z provozu. Pro vyhodnocování životnosti srdcovek v trati se provádí jejich sledování a měření opotřebení. Pro sledování jsou vybírány srdcovky podle umístění v koleji a vhodné velikosti provozního zatížení. Sledování a měření se provádí jak na nových srdcovkách po vložení do tratě, u kterých jsou zohledňovány zásahy do profilu způsobené broušením, tak i u déle provozovaných srdcovek po opravě navařením nadměrného opotřebení nebo výskytu vad na pojížděných plochách.

Obr. 1: Příklad trhliny na hrotu srdcovky

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

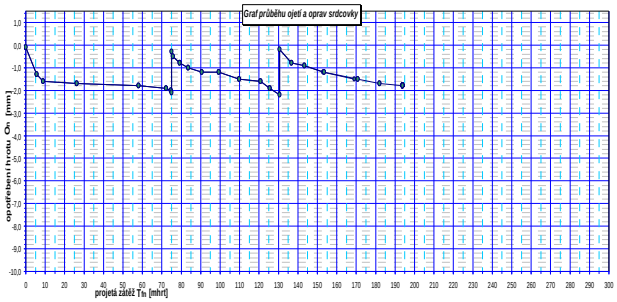
V rámci kontrol srdcovek je prováděna vizuální kontrola, penetrační zkouška a měření opotřebení v předem stanovených intervalech. Měření opotřebení srdcovky je prováděno a vyhodnocováno podle standardu [1] prováděné pomocí ocelového pravítka položeného napříč přes srdcovku v předem stanovených řezech. Skutečné hodnoty naměřené měřícím klínkem na hrotu a obou křídlových kolejnicích jsou zapisovány do tabulky, přičemž nejvíce vypovídající hodnota je na hrotu v šířce 40 mm [2]. Hodnoty vypočteného skutečného provozního opotřebení jsou zaznamenávány do tabulek a v závislosti na velikosti přepočteného provozního zatížení Tf (mil.hrt.) jsou zobrazeny v „Grafu výškového opotřebení hrotu srdcovky“. S pomocí grafů je možné stanovit projetou zátěž srdcovky v určitých fázích jejího používání od vložení až po výměnu. Součástí jsou také záznamy o veškerých činnostech, které byly na srdcovce v průběhu provozního ověřování prováděny.



br. 2 Měření svislého opotřebení hrotu v šířce 40 mm

Výsledky

Ze získaných měření vzniká databáze hodnot výškového opotřebení hrotu srdcovky zobrazená formou grafu, ze kterého je patrná rychlost opotřebení hrotu srdcovky v závislosti na velikosti provozního zatížení. Jsou zde vidět provozní fáze srdcovky tj. vložení, doba na zajetí, stabilní pracovní fáze, úprava geometrie návarem a vývoj jeho opotřebení. Z průběhu křivky výškového opotřebení lze odvodit předpokládanou životnost srdcovky do prvního navaření a následné servisní zásahy prováděné navařováním. U každé srdcovky tak získáme informaci o velikosti projeté zátěže od doby vložení do prvního navaření a dále o velikosti projeté zátěže od prvního a do druhého a dalších návarů. V grafu je možné zaznamenat i vliv reprofilace hrotu broušením. Porovnáním jednotlivých grafů lze odvodit vliv geometrie srdcovky na rychlost opotřebení. Informace o projeté zátěži vs. opotřebení lze statisticky vyhodnotit a získat přehled o životnosti jednotlivých typů srdcovek.



Obr. 3 Graf výškového opotřebení hrotu srdcovky 1:11-300

V případě návaru přistupují ještě další vlivy a to vhodnost samotné technologie navařování, přídavného svařovacího materiálu, teplotní režim při navařování, hloubka návaru, způsob kladení svarových housenek, pečlivost svářeče při provádění svářečských prací, s čímž souvisí i délka výluky a povětrnostní podmínky při navařování. Velmi významné je také samotné obroušení návaru do správného profilu a výšky tak, aby byl zajištěn plynulý přejezd kol bez rázů do hrotu nebo křídlových kolejnic.

Obr. 4 Detail neobroušených převalků spojených s rozvojem trhlin na hrotu srdcovku

Literatura

[1] Konečný, P. *Standard pro monitoring výhybek v trati*, 3.rd ed.; DT - Výhybkárna a strojírna, a.s.: Prostějov, 2012

[2] *SŽDC S3, Železniční svršek*, 1st ed.; SŽDC, Praha, 2011

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

METODIKA PRO DIAGNOSTIKU STÁVAJÍCÍCH MOSTŮ

Zpracovali: doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc., Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Roman Šafář, Ph.D. a kolektiv (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Hlavním cílem diagnostiky stávajících mostů je zjištění skutečného stavebního stavu, ověření statické funkce a druhu a kvality použitého materiálu. Předložená metodika obsahuje popis nedestruktivních a destruktivních metod zkoušení mostních konstrukcí dle druhu zkoumaného materiálu, se zaměřením na nosnou konstrukci a spodní stavbu. Součástí diagnostických metod jsou též statické a dynamické zatěžovací zkoušky. Je uvedeno, za jakých podmínek je vhodné je realizovat a v jakém rozsahu. V neposlední řadě se zabývá návodem pro využití modální analýzy, zvláště pak pro dlouhodobý monitoring konstrukce, ověření statické funkce a míry degradace hlavní nosné konstrukce. Metodika se zabývá diagnostikou železničních mostů, mostů pozemních komunikací a lávek pro chodce. Věnuje se mostům ocelovým, ocelobetonovým, betonovým, zděným a dřevěným.

Oblast použití

Metodika je využitelná v praxi při plánování oprav, rekonstrukcí a přestaveb mostů, při získávání podkladů pro stanovení zatížitelnosti mostu a jeho stavebním stavu, při praktické projekční činnosti a v neposlední řadě při specifikaci zadávacích podmínek při investorské činnosti v oblasti mostů.

Metodika a postup řešení

Hlavními cíly diagnostického průzkumu je získání souhrnu podkladů pro zatřídění mostu do stavebního stavu, stanovení jeho zatížitelnosti, informací pro stanovení zbytkové životnosti a podkladů pro rozhodnutí o opravě, rekonstrukci a přestavbě.

Při zjištění skutečného stavu mostu je v první řadě nezbytné zajistit veškeré dostupné podklady a archivní dokumentaci, zjistit rozměry konstrukce či je ověřit. Následnou nejjednodušší diagnostickou technikou je vizuální průzkum konstrukce. Při jeho provádění je třeba ověřit statickou funkci mostu a zaměřit se na rizikové prvky (prvky náchylné k podemletí, v kontaktu s vodou, stav izolace a mostovky a související zatékání do nosné konstrukce (NK), mostních závěrů, ložisek). Sleduje se a hodnotí chování mostu při přejezdu běžnou dopravou. V případě ocelových mostů jsou pro funkčnost mostu ověřovány prvky náchylné na vznik lomu, na ztrátu stability a rizikové styčníky, jejichž selhání může mít vážné následky. Zjišťuje se stav koroze NK, stav šroubových a nýtových spojů a existence či stav trhlin.

V případě dřevěných mostů je třeba sledovat poškození a degradaci dřevěných prvků a spojů.

Z hlediska betonových konstrukcí je nutno se zaměřit především na degradaci betonu, oslabení tlačených betonových částí, nedostatečnou tloušťku krycí betonové vrstvy, zatékání do kabelových kanálků předpínací výztuže, kotev a na dobetonování čel NK, korozi výztuže a její oslabení, projevy ASR a výskyt trhlin.

Mezi časté poruchy zděných konstrukcí patří degradované kameny a cihly, degradovaná a ze spár vydrolená malta, nadměrná mezerovitost zdiva, vyboulení zděných konstrukcí, například poprsních zdí a křídel, rozpad zdiva a trhliny ve zdivu.

Na základě vizuálního hodnocení jsou mosty zatříděny do příslušného stavebního stavu a hodnocena jejich použitelnost.

Metodika se dále věnuje nedestruktivním a destruktivním metodám pro zjištění materiálových charakteristik mostů.

Pro ocelové konstrukce jsou využitelné metody VT – vizuální kontrola, PT – kapilární zkoušky, MT – magnetické zkoušky, ET – vířivé proudy, UT – ultrazvukové metody vč. metod fázového pole a TOFD, UT-LRUT – dalekodosahové ultrazvukové zkoušení, RT – radiografické zkoušení, AE – metody akustické emise a metoda malých vzorků. S určitou nejistotou lze použít i měření tvrdosti pro odhad pevnosti materiálu. Na nedestruktivní metody pak navazuje řada tradičních zkoušek destruktivních, kdy je nezbytný zásah do konstrukce. Metodika dále uvádí doporučení pro odběry vzorků, jejich polohu, velikost a počet. Na závěr je provedena rekapitulace a doporučení pro volbu vhodné metody.

Pro betonové konstrukce jsou definovány základní zásady pro stanovení pevnosti betonu v tlaku, a to za použití vývrtů či kalibrované nepřímé metody. Jsou popsány požadavky na odběr a velikost zkušebních těles a popsán průběh zkoušky. Dále jsou uvedeny zkoušky pro stanovení pevnosti betonu v tahu a stanovení statického modulu pružnosti. Z nedestruktivních metod se jedná zejména o

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

trvdoměrné metody, stanovení síly na vytržení, ultrazvukové impulzové metody, rezonanční metody a o zkoušku přídržnosti. V rámci stanovení parametrů, které mají vliv na trvanlivost konstrukce (jak z hlediska degradace betonu, tak i z hlediska koroze výztuže), se stanovuje karbonatace betonu, kontaminace chloridy, propustnost betonu, vlhkost betonu, měření elektrického odporu betonu, analýza (i možné) koroze, měření *pH* betonu.

Pro nedestruktivní stanovení množství a polohy výztuže betonářské a předpínací je možno použít magnetické indikátory výztuže, případně také speciální přenosný radar (GPR) či radiografické metody. V případě potřeby je možno výztuž zjišťovat také destruktivně, tzn. odstraněním krycí betonové vrstvy.

Dřevěné konstrukce jsou náchylné zejména k napadení houbami a různými druhy dřevokazného hmyzu. Poškození vzniká rovněž v důsledku působící povětrnosti a vody přecházející v led. Změny vlhkosti dřeva a následný vznik výsušných trhlin tyto procesy ještě více urychluje. I v případě, že poškození není přímo viditelné, může o přítomnosti hub či hmyzu svědčit nadměrná vlhkost prvků nebo deformace konstrukce. Jednou z nejdůležitějších kontrol je monitoring vlhkosti dřevěných prvků. Zde se nejčastěji využívá ultrazvukové testování, odporové zarážení trnu, odporové vrtání, LVDT test pomocí radiálních vývrtů.

V neposlední řadě se metodika zabývá základními metodami zkoušení zděných konstrukcí.

Další technikou ke zjištění stavebního stavu mostu je využití zatěžovacích zkoušek. Zde přichází do úvahy:

- Statická zatěžovací zkouška
- Dynamická zatěžovací zkouška
- Modální analýza

Pro každý typ zkoušky je rozebrána jejich využitelnost pro ověření statické funkce a míry degradace hlavní nosné konstrukce, verifikaci výpočetního modelu a stanovení degradace a poškození mostu.

Další oblastí, která má nezastupitelný význam pro stanovení stavu mostů je dlouhodobý monitoring. Ten umožňuje sledovat změny ve statickém chování konstrukce v průběhu času, ke kterým dochází v důsledku změn materiálových charakteristik nebo v důsledku degradačních procesů. Umožňuje také hodnotit změny, ke kterým došlo v důsledku mimořádného zatížení, nárazu vozidel nebo plavidel do mostní konstrukce, zemětřesení, povodně, požáru apod. Dlouhodobý monitoring dále umožňuje hodnotit změny proměnného zatížení, tzn. změny zatížení dopravou, a změny od zatížení teplotou.

Při dlouhodobém monitoringu lze sledovat silové veličiny, stav napjatosti v jednotlivých bodech konstrukce, deformace všeho druhu, teplotu v jednotlivých bodech konstrukce, lze také sledovat dopravní proud vozidel aj.

Závěry získané z vyhodnocování dlouhodobého monitoringu slouží pro organizaci a pro případnou změnu termínů preventivních prohlídek mostní konstrukce. V případě zjištění významné změny důležité veličiny je nutno okamžitě vykonat podrobnou nebo mimořádnou prohlídku za účelem zjištění příčin. Tím lze předejít vzniku mimořádné situace, případně havárie. U předpjatých mostů lze v určitých případech dlouhodobým monitoringem sledovat velikost předpínací síly. Jinou skupinu tvoří zavěšené a visuté mosty, na kterých lze sledovat síly v závěsech. Pokles síly se zde nepříznivě projeví na namáhání mostovky; navíc je nebezpečný i z hlediska možného kmitání od větru nebo od dopravy, vedoucího až ke vzniku únavového procesu, který může končit porušením závěsu.

Dlouhodobý monitoring konstrukce se tedy obvykle provádí z následujících důvodů:

- sledování aktuálního stavu konstrukce,
- získání údajů pro stanovení zbytkové životnosti,
- bezprostřední varování v případě vzniku poruchy.

Součástí metodiky je i řada praktických příkladů využití diagnostických metod.

Výsledky

Výsledkem činnosti je metodika pro diagnostiku mostů pozemních komunikací a mostů železničních.

Literatura

[1] ČSN 73 6209. *Zatěžovací zkoušky mostů*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 20 p.

[2] ČSN 73 6221. *Prohlídky mostů pozemních komunikací*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 36 p.

[3] ČSN ISO 13822. *Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 72 p.

[4] ČSN 73 2044. *Dynamické zkoušky stavebních konstrukcí. Vydavatelství ÚNM, Praha, 1983.*. Praha: Český normalizační institut, 1983. 16 p.

[5] *TP 120 Údržba, opravy a rekonstrukce betonových mostů PK*. Pontex 2010

[6] *TP 144 Doporučení pro navrhování, posuzování a sledování betonových mostů PK*. ČVUT 2010.

[7] *TP 215 Využití modální analýzy pro návrh, posouzení, opravy, kontrolu a monitorování mostů PK*. ČVUT 2004.

[8] *TP 72 Diagnostický průzkum mostů PK*, Pontex 2009.

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

SOUDRŽNOST UHPC A PŘEDPÍNACÍ VÝZTUŽE

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

Souhrn

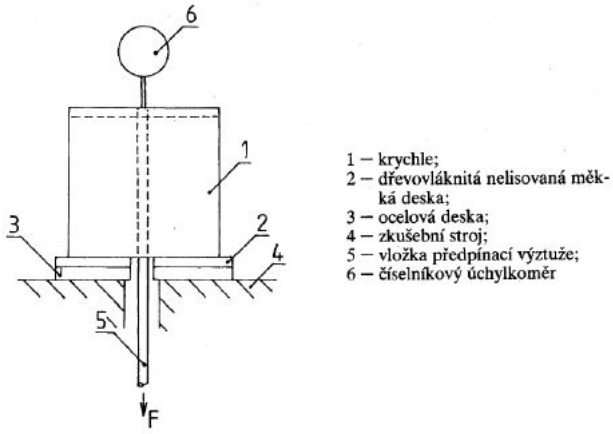
Vývoj UHPC (ultra high performance concrete = beton velmi vysokých pevností) v týmu Metrostav a.s. a TBG Metrostav, s.r.o. byl zahájen před několika lety. Problém je však velmi široký a řadu vlastností je třeba ověřit a mnoho zkušebních postupů je třeba vyvinout. Proto byla problematika betonů s vysokou pevností a trvanlivostí zahrnuta i do programu výzkumného centra CESTI. Jedním z důležitých faktorů ovlivňujících působení a navrhování betonových konstrukcí je soudržnost vysokopevnostního betonu a předpínací výztuže. Jedním z výzkumných programů bylo i provedení experimentů pro ověření soudržnosti předpínacích lan s betony s velmi vysokou pevností a porovnání se soudržností s betony běžné pevnosti.

Oblast použití

Soudržnost předpínací výztuže je parametr, který významně ovlivňuje funkci konstrukce. Jde zejména o tyto faktory: 1. Kotevní délka. Kotevní délky jsou rozhodující pro konstrukční úpravy a tedy pro návrh konstrukce. S vyšší pevností betonu se zkracuje kotevní délka, a tedy se redukují prostorové nároky na řadu konstrukčních detailů. Kotevní délka musí být stanovena bezpečně a zároveň ekonomicky. 2. Soudržnost ovlivňuje rozdělení napětí v oblastech trhlin. Vlivem soudržnosti se mění šířka a vzdálenost trhlin v betonových průřezech. Trhliny je třeba udržovat v stanovených limitech a bez znalosti soudržnosti betonu a výztuže nelze šířku trhlin stanovit. Z toho plyne, že soudržnost je významná a je nutné ji kvantifikovat. Provedený experimentální výzkum poskytuje první podklady v této oblasti u nás.

Metodika a postup řešení

Cílem experimentálního výzkumu je stanovení soudržnosti předpínací výztuže a betonu velmi vysoké pevnosti. Konkrétně na takový výzkum neexistují normalizované metody. Vycházelo se proto z postupů, které jsou obvyklé pro betony běžných pevností. Metod je několik, výzkumný tým zvolil postup dle ČSN 73 1333 [1]. Jde o zkoušku tzv. pull-out testem. Ocelové předpínací lano se zabetonuje do betonové krychle. Po zatvrdnutí betonu se lano vytahuje z krychle a přitom se měří a zaznamenává tažná síla a posun opačného konce lana proti betonové krychli.



Obr. 1 Schéma zkoušky při pull-out testu

Celkem bylo vyrobeno 6 vzorků, kde se předpínací lano zabetonovalo do krychle z UHPC a dále 6 krychlí, kde lano bylo zabetonováno do krychlí z betonu běžné pevnosti třídy C45/55. Soudržnost byla zjišťována ve stáří betonu 28 dní. Byla použita lana profilu 15.7 mm s průřezovou plochou 150 mm^2 a pevností 1860 MPa. Součástí experimentu bylo též ověření pevností a modulů pružnosti u všech použitých materiálů (UHPC, C45/55 a předpínací lana).

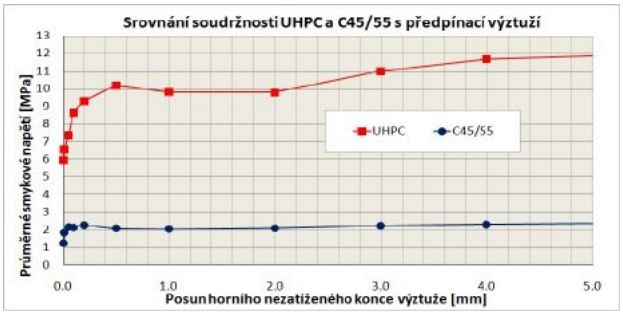
Obr. 2 Vybetonované vzorky z UHPC

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

Postup zkoušky spočívá v postupném zatěžování ocelového lana tahovou silou až do vytažení z betonové krychle. Zkouška se řídí posunem, rychlost zatěžování je nejprve 0.02 mm/s a po dosažení pokluzu 5 mm je zvýšena na 0.05 mm/s.

Výsledky

Výsledky zkoušek byly zaznamenány do grafů ukazující jednak závislost tahové síly a posunu a pak tzv. průměrného napětí v soudržnosti a posunu. Průměrné napětí v soudržnosti je standardizovaný parametr určený jako podíl tahové síly a kontaktní plochy předpínací výztuže a betonu. U předpínacích lan se obvod předpokládá jako obvod kruhu bez zahrnutí skutečnosti, že lano je svinuté z jednotlivých drátů. Zjištěné průměrné napětí se považuje za napětí v soudržnosti.



Obr. 3 Výsledný diagram závislosti průměrného napětí v soudržnosti a posunu lana

Charakter porušení soudržnosti je zřejmý z diagramu. Nejprve se přenáší síla bez posunu lana. Pak dojde k posunu, který narůstá a přitom se tahová síla zvyšuje již minimálně. Při zkoušce se projevuje též vliv stočení lana, ten však byl pro lepší ilustraci výsledků eliminován. Křivky znamenají průměr z provedených zkoušek (vždy 6 vzorků). Z diagramu je dále jednoznačně vidět vysoký vliv pevnosti betonu na soudržnost. Pro kotvení výztuže je rozhodující okamžik, kdy k posunu začne docházet (posun 0.002 mm. V případě betonu C45/55 je průměrné napětí v tomto okamžiku na hodnotě 1.26 MPa. V případě vzorku z UHPC je v okamžiku porušení soudržnosti průměrné napětí 5.95 MPa. Soudržnost lana v UHPC je tedy 4.72 x větší než v betonu C45/55. To je velmi významné zjištění, protože lze tak výrazně snížit kotevní délky u předpínacích lan v konstrukcích vyrobených z UHPC. Takový výsledek je platný pro UHPC daných parametrů. Pro jiné betony UHPC může být výsledek jiný, avšak podobný. Na základě dalších zkoušek bude možné odvodit vztahy pro návrhové kotevní délky předpínací výztuže.

Obr. 4 Vzorek z betonu C45/55 po zkoušce

Obr. 5 Vzorek z UHPC po zkoušce

Na obr. 4 a 5 jsou uvedeny fotografie vzorků po zkoušce. Je vidět rozdílný způsob porušení betonu. Zatímco u UHPC dochází k relativně čistému porušení soudržnosti a vytahování lana, u betonu C45/55 dochází k porušení betonu trhlinami vlivem příčných tahových napětí.

Literatura

[1] ČSN 73 1333 Zkoušení soudržnosti předpínací výztuže s betonem, ČNI Praha 1989

[2] Čítek, D., Vítek, J.L.: Soudržnost výztuže a UHPC. Sborník konference Betonářské dny 2013, ČBS 2013

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

ZKOUŠKY NOVÝCH MATERIÁLŮ PRO APLIKACI NA MOSTNÍCH STAVBÁCH

Zpracovali: Ing. Jiří Peřina, Ing. Jan Tichý, CSc. (Skanska a.s.)

Souhrn

Vývoj UHPC v naší firmě začal v roce 2009 celou řadou laboratorních zkoušek, prováděných ve spolupráci s firmou BASF Stavební hmoty ČR, s.r.o. Vycházeli jsme z „německé školy“, charakterizované osobou Prof. Michaela Schmidta [1].

První předem předpjatý mostní nosník z UHPC byl u nás vyroben v srpnu 2010 v provozovně Tovačov.

Oblast použití

Využití získaných poznatků se předpokládá zejména při návrhu a realizaci mostních konstrukcí. Hlavní důraz je kladen na legislativní podchycení této složité problematiky. Cílem je sjednocení požadavků na statický návrh konstrukčního prvku, návrh a výrobu betonové směsi a zejména na ověření vlastností betonové směsi a hotového produktu. A to vše za účelem prokázání skutečnosti, že finální produkt má požadované vlastnosti.

Dalším důležitým cílem je propojení mezinárodní legislativy a české legislativy.

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byly plánovány následující cíle:

- Provést studii zkušebnictví UHPC v zahraničí a v tuzemsku
- Provézt kontrolní zkoušky za účelem ověření jejich průběhu a to na konkrétních směsích UHPC
- Vydat seznam zkoušek, které budou jednak odpovídat připravované evropské legislativě a jednak nejlépe vyhovovat tuzemským podmínkám.

Výsledky

Došlo k vytvoření seznamu zkoušek betonu s vyššími pevnostmi, tj. 120 a více MPa. Seznam obsahuje i podrobné pokyny popisující způsob provádění každé zkoušky a jejího vyhodnocení. Zkoušky jsou rozděleny do třech základních skupin:

- Zkoušky čerstvého betonu
- Zkoušky ztvrdlého betonu
- Ověření vlastností zatvrdlého betonu v konstrukci

Tento seznam je jedním s podkladů, které povedou v příštím roce k vytvoření seznamu zkoušek, které se stanou závaznými pro návrh a výrobu betonu UHPC v ČR.

Zkoušky čerstvého betonu

Rozlití podle Abramsova kužele

Pro samozhutnitelné betony se zkouška provádí podle ČSN EN 12350-8 a pro betony s hustší konzistencí se zkouška provádí podle ČSN EN 12350-5. Doporučuje se pro průkazní i kontrolní zkoušky.

Rozlití podle Haegermannova kužele

Zkouška se provádí pro velmi jemnozrnné betony a malty. Lze ji použít pro vývoj a kontrolu betonu. Nebude předepisována pro průkazní, ani pro kontrolní zkoušky.

J-Ring

Zkouška se provádí pouze pro betony s maximálním zrnem kameniva větším než 4 mm. Je vhodná pro odhalení blokace. Nutno najít kritérium, kdy zkouška vyhovuje. Pokud bude známo kritérium, lze ji požadovat pro průkazní zkoušky. Pro kontrolní zkoušky požadována nebude.

Obsah vzduchu v čerstvém betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-7. Doporučuje se pro průkazní i kontrolní zkoušky. Doporučený limit je 2 %. Výhodu zkoušky lze vidět v indikaci rizika nižší pevnosti, pokud obsah bude větší. Prokáže-li se však, že požadované pevnosti bude dosaženo při vyšším obsahu vzduchu, lze jej připustit.

Objemová hmotnost čerstvého betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12350-6. Doporučuje se pro průkazní i kontrolní zkoušky a to současně s měřením obsahu vzduchu v čerstvém betonu.

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

Zkoušky ztvrdlého betonu

Válcová pevnost ztvrdlého betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12390-3. Doporučuje se pro průkazní zkoušky.

Krychelná pevnost ztvrdlého betonu

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12390-3. Doporučuje se pro kontrolní zkoušky. Aby bylo možno tuto zkoušku využít, je nutno ji provést při průkazní zkoušce a zjistit upřesňující koeficient mezi válcovou a krychelnou pevností.

Pevnost betonu v tahu za ohybu

Zkouška se provádí na trámcích 150 × 150 × 700 mm. Lze použít metodiku RILEM a zvolit postup se zářezem a zatížení tříbodovým ohybem podle ČSN EN 14651 + A1 nebo německou metodu – trámek s rozpětím 600 mm bez vrubu zatížený čtyřbodovým ohybem. Je však nutno zvolit jednu z uvedených metod a tu používat v rámci jedné akce. Doporučuje se pro průkazní zkoušku.

Pevnost betonu v příčném tahu

Zkouška se provádí na krychlích 150 × 150 × 150 mm a provádí se podle ČSN EN 12390-6. Doporučuje se pro kontrolní zkoušky. Aby bylo možno tuto zkoušku využít, je nutno ji provést při průkazní zkoušce a zjistit upřesňující koeficient mezi pevností betonu v tahu za ohybu provedenou na trámcích a pevností betonu v příčném tahu.

Modul pružnosti

Zkouška se provádí na válcích o průměru 150 mm, výšky 300 mm a provádí se podle ČSN ISO 6784. Doporučuje se pro průkazní zkoušky. Pro kontrolu se doporučuje výroba válců do rezervy. V případě pochybností na základě chování konstrukce rezervní válce odzkoušet.

Objemová hmotnost

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12390-7. Provádí se při stanovení pevnosti v tlaku na válcích, případně na krychlích. Doporučuje se pro průkazní i kontrolní zkoušky.

Hloubka průsaku tlakovou vodou

Zkouška se provádí podle ČSN EN 12390-8. Pokud má beton hutnou strukturu, což je podmínkou vysokohodnotných betonů, pak je průsak velmi malý. Doporučuje se tuto zkoušku provést pouze při návrhu receptury a dále ji pak neprovádět.

Odolnost povrchu proti vodě, mrazu a CH.R.L.

Zkouška se provádí podle ČSN 73 1326 a to metodou automatického cyklování „A“. U vysokohodnotných betonů je odpad velmi malý i po 300 cyklech zmrazování a rozmrazování. Doporučuje se pouze při průkazní zkoušce.

Další zkoušky ztvrdlého betonu

Mezi tyto zkoušky patří například:

- Rychlost náběhu pevností v počátečních fázích tvrdnutí
- Vývin hydratačního tepla
- Smršťování betonu

Tyto, popřípadě další zkoušky navrhujeme provádět pouze v odůvodněných případech a to po konzultaci s projektantem.

Ověření vlastností zatvrdlého betonu v konstrukci

Mezi tyto zkoušky patří například:

- Měření předpětí v lanech pomocí indukčních snímačů
- Měření dotvarování na hotových prvcích
- Zatěžovací zkoušky hotových dílců

Zkoušky betonu v konstrukci jsou závislé na typu konstrukce (prefabrikát, monolit, velikost atd.). Proto je velmi obtížné tyto zkoušky definovat předem. Tyto zkoušky je třeba předem konzultovat s projektantem nebo případně specializovaným pracovištěm, jako je například Kloknerův ústav ČVUT v Praze.

Navržený seznam je třeba v dalším průběhu řešení grantového projektu dále konzultovat se spoluřešiteli projektu. Pak se stanoví četnost, provede se podrobný popis zkoušek s odkazy na normy a s požadavky na vzorky a technické vybavení laboratoří pro zkoušení. To bude součástí budoucích TP.

Literatura

[1] Schmidt, M.; Hergot, E.: Buaen mit ultrahochfestem Beton – Aktueller Stand und Ausblick aus der Sicht der Wissenschaft und der Praxis. 51. Beton Tage, New - Ulm, Deutschland, Februar 13.-15. 2007.

PŘÍPRAVA METODIKY PRO STANOVENÍ STAVU EXISTUJÍCÍCH MOSTŮ

Zpracovali: Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Bc. Ondřej O'Neill, Bc. Vojtěch Stančík (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V současné době stoupá počet mostů, nacházejících se v nevyhovujícím stavebním stavu. Důvodem jsou nedostatečné prostředky na opravy a rekonstrukce mostů, a to zejména na komunikacích III. třídy. Proto je nezbytné s dostupnými financemi hospodařit optimálně a využívat je co nejefektivnějším způsobem, což lze pouze na základě důkladné znalosti skutečného stavu mostu.
Výstupem dílčího cíle 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.

Oblast použití

Uplatnění metodiky se předpokládá široké. Bude použitelná 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. Zefektivněním péče o mostní konstrukce pak lze zajistit jejich delší životnost.

Metodika a postup řešení

Stavební stav mostu má bezprostřední návaznost na zatížitelnost mostu, resp. na okamžité snížení zatížitelnosti, což má velké důsledky pro omezení dopravy. Proto metodika stanoví postup pro stanovení stavebního stavu zvláště s ohledem na zatížitelnost mostu a zohlední stupeň porušení nosných prvků mostu na jeho zatížitelnost. Cílem metodiky je zabránit rozdílnému hodnocení stavebního stavu jednotlivými prohlídkáři mostů.
V první etapě řešení je nezbytné provést zhodnocení stávajících mostů, stanovit nalezené závady a statisticky je vyhodnotit a třídit. Tyto podklady pak budou významným podkladem pro další analýzu vlivu vad a poruch na zatížitelnost mostů a následné zpracování metodiky.

Výsledky

V roce 2013 proběhlo podrobné zkoumání vzorku mostů na silniční a železniční síti se zaměřením na ocelové mosty.

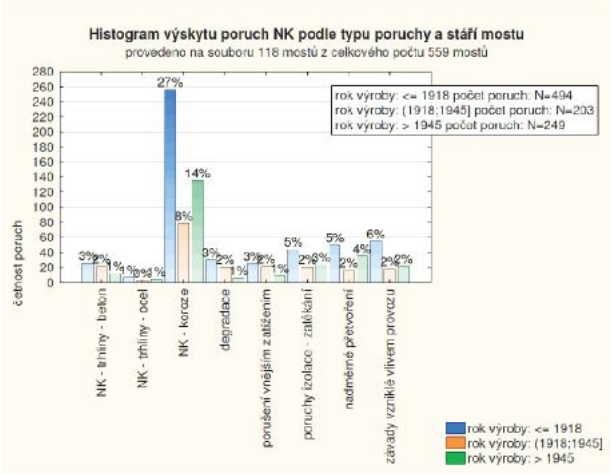
Záznamy poruch byly tříděny do kategorií s ohledem na typ poruchy. Posuzovány byly zejména poruchy a závady nosné konstrukce. Na konstrukci byly sledovány trhliny v betonových a ocelových konstrukčních prvcích, korozní oslabení nosné konstrukce, nebo degradace částí konstrukce (nesilové porušení prvku, vlivem zvětrávání, chemického, nebo biologického rozpadu). Korozní oslabení bylo v databázi blíže popsáno mírou oslabení. Porušení prvků či spojů prvků bylo začleněno do kategorie "poruchy vzniklé působením vnějšího zatížení". Dále byly sledovány vlivy zatékání, či poruchy izolací v podobě výskytu vápenných výluhů, inkrustací, krápníků či jiných projevů působení vody v konstrukci. Poruchy spojené s nadměrným přetvořením konstrukčního prvku v databázi charakterizují výskyt vyboulených, prohnutých, pootočených, či jinak deformovaných konstrukčních prvků. Dále jsou významné poruchy způsobené přírodními vlivy jako například podemletí spodní stavby. Posledním sledovaným typem poruchy byly závady vzniklé vlivem provozu. Mezi tyto poruchy patří deformace koleje, uvolněné kolejivo, nebo také poruchy spojené s nárazem projíždějícího vozidla do nosné konstrukce.

Analýza poruch a vad stávajících železničních mostů byla zpracována na základě dat ze zapůjčených revizních zpráv SŽDC - OŘ Praha ve středních Čechách. Výtahem dat vznikl statistický soubor čítající poruchy na 118 mostech z celkového počtu 559 mostů. Primárně byly hodnoceny mosty se stavebním stavem 3. Soubor byl dále doplněn reprezentativním vzorkem mostů se stavebním stavem 2 a 1. Pro klasifikaci stupně narušení statické funkce mostu byl zaveden nový systém respektující polohu a závažnost určitého typu poruchy. Na takto získaném souboru byla provedena statistická analýza.

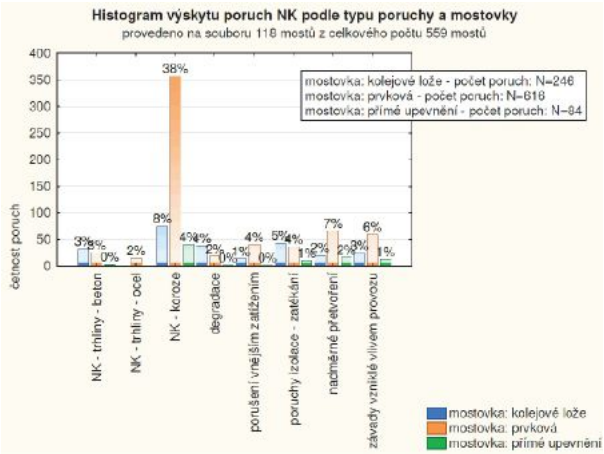
Závěrem lze říci, že nejčetnější a také nejzávažnější poruchy ocelových železničních mostů jsou způsobeny korozním oslabením nosných prvků. Nejvíce jsou oslabeny prvkové mostovky. Zde bylo také nalezeno 15 případů únavových trhlin, zejména v oblasti plošného uložení mostnic na pásnice podélníků. Poměrně velké zastoupení mají také deformace prvků při spodním líci mostu, vzniklé

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

nárazem projíždějících vozidel. Obecně v nejhorším stavu jsou mosty s prvkovou mostovkou.



Obr. 1 Četnost poruch podle stáří mostu

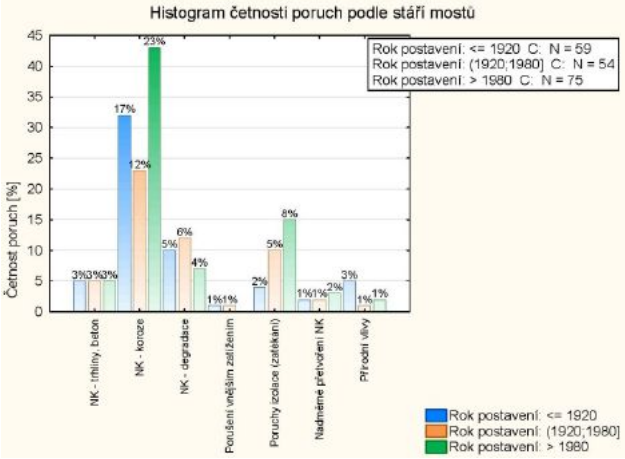


Obr. 2 Četnost poruch podle typu mostovky

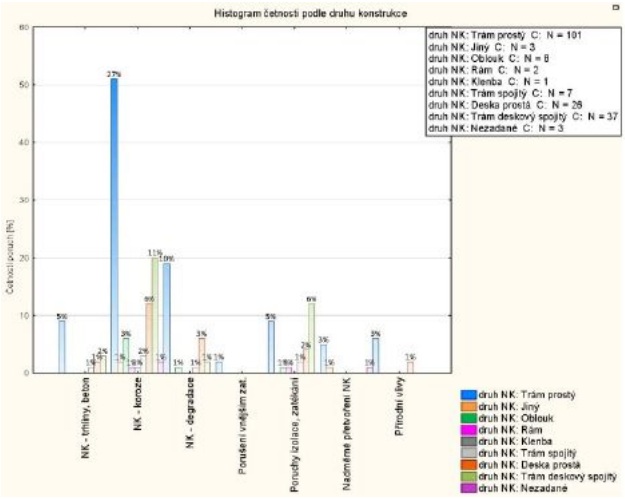
Na síti pozemních komunikací byly vybrány vzorky z celkem 951 mostů ve správě ŘSD, Správy Brno a Libereckého kraje. Vybrané konstrukce rovnoměrně reprezentují různé třídy komunikací, délky přemostění i druhy běžně se vyskytujících konstrukčních typů. Z uvedeného souboru bylo celkem 81 ocelových mostů.

Byla vytvořena databáze zmíněných ocelových mostů s hodnocením jejich závad, nový návrh katalogu poruch a závad a systém jejich hodnocení vycházející ze zavedených standardů. Inovace systému by měla zejména postihnout tvorbu zpráv o prohlídkách mostů a jejich hodnocení.

Ze sledovaných mostů je patrné, že nejčastější závadou bylo korozní poškození. Trhliny v nosné konstrukci u mostů pozemních komunikací se vyskytují zejména v betonu, nebyla zaznamenána žádná únavová trhlina v ocelových prvcích.



Obr. 3 Rozdělení mostů podle stáří



Obr. 4 Četnosti vad podle druhu konstrukce

Ze zpracované statistiky vyplynulo, že stavební stav, posuzovaný v revizních zprávách, nemusí vždy korespondovat se stavem konstrukce z hlediska narušení statické funkce konstrukce. Jednotlivé mosty hodnocené stavebním stavem 3 mohou být z hlediska únosnosti v lepším stavu. Výjimečně tomu může být naopak. Obdobný stav je i u mostů pozemních komunikací. Výsledkem je i analýza kvality a přiléhavosti mostních prohlídek a revizních zpráv, s návrhem jejich zpřesnění a vylepšení.

Literatura

[1] ©VARS BRNO A.S. *Bridge Management System - BMS* [online]. © VARS BRNO a.s, 2001 Available from: www.bms.vars.cz.

[2] PONTEX SPOL S.R.O. *Katalog závad mostních objektů pozemních komunikací* [online]. 2008th ed. Praha: Pontex spol s.r.o., 2008 Available from: www.bms.vars.cz.

[3] SŽDC a.s., státní organizace, Oblastní ředitelství Praha *Revizní zprávy*; Praha, 2013.

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

DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ MOSTNÍCH KONSTRUKCÍ

Zpracovali: Ing. Petr Klimeš (EUROVIA CS, a.s.), Ing. Jiří Jachan (Valbek EU, a.s.)

Souhrn

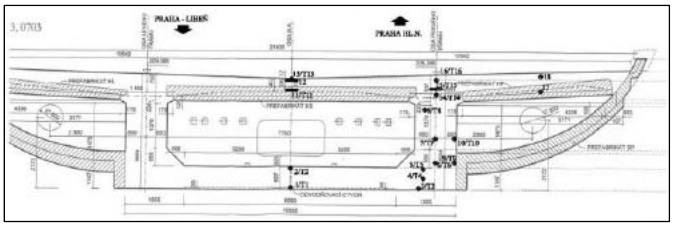
Předmětem činnosti bylo monitorování Železniční estakády přes Masarykovo nádraží. Tato železniční estakáda o dvanácti polích je největším mostním objektem stavby Nové spojení.

Obr. 1 Pohled na Estakád převádějící čtyři koleje

Z konstrukčního hlediska je estakáda mimořádnou konstrukcí. Šířka konstrukce i zatížení od čtyř kolejí jsou u železničního mostu ojedinělé i ve světovém měřítku. Již v rámci stavby bylo dodavatelem zahájeno rozsáhlé monitorování konstrukce, na které lze s výhodou navázat. Je možno ekonomicky využít již instalované systémy a efektivně zajistit rozsáhlé měření.

Obr. 2 Řešení nosné konstrukce

Pro zajištění pokračování monitorování bylo nutno ověřit a vyhodnotit stav konstrukce, prověřit měřící zařízení, definovat priority měření a provést analýzu získaných dat z předchozích dlouhodobých měření.



Obr. 3 Příčný řez nosnou konstrukcí

Další oblastí bylo téma vstupních předpokladů při navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, která bude sledována na celkem dvou mostních konstrukcích.

Oblast použití

Vyhodnocení poznatků získaných při monitorování konstrukce je cenné pro návrh především železničních mostů, ale v určitých případech je vhodné i pro mosty silniční.

Vyhodnocení napjatosti je podstatné pro ověření chování, resp. návrh průřezů.

Monitorování vodorovných sil přenášených kotvením je přínosné pro návrh obdobných systémů nebo speciálních ložisek. Dimenzování ložisek na vodorovné síly na železničních mostech je značný problém. U posuzované konstrukce jsou čtyři koleje, což si vyžádalo využití speciálního kotvení. Toto kotvení do konstrukce opěry nahrazuje pevné ložisko.

Rovněž je monitorováno namáhání mostní přepážky, pro jejíž návrh je nedostatek údajů. Mostní přepážka se provádí u železničních mostů, kde je s ohledem na velkou délku mostu obava z ředění štěrkového lože.

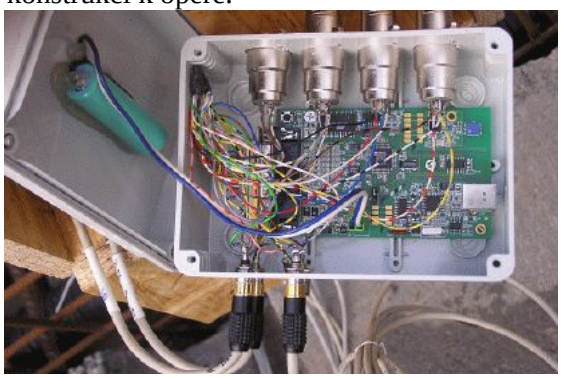
Výsledky získané monitorováním lze s výhodou využít i pro menší objekty, kde jsou zatížení nižší a získání některých údajů je problematické např. vzhledem k nižší četnosti různých typů zatížení.

Metodika a postup řešení

Předmětem přípravy měření bylo podrobné vyhodnocení stavu konstrukce a stavu instalovaných systémů využívaných již v minulosti.
Předmětem analýzy byla následující měření:

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

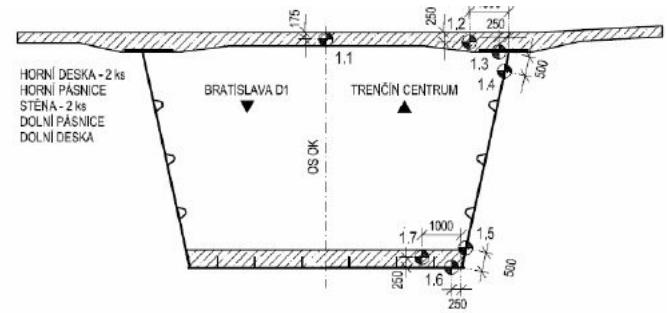
- měření teploty betonu;
- měření posunů ložisek;
- měření lokálních poměrných deformací a odvození změn napjatosti;
- měření namáhání mostní přepážky
- měření změny sil v kabelech kotvících nosnou konstrukci k opěře.



Obr. 4 Měřící ústředna (nezávislá na přísunu energie)

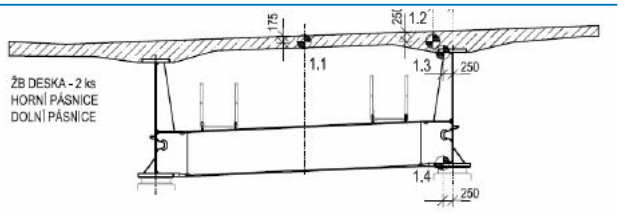
Z uvedených měření probíhajících již v rámci výstavby existuje rozsáhlý datový soubor, který je analyzován. Navazující měření byla připravována s vyhodnocením předchozích dat. Podmínkou celé koncepce, která je ekonomická díky využití již instalovaných systémů a možnosti analýzy získaných dat, je zajištění návaznosti a kalibrace všech systémů pro pokračující měření.

Dalším předmětem sledování je 1 dilatační celek mostu přes Biskupický kanál a Váh v Trenčíně, spojitou ocelobetonovou konstrukci 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. Ocelová konstrukce bude realizována protisměrným výsuvem polovin komorového průřezu.



Obr. 5 Most v Trenčíně, příčný řez a měřené body

Posledním sledovaným mostem je 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 bude realizována podélným výsuvem.



Obr. 6 Most na D8, příčný řez a měřené body

Na obou konstrukcích bude osazena sada tenzometrů a centrála pro možnost sběru dat. Tenzometry budou umístěny do typických míst konstrukce na horní a dolní pásnici, stěně, spodní a horní desce. Nad pilíři budou v horní desce umístěny také tenzometry pro sledování nerovnoměrného rozdělení normálového napětí v příčném směru.

Výsledky

Výsledkem činnosti je analýza již získaných dat, dále pak ověření stavu monitorovacích systémů a příprava a zajištění navazujících měření.

U obou spřažených konstrukcí jsme na základě provedených výpočtů provedli návrh systému sledování a rozdělení měřících míst na konstrukci. Návrh byl předložen investorovi a je ve fázi schvalování.

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

VYHODNOCOVÁNÍ MĚŘENÍ NA MOSTĚ PŘES OPARENSKÉ ÚDOLÍ

Zpracovali: Ing. Vojtěch Kolínský, prof. Ing. Jan L. Vítek, CSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Most přes Oparenské údolí na dálnici D8 v Českém středohoří je tvořen dvěma téměř identickými obloukovými konstrukcemi. Rozpětí oblouků je 135 m (druhé největší rozpětí betonového obloukového mostu v České Republice). Oblouky jsou vetknuté do základových patek. Mostovka je předpjatá s dvoutrámovým průřezem a rozpětí polí se mění od 17 do 22 m. Na mostě bylo prováděno podrobné měření poměrných deformací oblouku během výstavby, geodetická měření a měření sil v dočasných závěsech. V současné době je nosná konstrukce hotova, ale chybí dokončení vozovky a příslušenství. Stavba je nyní zastavena a předpokládá se, že po jejím obnovení a uvedení mostu do provozu se bude v měření pokračovat.

Cílem výzkumu je vyhodnocení naměřených veličin a jejich porovnání s výsledky numerických výpočtů. Z porovnání pak vyplyne, jak jsou výstižné teoretické modely modelující působení zejména betonu při dlouhodobém zatížení.

Oblouk je železobetonový nepředpjatý, ale převážně tlačený, proto je vhodnou konstrukcí pro ověření materiálových modelů pro beton. Most byl stavěn pomocí metody letmé betonáže, konstrukce byla proto postupně zatěžována až do současného stavu, kdy je aplikována velká většina stálého zatížení.

Oblast použití

Poznatky získané při řešení této výzkumné aktivity bude možné využít při projektování betonových konstrukcí náchylných na projevy reologických vlastností betonu (např. letmo betonované mosty) a dále při návrhu a následném vyhodnocování měření při dlouhodobém sledování betonových konstrukcí.

Reologické vlastnosti betonu (dotvarování a smršťování), jakožto faktor významně ovlivňující chování betonových konstrukcí, nejsou v betonovém inženýrství nijak novým fenoménem, přesto v této problematice stále můžeme najít poměrně mnoho nejasností.

Je to patrné například již při letmém pohledu na množství, vzájemnou nezávislost a komplikovanost různých matematických modelů, které přetvárné chování betonu popisují. Vzhledem k masivnímu výzkumu a vývoji v oblasti „nových“ betonů (vysokohodnotné betony, vláknobeton, používání speciálních přísad a příměsí…) lze do budoucna očekávat při komplexním materiálovém modelování betonu ještě více faktorů a vstupních hodnot – tedy ještě komplikovanější modely. Samotná složitost modelů a s nimi spojených výpočtů by dnes, vzhledem k výkonu počítačů, nebyla až takovým problémem. Podstatně náročnější je ve fázi projektu získat všechny potřebné podklady o materiálu, který bude v konstrukci použit a o prostředí, jemuž bude vystaven. Z tohoto důvodu je důležité zabývat se otázkou, které faktory jsou pro výsledné chování betonových konstrukcí opravdu významné, kvantifikovat jak vliv jednotlivých parametrů v modelech dotvarování, tak i reologických změn materiálu jako celku.

Silnou motivací do zkoumání dotvarování bylo v posledních letech množství poruch (nadměrných průhybů), které byly zjištěny při užívání mostů u nás i v zahraničí. To vedlo ke snahám o přepočty konstrukcí, hledající příčiny těchto problémů a dále k tomu, že některé významné konstrukce jsou dnes během výstavby i v průběhu jejich životnosti podrobeny detailnějšímu sledování. Až na pár výjimek se ukázalo, že získat hodnověrné informace nutné pro detailní modelování a vyhodnocení měření je pro stavby staršího data v podstatě nemožné. Konkrétně jde o nedůsledně uchovávané údaje o použitých materiálech, tvaru konstrukce a hlavně jejím detailním způsobu výstavby.

Protože o výstavbě mostu přes Oparenské údolí máme poměrně detailní informace a konstrukce byla během stavby i po jejím dokončení podrobně sledována, zcela jistě se vyplatí provést podrobnou analýzu všech měření, která může pomoci výše uvedené otázky osvětlit.

Metodika a postup řešení

Postup řešení sestává z několika základních kroků.

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

a) Vyhodnocení měření provedených na mostě během výstavby a později během budoucího provozu.
b) Vytvoření jednoúčelového programu a numerického modelu, který umožní variaci jednotlivých vstupních parametrů tak, aby bylo možné z měření identifikovat a kvantifikovat jednotlivé ovlivňující faktory a tak stanovit jejich význam pro výsledné deformace konstrukce.
c) Porovnání výsledků numerického modelu a měření na konstrukci a provedení inverzní analýzy.
d) Vyhodnocení vhodnosti měření a doporučení pro experimentální programy na dalších konstrukcích.

V roce 2013 byla věnována hlavní pozornost sestavování výpočetního programu a numerického modelu konstrukce oblouku. Ten umožňuje postupné modelování konstrukce při výstavbě i po dokončení. V programu musí být možné respektovat historii zatěžování, časový postup výstavby i experimentálního programu a snadno měnit jednotlivé materiálové modely betonu. Další důležitou funkcí je možnost parametrizovat jednotlivé vstupní hodnoty ve výpočtech dotvarování a smršťování a sledovat vliv jejich statistické nejistoty na výsledné chování mostu. Kvůli komplikovanosti postupu výstavby a značné složitosti konstrukce je s ohledem na rychlost výpočtu nutné provádět výpočet dotvarování v přírůstkové formě (vyjádření funkce dotvarování ve tvaru Dirichletovy řady).

Výpočetní jádro programu bylo vyvinuto a testováno prvním autorem tohoto příspěvku v rámci doktorského studia. Toto jádro však bylo nyní třeba upravit pro tento konkrétní příklad – modelování komplexní výstavby mostu přes Oparenské údolí.

Detaily o výpočtu dotvarování v přírůstkové formě a o výpočetním jádru programu je možné nalézt v článku [2].

Výsledky

Protože je Oparenský most letmo betonovaný, tzn., vznikl postupným betonování polovin oblouku ze dvou zárodků, bylo třeba do programu doplnit původně neobsaženou funkci, a to možnost spojení několika nezávislých konstrukcí. Dále bylo třeba pro věrné modelování výstavby mostu přes Oparenské údolí doplnit možnost z konstrukce pruty naopak odebírat (montážní táhla a pylon).

Vzhledem k informacím ze stavby se dalo očekávat, že poměrné velký vliv na deformace letmo betonované konzoly rozestavěného mostu měla teplota. V původním programu byla obsažena jen možnost zadat zatížení rovnoměrnou teplotou. Vzhledem ke tvaru a možnému efektu oslunění mostu byla doplněna možnost na prutech uvažovat zatížení nerovnoměrnou teplotou (lineárním teplotním spádem po výšce prvku).

Všechny tyto nové funkce bylo třeba po implementaci do softwaru ověřit. Verifikace byla provedena pomocí modelů v programu Scia Engineer.

Poslední provedenou novinkou byla implementace kompletního modelu dotvarování B3 [1]. Tento model obsahuje nejvíce vstupních parametrů a vzhledem k jeho komplexnosti se očekává největší shoda s realitou.

Po této přípravě již nyní bude možné přistoupit k postupnému modelování výstavby celého mostu a začít s analýzou měřených dat.

Literatura

[1] Bažant, Z. P. and Baweja, S.: Creep and shrinkage prediction model for analysis and design of concrete structures: Model B3. Adam Neville Symposium: Creep and Shrinkage-Structural Design Effects, 2000, 1–83.

[2] Kolínský, V.: Analýza letmo betonovaných obloukových mostů se zaměřením na reologické vlastnosti betonu, Workshop doktorandů katedry betonových a zděných konstrukcí , Praha 24. 5. 2013, uveřejněno v digitální verzi sborníku.

Obr. 1 Výstavba oblouku mostu letmou betonáží

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

OVĚŘOVÁNÍ NOVÝCH MATERIÁLŮ PRO OPRAVY A REKONSTRUKCE MOSTŮ

Zpracovali: Ing. Petr Klimeš (EUROVIA CS, a.s.), Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., Ing. Martin Vovesný (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Současný vývoj v oblasti mostního stavitelství ukazuje, že pro zajištění rychlosti výstavby nových mostů i rekonstrukcí mostů stávajících je nezbytný vývoj nových technologií a konstrukčních prvků. V rámci činnosti byly sledovány dva základní směry výzkumu.

Oblast 1: Vývoj a zkoušení progresivního modelu filigránových prefabrikátů jako ztraceného bednění, určeného pro rekonstrukce či výstavbu nových mostů.

Oblast 2: Druhým směrem výzkumu je použití FRP (fibre reinforced plastic) materiálů pro mostovky mostů pozemních komunikací, se zaměřením na provizorní mostní konstrukce.

Oblast použití

Použití filigránových prefabrikátů jako ztraceného bednění nosné konstrukce mostů je možné jak pro rekonstruované mosty, tak pro novostavby a to silniční i železniční. Tato metoda vede ke zrychlení a zlevnění výstavby nosné konstrukce mostu, neboť odpadá časově a finančně náročné zřízení podpěrných skruží a vlastního bednění při použití monolitické nosné konstrukce mostů. Řešení je mimořádně vhodné pro použití u rekonstrukcí/ náhrad mostů, kde je požadována rychlá a jednoduchá výstavba, např. náhrada mostů zničených při povodních apod.
Vlákny vyztužený plast (FRP) byl patentován již v roce 1916. Poprvé však byl jako konstrukční materiál použit až v roce 1930 na výrobu trupu lodi [1]. Ve stavitelství se poprvé FRP využilo v roce 1950, jako výztuž betonové konstrukce. První mostní konstrukce z FRP byla postavena v roce 1976 v Izraeli [1]. Uplatnění FRP v mostním stavitelství lze rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou opravy mostních konstrukcí, kde se jedná převážně o zesilování stávajících mostních konstrukcí, nebo nahrazování částí stávajících konstrukcí, jako je například výměna části stávající nosné konstrukce nebo výměna mostovky (výhodné zejména pro provizorní mostní konstrukce). Druhou skupinou je pak výroba nových mostních konstrukcí, kde je část nebo i celá konstrukce vyrobena z prvků z FRP. S tímto řešením se nejčastěji setkáme u lávek pro chodce. Další možnou aplikací je využití FRP jako výztuže do betonu nebo jako externí závěsná lana zavěšených mostů. Příkladem konstrukce FRP panelu pro konstrukci mostovky lze uvést využití panelů ZellComp inc. osazených na nýtovaný ocelový příhradový most [3] nebo FRP panely pro provizorní most v Koreji [4].

Metodika a postup řešení

V roce 2013 proběhly v rámci **oblasti 1** tyto činnosti: analýza stávajícího stavu (prvky ztraceného bednění, filigránové desky, prostorová výztuž a její použití), spolupráce na vypracování projektů silničního a železničního mostu, vypracování podkladů pro výrobu zkušebních panelů a pro provedení zatěžovacích zkoušek, výroba zkušebních panelů, provedení zatěžovacích zkoušek, vyhodnocení a zohlednění výsledků zkoušek v definitivním návrhu konstrukce. Řešení umožnilo sériovou výrobu filigránových desek.

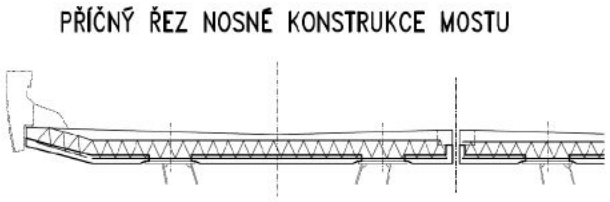
Obr. 1. Zatěžovací zkouška filigránového panelu

Byly vyrobeny vzorky filigránových desek silničního a železničního mostu. Tyto zkušební vzorky byly zatěžovány dle požadavků projektanta postupně až na dvojnásobek zatížení, které je vyvozeno na stavbě při ukládání betonu monolitické

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

dobetonávky spřažené desky. Výroba zkušebních vzorků a zatěžovací zkoušky proběhly ve výrobně společnosti EUROVIA CS v Řevnicích.

Bylo zajištěno měření deformací a vyhodnocení zkoušek. Výsledky měření deformací byly použity jednak pro ověření správnosti předpokladů návrhu konstrukce, jednak pro návrh nutného výrobního nadvýšení konzoly filigránových desek tak, aby při konečném zatížení mostu bylo dosaženo projektovaného tvaru.

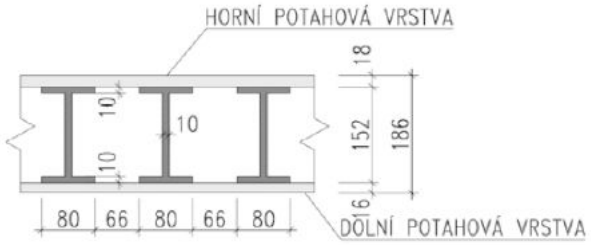


Obr. 2. Příčný řez konstrukcí s filigránovými panely

V **oblasti 2** proběhla podrobná analýza stávajícího stavu v dané oblasti. Cílem výzkumu je nalézt alternativní řešení mostovky pro provizorní mosty, jako je například Těžká Mostová Souprava (TMS), které by zajistilo dostatečnou zatížitelnost mostovky i její životnost.

Obr. 3. Excentrické zatížení FRP panelu

Pro tento účel byl vyvinut panel tvořený nosníky s příčným řezem tvaru I, které jsou vzájemně propojeny horní a dolní vrstvenou deskou (obr. 3). V rámci roku 2013 byly vyhodnoceny a analyzovány výsledky pilotních zkoušek navrženého nového typu panelu a probíhala jeho optimalizace s cílem nalézt nejefektivnější řešení s ohledem na spotřebu materiálu.



Obr. 4. Příčný řez FRP panelem

Tento návrh je dostatečně únosný a zároveň jednoduchý na výrobu. Do současné doby byly vyrobeny dva vzorky nosné konstrukce panelu, na kterých byla zkoušena únosnost v ohybu (viz obr. 3), únosnost stojiny v tlaku a byly provedeny pilotní únavové zkoušky části panelu.
Za pomocí FEM modelu v programu Abaqus, který byl verifikován na základě dat z experimentů, byla provedena optimalizace návrhu dimenzí panelu. Jako optimalizační algoritmus byla použita metoda "Response surface method" (RSM) a software Matlab. Cílem bylo nalézt takové dimenze, které splní požadavky na únosnost a při minimalizací plochy příčného řezu panelu. Jako kritérium únosnosti byl využit Tsai-Wu index o maximální hodnotě 0.9.

Výsledky

Po odzkoušení zkušebních panelů a zohlednění výsledků zatěžovacích zkoušek je možno filigránové prefabrikáty využívat pro standardní konstrukce. To bylo potvrzeno při sériové výrobě, byly vyrobeny a úspěšně namontovány prefabrikáty a dokončena nosná konstrukce silničního mostu. Tímto byla ověřena použitelnost a výhody této metody jak při rekonstrukcích, tak i novostavbách mostů.
Na základě provedených zkoušek bylo prokázáno, že FRP panel je schopen přenášet požadované zatížení a může bezpečně sloužit jako mostovka provizorních mostů. Proběhla rovněž jeho optimalizace nezbytná pro konkurenceschopnost daného řešení. V současné době probíhá vývoj prototypu konstrukce s ohledem na dořešení veškerých konstrukčních detailů.

Literatura

[1] Munley, E.: *FHWA's program in FRP composites*, Eastern Resource Center BridgeTechnology Workshop notes. Federal Highway Administration, Maryland USA, 2000

[2] Tromp, L., Schipper, K.: *Feasibility and Life Cycle considerations of Fiber Reinforced Polymer (FRP) deck solutions for renovation of steel highway bridges*, IABSE, Rotterdam 2013

[3] ZellComp inc., http://www.zellcomp.com/highway_bridge_instal.html, 2011

[4] Hyeong-Yeol, K., Ki-Tae, P., Jinwoo, J.: *A pultruded GFRP panel for temporary structures*, Composite Structures, 2009,p. 20-30

[5] Filigran Trägersysteme *Filigran Technische Informationen*, 2013th ed.; Lesse/ Weser, 2013.

[6] Filigran Trägersysteme *Filigran Systeme*, 1994th ed.; Geretsried, 1994.

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

PREFABRIKOVANÉ DESKY SPŘAŽENÝCH MOSTŮ – SPOJE Z UHPC

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

Souhrn

Spřažené ocelobetonové mosty jsou velmi úspěšné a časté stavební konstrukce. Jejich optimalizace a vývoj je proto velmi žádaný a může vyústit v zajímavé ekonomické přínosy. Většina spřažených ocelobetonových konstrukcí má monolitickou betonovou desku. Zajímavou variantou je použití prefabrikovaných desek. Problémem je spojení prefabrikované desky a ocelového nosníku. Předmětem výzkumu je řešení tohoto spoje pomocí betonu velmi vysokých pevností (UHPC). V první fázi byl experimentálně ověřen spoj desek namáhaný ohybem.

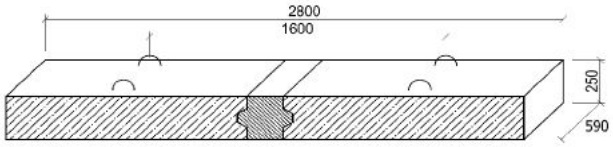
Oblast použití

Monolitická deska ocelobetonových spřažených mostů se betonuje na dříve osazené ocelové nosníky. Nosníky jsou opatřeny spřahovacími elementy. K betonáži se využívá buď betonážní vozík nebo je bednění podepřeno přímo, pokud je konstrukce dostatečně nízko nad terénem. Vedle monolitických desek se stále objevují pokusy navrhovat desky prefabrikované. Prefabrikované desky mají výhodu, že se mohou rychle montovat, a jsou obvykle z velmi kvalitního betonu. Problémem však je spřažení prefabrikované desky a ocelových nosníků. Je několik způsobů, které byly navrženy, avšak mají své problémy. Např. dobetonování stahovacích elementů po osazení desek vede ke koncentracím napětí a obtížnému dimenzování betonových prefabrikovaných desek. Svařované spoje, kde v prefabrikované desce je zabetonován ocelový prvek, který se po montáži přivaří k ocelovému nosníku, nejsou vhodné zejména z technologického hlediska.

Použití UHPC je způsob, který může problém spoje vyřešit relativně snadno. UHPC je materiál s velmi vysokými mechanickými parametry, proto je schopen přenášet vysoká napětí, jejich koncentrace není příliš na závadu. Vlivem použití vysokohodnotného materiálu mohou být spoje umístěny i v místech velkých ohybových momentů. Spoje z UHPC se snadno provádějí, protože jde prakticky o běžnou betonáž. Spoje mohou být malé, protože vysoká pevnost materiálu umožňuje zkrácení kotevních délek výztuže. Zároveň náklady na spoj nejsou velké i přes vysokou cenu UHPC, protože materiálu se používá relativně málo. Vyřešení kompletních spojů vyžaduje dlouhý výzkum během více let. V roce 2013 byl tento výzkum zahájen experimentálním ověřením spoje desek nad nosníkem na ohybové namáhání. Zatím nebyl řešen problém smykového namáhání, který představuje další etapu.

Metodika a postup řešení

Cílem etapy byl experimentální výzkum podélné spáry mezi prefabrikovanými deskami nad ocelovým nosníkem. Tato spára je namáhána složitým způsobem, a to ohybem desky i spoje v příčném směru mostu a podélným smykem vyvolaným spřažením spoje s ocelovým nosníkem. V roce 2013 byl zkoumán ohyb spojené desky v příčném směru mostu.

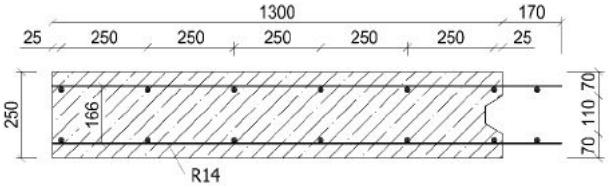


Obr. 1 Schéma zkušebního modelu

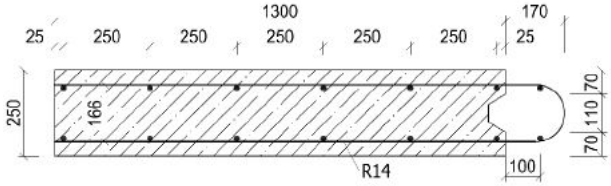
Modely desky byly navrženy tak, aby odpovídaly typickému spřaženému mostu. Tloušťka desky je 250 mm, délka modelu 2.8 m a šířka modelu 0.6 m. Spoj má šířku jen 200 mm. Prefabrikované desky budou položeny na okraj horní pásnice ocelového nosníku, to umožňuje malá šířka spoje (200 mm). Dále menší šířka spoje znamená menší spotřebu drahého UHPC a rychlejší práci na staveništi. Současně ve spoji je nutné ukotvit propojovací výztuž levé a pravé prefabrikované desky, neboť spoj je vystaven velkým záporným ohybovým momentům. Vysoká pevnost UHPC umožňuje, aby výztuž mohla být spolehlivě zakotvena na malé délce (zde na šířku spoje 200 mm).

Byly zkoumány dva druhy uspořádání ohybové výztuže ve spoji. Výztuž vyčnívající z jednotlivých desek byla ukončena přímo (typ R) nebo obloukem (typ S). V obou případech byla spára stejným způsobem zazubena (obr. 2 a 3). Typ R je jednodušší na provádění, typ S představuje obvyklý spoj, nazývaný petlicový styk.

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



Obr. 2 Výztuž ve spoji typ R



Obr. 3 Výztuž ve spoji typ S

Desky byly vybetonovány z betonu C40/50. Spoje jsou pak z UHPC s válcovou pevností v tlaku 155 MPa. Modely desky byly vloženy do zatěžovacího rámu a zatěžovány tříbodovým ohybem.

Obr. 4 Uspořádání zkoušky

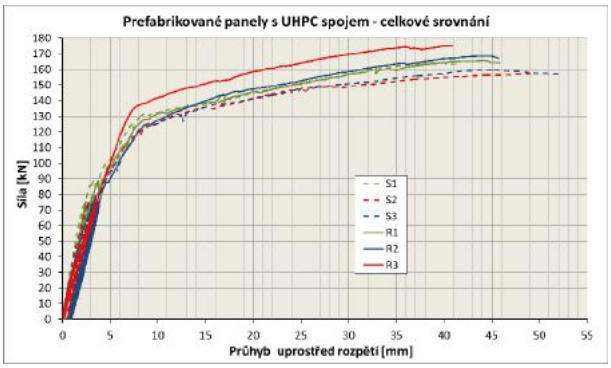
Modely byly vystaveny namáhání ohybovým momentem až do porušení. Tím se ověřila únosnost spoje.

Zatížení modelů probíhalo ve dvou režimech. První byl cyklický režim simulující funkci spoje při provozním zatížení. V prvním cyklu bylo zatížení aplikováno do úrovně 10 kN, aby došlo k dotlačení vůlí. Pak následovaly 4 cykly do úrovně 75 kN s následujícím odlehčením. To odpovídalo cca 50% výpočtem stanovené únosnosti. Zatěžování bylo řízeno silou, rychlost zatěžování byla zvolena 0.2 kN/s. Pak byl režim přestaven do řízení posunem a zatížení bylo zvyšováno až do dosažení únosnosti, resp. velkých deformací. Rychlost zatěžování byla zvolena 0.05 mm/s

Výsledky

Byly vyzkoušeny 3 modely s výztuží typu R a 3 modely s výztuží typu S. Všechny výsledky byly velmi podobné a optimistické. Vznik prvních velmi malých trhlin byl zaznamenán na úrovni zatížení 35 až 45 kN. To je zcela přirozený a očekávaný výsledek, neboť konstrukce není předpjatá. Při dosažení úrovně zatížení 75 kN byla šířka trhlin v rozmezí 0.15 až 0.25 mm, což odpovídá provoznímu stavu při plném zatížení. Únosnost modelů dosahovala 157 až 177 kN. Přitom vznikalo cca 4 až 5 trhlin, které se postupně rozevíraly. V žádném případě nevznikla trhlina ve spoji z UHPC, trhliny se objevily buď na hranici UHPC a prefabrikátu nebo v betonu prefabrikátu (obr. 6). Únosnost s vyztužením typu R je mírně větší než u vyztužení typu S (obr. 5).

Experimenty prokázaly, že spoje z UHPC i přes své malé rozměry zcela splňují podmínky pro přenos zatížení ohybem v příčném směru mostu. Navíc se prokázalo, že rozptyl výsledků ze zkoušek jednotlivých modelů je velmi malý, což je příznivé pro navrhování a ověřování budoucích konstrukcí.



Obr. 5 Porovnání výsledků experimentu

Obr. 6 Typické rozdělení trhlin na mezi únosnosti

Literatura

[1] Vítek, J.L., Čítek, D., Coufal, R.: UHPC joints of precast elements, Sborník 7th International Conference Fibre Concrete, CTU in Prague, Prague, 2013

[2] Čítek, D., Vítek, J.L.: Soudržnost výztuže a UHPC. Sborník konference Betonářské dny 2013, ČBS 2013

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

PŘÍPRAVA EXPERIMENTÁLNÍ STAVBY Z UHPC

Zpracovali: Ing. Jiří Peřina, Ing. Jan Tichý, CSc. (Skanska a.s.)

Souhrn

První předem předpjatý mostní nosník z UHPC byl v Česku vyroben v srpnu 2010 v naší provozovně Tovačov a je patrný z obrázku č. 1.

Obr. 1 První předem předpjatý nosník z UHPC vyrobený v ČR

Prezentace výroby a zkoušek nosníku proběhla na 17. Betonářských dnech v Hradci Králové [2]. První praktická realizace UHPC v České republice se uskutečnila v roce 2012 při rekonstrukci mostu přes rychlostní silnici R 10 u Benátek nad Jizerou. Tehdy byly vyrobeny a zabudovány do konstrukce mostní desky z UHPC, které plnily funkci ztraceného bednění. Průběh montáže, tvar mostních desek ztraceného bednění z UHPC a v pozadí dominantní zámek v Benátkách nad Jizerou jsou znázorněny na obrázku č. 2.

Obr. 2 První praktická realizace UHPC v České republice

Prezentace této velkolepé události proběhla na podzim roku 2012 a to na 8th mezinárodním kongresu CCC Durability of Concrete Srtuctures v Chorvatsku [3]. To byly důvody k tomu, abychom se dále a hlouběji zabývali použitím UHPC a to zejména pro mostní konstrukce staveb pozemních komunikací.

Oblast použití

Využití získaných poznatků se předpokládá zejména při návrhu a realizaci mostních konstrukcí. Hlavní důraz je kladen na legislativní podchycení této složité problematiky. Cílem je sjednocení požadavků na statický návrh konstrukčního prvku, návrh a výrobu betonové směsi a zejména na ověření vlastností betonové směsi a hotového produktu. A to vše za účelem prokázání skutečnosti, že finální produkt má požadované vlastnosti.

Dalším důležitým cílem je propojení mezinárodní legislativy a české legislativy.

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byly plánovány následující cíle:

- Připravit program experimentální stavby z nosníků UHPC.
- Uskutečnit část tohoto programu
- Návrh nosné konstrukce mostu z experimentálních nosníků

Výsledky

Byl připraven 5-ti bodový program experimentální stavby. Tento program tvoří tyto body:

1) Návrh experimentálního nosníku
2) Výroba experimentálního nosníku
3) Odzkoušení experimentálního nosníku
4) Návrh nosné konstrukce mostu z experimentálních nosníků
5) Realizace mostu s využitím experimentálních nosníků

V roce 2013 byly z tohoto programu realizovány body 1) a 2).

Návrh nosné konstrukce mostu z experimentálních nosníků

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

Výkres tvaru a výztuže mostního nosníku pro dlouhodobé zkoušky v konstrukci je znázorněn na obrázku č. 3. Výkres předpětí experimentálního nosníku dlouhého 12,4 m je uveden na obrázku č. 4.

Výroba 4 kusů předem předpjatých mostních nosníků k simulovaným dlouhodobým zkouškám v konstrukci

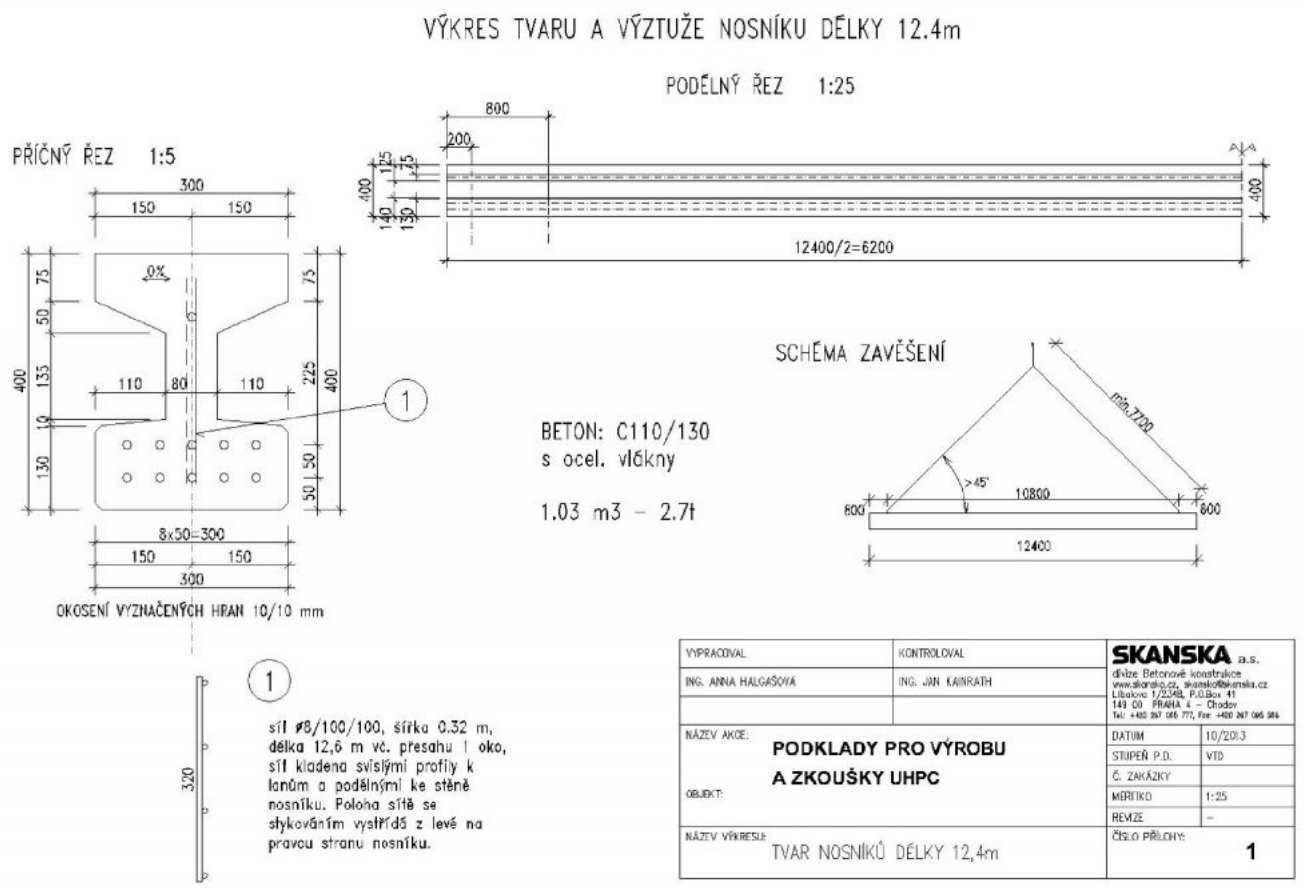
Betonáž zkušebního předem předpjatého nosníku je patrná z obrázku č. 5. Hotový nosník je znázorněn na obrázku č. 6.

Mostní nosníky budou přes zimu uloženy ve výrobní hale v naší provozovně ve Štětí. Bude zpracován podrobný postup zkoušek v rámci činnosti 3.2 tohoto grantového projektu, odsouhlasen dalšími spoluřešiteli a na jaře 2014 proběhnou praktické zatěžovací zkoušky včetně dalších měření v provozovně Štětí.

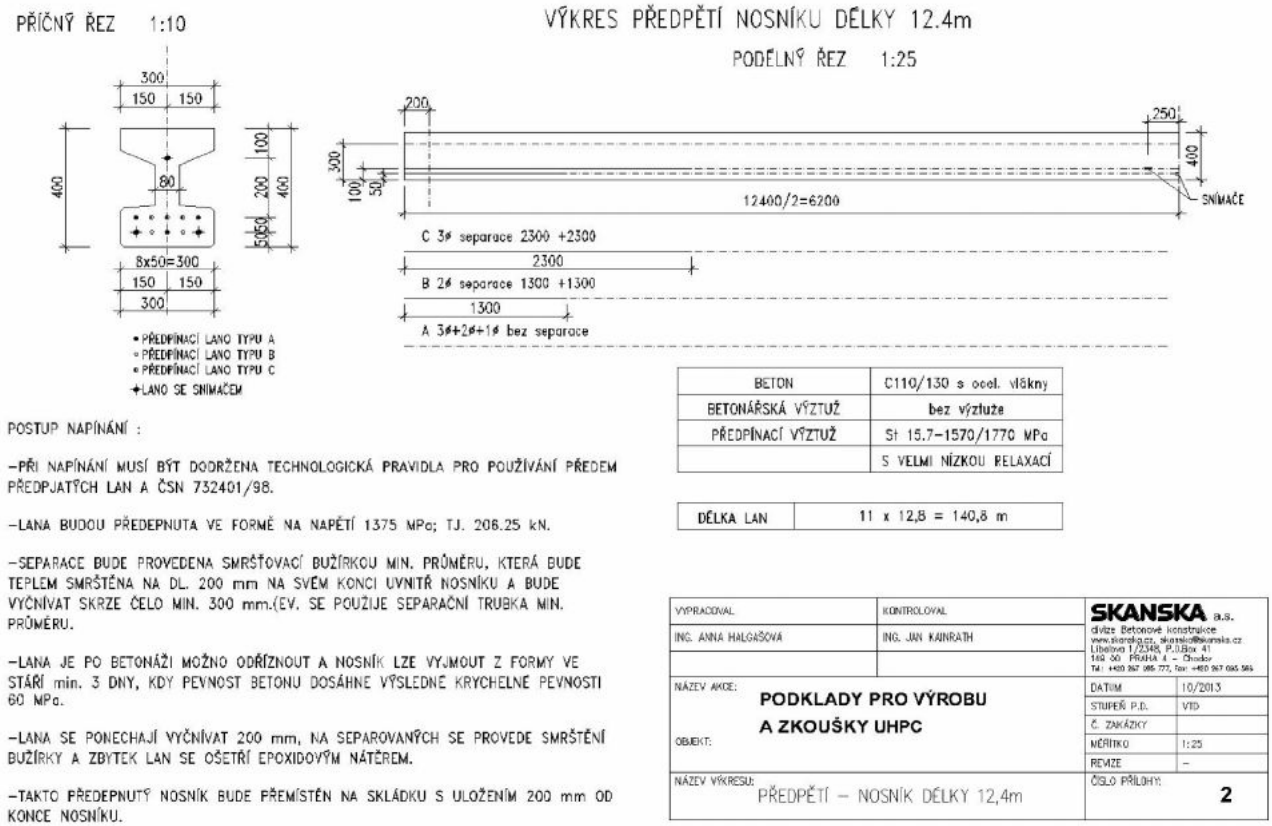
Literatura

[1] Tichý, J.; Karliak, J.; Kolísko, J.; Trefil, V.; Hájek, P.; Kalný, M.: Možnosti použití ultravysokohodnotného betonu u nás. 17. Betonářské dny, Hradec Králové, Česká republika, listopad 23. -24., 2010.

[2] Tichý, J.; Kalný, M.; Kolísko, J.; Huňka, P.: The first practical implementation of UHPC in the Czech Republic. 8th CCC Durability of Concrete Structures, Plitvice Lakes, Croatia, October 4. -6. 2012.



Obr.3 Výkres tvaru a výztuže předem předpjatého nosníku



Obr. 4 Výkres předpětí nosníku délky 12,4 m

Obr. 5 Průběh plnění formy předem předpjatého nosníku čerstvým UHPC

Obr. 6 Hotový předem předpjatý nosník z UHPC

METODA ZPŘESNĚNÍ VÝPOČTOVÉ ANALÝZY REOLOGICKÝCH JEVŮ MOSTŮ SE ZMĚNAMI STATICKÉHO SYSTÉMU

Zpracovali: Ing. Lukáš Kadlec, prof. Ing. Vladimír Křístek, DrSc., FEng., prof. Ing. Jan L.Vítek, CSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Metoda umožňuje získání úplného popisu skutečného prostorového chování betonových mostních konstrukcí při zahrnutí reologických jevů a změn statického systému. Jde zejména o účinky ochabnutí smykem, o smykové působení stěn komorových nosníků, vázané kroucení, deplanaci průřezů, distortní projevy, napjatost v singulárních oblastech, skutečné ztráty předpětí, atd. Metoda kombinuje běžné přístupy pro výpočet vývoje vnitřních sil a průhybů v důsledku změn statického systému během výstavby založené na nosníkové statice a komerční programy, obvykle založené na MKP, pro výpočet prostorových deskostěnových konstrukcí.

Oblast použití

Využití nových poznatků získaných při řešení této výzkumné aktivity se předpokládá v oblasti koncepčního návrhu, statické analýzy a projektování předpjatých betonových mostů.

Metodika a postup řešení

V projektové praxi je v současnosti k dispozici programové vybavení pro výpočtové analýzy reologických jevů betonových mostů se změnami statického systému vycházející z předpokladů nosníkové statiky. Tyto programy jsou na velmi vysoké uživatelské úrovni, avšak – ze samotné povahy nosníkových předpokladů – mohou poskytnout pouze hodnoty integrálních vnitřních sil typu axiálních a posouvajících sil a ohybových momentů. Popis rozložení napětí po průřezu (včetně jevů typu ochabnutí smykem, rozložení napětí podél výšky stěn, roznosu soustředěných sil, namáhání singulárních oblastí, atd.) je mimo možnosti těchto přístupů.

S vývojem nároků na výstižnost statických analýz se však stále více projevuje potřeba vytvořit mnohem dokonalejší výpočetní nástroj pro spolehlivé stanovení skutečného působení prostorově působících mostních konstrukcí, samozřejmě v časovém vývoji, s respektováním změn statického systému, s účinky dotvarování a smršťování, a to vše snadno dostupné pro běžnou projektovou praxi bez nutnosti vynakládat vysoké částky za specializované výpočetní programy. Pro tento účel je odvozen velmi jednoduchý postup využívající pouze dostupné a běžně používané programové vybavení.

Tento přístup k řešení je založen na principu obecné silové metody, kde podmínečné vztahy, vyjadřující kompatibilitní a geometrické podmínky, mají tvar integrálních rovnic pro neznámé časově proměnné silové faktory.

V souladu s principem silové metody se konstrukci ve skutečném tvarovém uspořádání, jako prostorový systém, odejme příslušný počet vnějších vazeb (charakteru reakcí) tak, aby vznikla 3D konstrukce, ale z hlediska podepření staticky určitá. Výpočet hodnot a časového vývoje staticky neurčitých veličin (např. pro most, jehož konečným statickým systémem je spojitý nosník, to mohou být velikosti reakcí ve vnitřních podporách), je proveden – ve smyslu dimenzionální redukce – běžnými rámovými výpočty s prutovými prvky. Takto se získá, pro předepsané časy t_1, t_2 , … t_i , .. t_k , vývoj statických neurčitých veličin odpovídajících příslušné základní soustavě silové metody – ty jsou potom aplikovány jako zatížení 3D základní soustavy, společně s veškerým vnějším zatížením (tzn. včetně předpětí). Tím je získán úplný popis namáhání konstrukce ve sledovaném statickém systému odpovídajícímu postupu výstavby a nakonec finálnímu uspořádání mostní konstrukce.

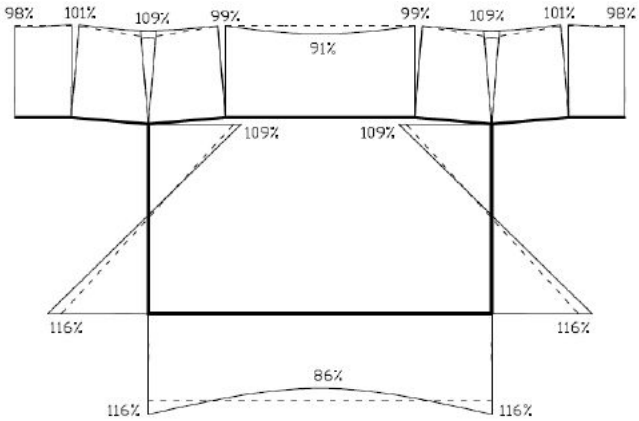
Výsledky

Výsledky automaticky zahrnují složité jevy prostorového charakteru, které pro zjednodušený rámový přístup jsou zcela mimo jeho možnosti, a z principu je není schopen poskytnout. Jde např. o složité napěťové stavy v singulárních oblastech, o deplanaci průřezů, o distortní jevy, o projevy smykových deformací stěn a ochabnutí smykem v deskách komorových nosníků. Tak lze získat úplný popis namáhání konstrukce, skutečné rozložení napětí, pro různé složité kombinace zatěžovacích poloh, v jednotlivých fázích a v celé historii výstavby i

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

v konečném systému statického působení, s uvážením projevů dotvarování (popř. i smršťování) betonu.

Typickým problémem jehož řešení je použitím současných výpočetních prutových přístupů neproveditelné a které vytvořená metoda snadno umožňuje, je skutečné rozložení napětí v průřezu. Jako příklad (obr. 1) je dále ukázáno porovnání poměrných podélných normálových napětí zjištěných prutovým modelem za předpokladu zachování rovinnosti průřezu (100%, čárkovaná čára) a navrhovanou 3D metodou (plná čára) v průřezu vzdáleném 4,5 m od střední podpory spojitého nosníku.

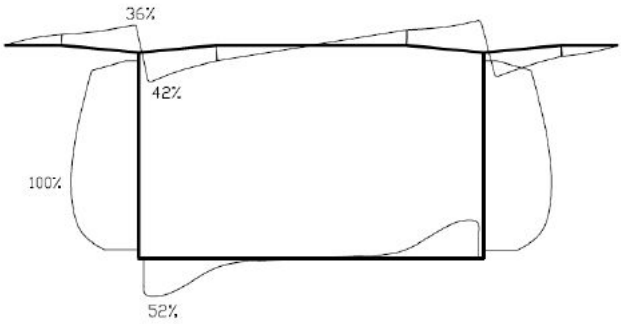


Obr. 1 Porovnání výsledků (v %) nosníkového výpočtu (zachování rovinnosti průřezu) a navrhované metody

Vliv smykového ochabnutí na rozložení podélných normálových napětí je nejvýraznější ve spodní desce průřezu – napětí na okrajích desky (v rozích průřezu) dosahuje 1,35 násobku hodnoty napětí ve středu šířky spodní desky, což je nepochybně velmi významné.

Pokud by předpětí bylo navrženo tak, aby v horní desce právě pokrylo napětí zjištěná elementárním výpočtem předpokládajícím rovinné rozložení normálových napětí po průřezu, nedosáhli bychom požadovanou plnou eliminaci tahových napětí v celém rozsahu horní desky průřezu – ve skutečnosti v horní desce (poblíž rohů průřezu) zůstávají oblasti s tahovým napětím dosahujícím významné hodnoty 9% celkových napětí od veškerého zatížení. Naopak uprostřed šířky desky vzniká oproti výsledkům elementárnímu výpočtu napětí tlakové podobné intenzity.

Též smyková napětí zjištěná 3D výpočtem vykazují oproti výsledkům elementárního výpočtu rozdíly jak v rozložení, tak i v hodnotách; dále je ukázán jejich skutečný charakter v průřezu 4,5 m vzdáleném od střední podpory (obr. 2).



Obr. 2 Průběh smykových napětí po průřezu vzdáleném 4.5 m od střední podpory

Záměrem bylo prezentovat metodu umožňující získání úplného popisu skutečného prostorového chování betonových mostních konstrukcí při zahrnutí reologických jevů a změn statického systému, a to za použití běžně dostupných výpočetních postupů a programů. Jde zejména o účinky ochabnutí smykem, o smykové působení stěn komorových nosníků, o deplanaci průřezů, napjatost v singulárních oblastech, atd.; zejména významné může být zjištění skutečných ztrát předpětí. Tyto faktory, které jsou elementárními metodami nekvantifikovatelné, mohou mít značný význam pro výstižný návrh mostních konstrukcí, zejména u konstrukcí složitějšího uspořádání, tenkostěnnějšího charakteru, a vyššího poměru šířky komory vzhledem k délce rozpětí.

Literatura

[1] Kadlec, L., Křístek, V., Vítek, J.L.: Metoda zpřesnění výpočtové analýzy reologických jevů mostů se změnami statického systému, Sborník 20. Betonářské dny 2013, ČBS 2013

VÝVOJ KONSTRUKČNÍCH DETAILŮ PRO SPOLEHLIVOU A DLOUHODOBOU FUNKCI MOSTŮ

Zpracoval: Ing. Roman Šafář, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Mezi velmi perspektivní mostní konstrukce patří konstrukce integrované. Ty se vyznačují monolitickým propojením hlavní nosné konstrukce se spodní stavbou, čímž je možno omezit počet ložisek a mostních dilatačních závěrů a snížit tak nároky mostních objektů na údržbu a opravy a zvýšit jejich životnost.

Oblast použití

Mezi problémy, které u integrovaných mostů ještě nebyly zcela dořešeny, patří:

- spolupůsobení integrované mostní konstrukce s okolním zemním tělesem,
- dlouhodobé působení a trvanlivost přechodové oblasti, tzn. koncové oblasti zemního tělesa přiléhající ke koncové podpěře mostního objektu, kde dochází k opakovaným dilatačním posunům v důsledku teplotních změn a v důsledku smršťování a dotvarování betonu.

Pro dořešení a ověření těchto problémů bylo na Fakultě stavební ČVUT v Praze vyvinuto zkušební zařízení (Obr. 1 a 2), které umožňuje sledovat působení přechodové oblasti integrovaných mostů v poměrně značném měřítku cca 1:1 až 1:2 oproti reálným mostním konstrukcím.

Obr. 1 Plnění zkušebního zařízení hutněným pískem

Základním prvkem tohoto zařízení je krabice o užitečné délce cca 5 m, výšce cca 2,5 m a světlé šířce 1 m. Krabice se skládá ze základního železobetonového polorámu, z ocelové konstrukce a z výplně podélných stěn. Jedna čelní stěna je pohyblivá a umožňuje simulovat působení koncové podpěry integrovaného mostu na navazující zemní těleso. V současné době je stěna otočná kolem dolní hrany a k jejímu pohybu dochází působením ručně ovládaných hydraulických lisů. Na čelní stěně jsou osazeny snímače zemního tlaku, jehož hodnota se mění v závislosti na zatlačení čelní stěny (nebo koncové mostní podpěry) do zeminy. Aby bylo možno sledovat deformace v zemním tělese, je jedna z podélných stěn skleněná. Zkušební zařízení je v současné době vyplněno hutněným pískem. Ukázka naměřených hodnot je na Obr. 3.

Obr. 2 Pohled na pohyblivou čelní stěnu se snímači zemního tlaku

Metodika a postup řešení

Pro rozšíření možností tohoto zkušebního zařízení byly rozpracovány následující úpravy:

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

a) doplnění vozíku, který by představoval polovinu zadní nápravy těžkého nákladního vozidla (2 kola) a který by umožňoval zkoušenou přechodovou oblast vystavit nejen podélným posunům čelní stěny, ale také svislému zatížení vozidly. Síla, kterou budou kola působit na povrch modelové přechodové oblasti, bude vyvozována například pomocí hydraulických lisů. Podle normy pro navrhování mostních objektů se uvažuje maximální zatížení nápravy hodnotou 300 kN, zde by tedy na polovinu nápravy měla být vyvozena síla max. 150 kN. Zařízení by mělo umožňovat sílu podle potřeby měnit,

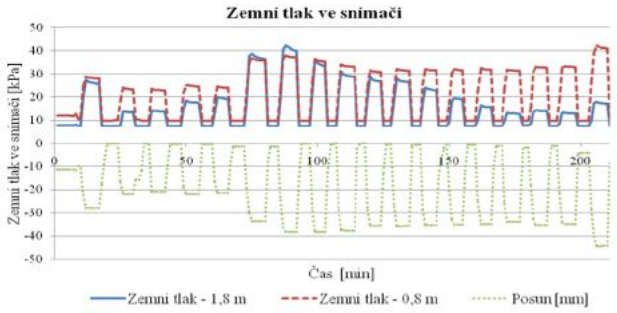
b) ovládání pojezdu vozíku i pohybu čelní stěny by mělo být automatické podle předem stanoveného programu. Je vhodné, aby frekvence pohybu vozíku a čelní stěny byla rozdílná (opět by měla být libovolně měnitelná), aby se stěna a vozík potkávaly obecně vždy v jiné poloze,

c) pro pojezd vozíku bude nutno doplnit horní ocelovou konstrukci s vodícími kolejnicemi,

d) ve zkušebním zařízení budou testovány různé varianty uspořádání přechodové oblasti integrovaného mostu, lišící se použitou zeminou, použitím přechodových desek, výztužných geomříží apod.,

e) do zkušebního zařízení budou doplněny další snímače, a to jak pro sledování zemních tlaků i v dalších bodech, směrech a výškových úrovních přechodové oblasti, tak i pro sledování deformací.

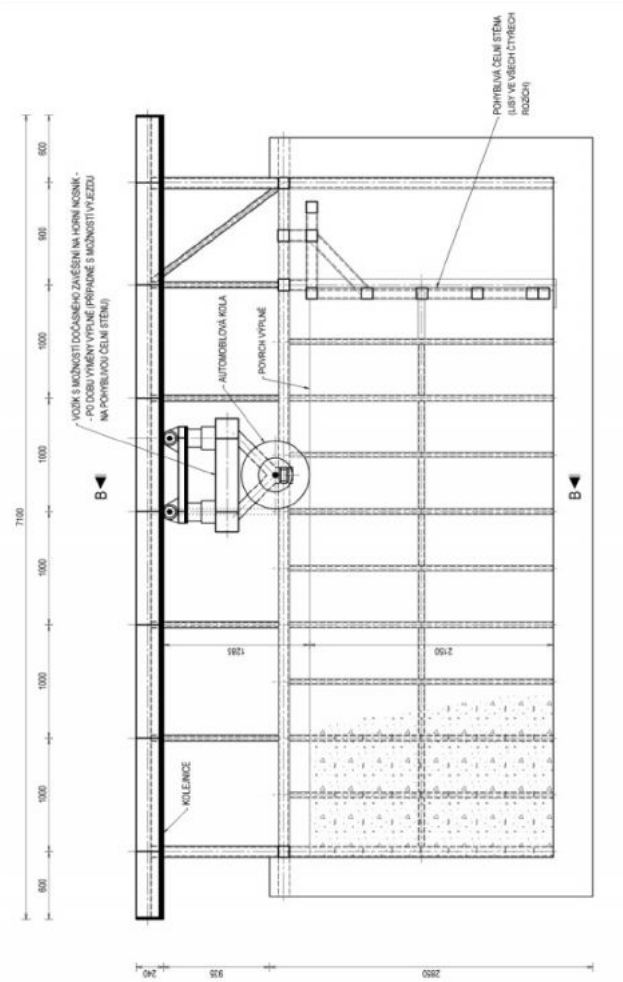
Schéma zamýšlených úprav je na Obr. 4.



Obr. 3 Ukázka naměřených hodnot (J. Bednář, R. Šafář 2012)

Výsledky

Výsledkem činnosti bude metodika pro navrhování integrovaných mostních objektů a jejich přechodových oblastí.



Obr. 4 Schéma úprav – podélný řez

Literatura

[1] Šafář, R., Tej, P.: Zkušební zařízení pro testování přechodových oblastí integrovaných mostů (Funkční vzorek), 2011.

[2] Šafář, R., Kohoutková, A., Záleský, J., Tej, P., Dorko, L., Konvalinka, P.: Transition Areas of Integral Bridges, příspěvek na IABSE konferenci „Global Thinking in Structural Engineering: Recent Achievements“, Sharm-el-Sheikh, Egypt, 05/2012.

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

NÁVRH POKROKOVÝCH TECHNOLOGICKÝCH POSTUPŮ PRO VÝSTAVBU MOSTŮ

Zpracovali: Ing. Vladimír Brejcha, Ing. Zdeněk Batal (SMP CZ,a.s.)

Souhrn

V rámci dlouhodobého předmětného úkolu byl proveden rozbor, jakou pokrokovou technologii začít sledovat jako první. V každém případě to musí být technologie obecně použitelná pro běžná větší přemostění. Jako nejvhodnější se ukázalo rozpracování technologie výstavby nosných konstrukcí mostů z příčně dělených betonových prvků (segmentů) pro jednokomorové mosty s velmi vyloženými konzolami podepíranými prefabrikovanými vzpěrami.

Segmentové mosty jsou zatím navrhovány se segmenty s krátkými konzolami a široké jednokomorové nosné konstrukce jako konstrukce z monolitického betonu. Oba typy konstrukcí lze považovat za stavebně úspěšné a progresivní, proto byla pro další vývoj zvolena kombinace obou.

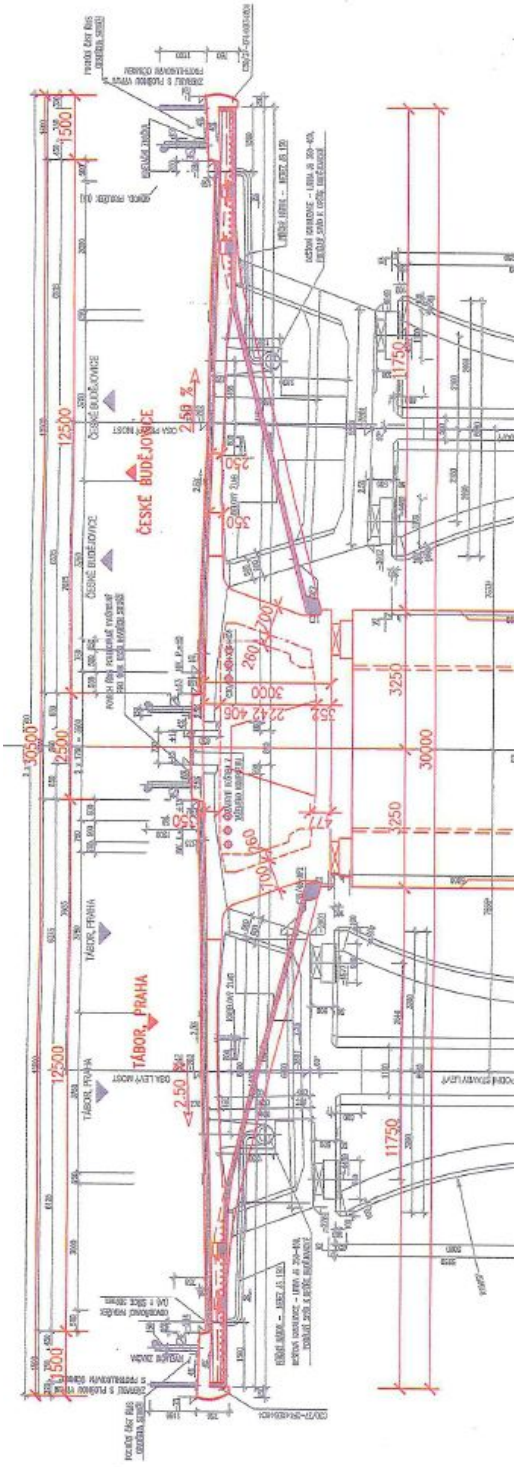
Uvedená technologie může být dále rozpracována pro další vývojový stupeň celoprefabrikovaných konstrukcí z betonů vysokých užitných parametrů.

Oblast použití

Široké jednokomorové nosné konstrukce mostů se použijí pro mosty na čtyřpruhových komunikacích. Zkušenosti z výroby přesných prefabrikátů vyráběných metodou pozitiv – negativ lze použít i pro jiné prefabrikáty než prefabrikáty mostních konstrukcí.

Metodika a postup řešení

Jako základní metodika řešení první sledované pokrokové technologie byla použita metoda srovnávací. Byl hledán vzorový mostní objekt, který by co nejvíce vyhovoval nové sledované technologii a u kterého by byly dostupné potřebné materiály a doklady pro porovnání, neboť pokrokovost je úzce spjata s efektivitou řešení. Podle dispozičního a konstrukčního řešení zvoleného vzorového mostního objektu se zpracuje varianta řešení s použitím první sledované pokrokové technologie.



Obr. 1 Příčný řez pokrokovým řešením

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

Jako vzorový objekt pro porovnání byl vybrán v současné době dokončovaný velký mostní objekt na dálnici D3 ve Veselí nad Lužnicí (SO 8-208). Vzorový objekt plně vyhovuje svojí dispozicí a konstrukčním řešením pro návrh varianty řešení s použitím kombinované technologie. Celý mostní objekt je dlouhý 1056 m, rozpětí polí od 48 m do 65 m. Objekt je navržen jako soumostí dvou jednokomorových mostů s krátkými konzolami. Celková šířka nosné konstrukce je 2 x 14,875 + 0,750 = 30,5 m a odpovídá nejpoužívanějšímu příčnému řezu dálnice.

Variantní řešení bylo navrženo v souladu s návrhem tvaru první pokrokové technologie, tzn. s jednokomorovým segmentovým příčným řezem s velkými konzolami podepíranými vzpěrami. Po vybetonování monolitické mostovky nad vzpěrami vznikne pseudo-tříkomorový sdružený průřez. Rozdělení velikosti rozpětí mostních polí zůstalo zachováno.

V rámci variantního řešení bylo řešeno:

- Návrh tvaru segmentu hmotnosti do 60 t, délka běžného segmentu 2,20 m, délka pilířového segmentu 1,80 m.
- Šířka spodní desky segmentu 6,50 m (včetně ozubů pro uložení prefabrikované vzpěry), šířka horní desky 9,00 m. Výška segmentu 3,00 m.
- Kvalita betonu segmentů C 55/67 pro pilířové segmenty a C 45/55 pro běžné segmenty.
- Prefabrikovaná kazetová vzpěra délky 11,50 m a šířky dle šířky segmentu. Je konstrukčně zkoušena a staticky posuzována možnost monolitického nebo kontaktního spojení mezi jednotlivými vzpěrami.
- Ukazuje se, že na koncích mostu bude nutno, vzhledem k dynamickým účinkům, převážně od nákladních vozidel, navrhnout náležitá ztužení tak, aby nedocházelo k nadměrnému opotřebení mostních závěrů.
- Podélné předpětí je navrženo jednak vnitřními kabely pro eliminaci účinků při montáži a jednak předpětím vnějšími neboli volnými kabely vedenými uvnitř komůrky pro zajištění spojitosti celé konstrukce.
- Montáž segmentů se navrhuje vahadlovou metodou s oboustrannou konzolou spojením uzavírací spárou. Pro mosty délky do 400 m se předpokládá montáž a zmonolitnění vzpěr ihned po namontování segmentů. Pro mosty větších délek se předpokládá namontovat cca ½ segmentů a poté začít s montáží a zmonolitněním vzpěr.
- Jednotlivá vahadla je zapotřebí před spojením geometricky vyrovnat do požadovaného tvaru. Pro mosty s pilíři do výšky 15 m je navrženo umístění potřebných rektifikačních lisů na hlavy pomocných podpor obepínajících pilíř. U pilířů vyšších než 15 m je navrženo zřídit na pilíři rozšířenou hlavu.
- V současné době se ukončuje návrh spodní stavby, tzn. pilířů a opěr, aby bylo možno provést celkové materiálové a cenové posouzení.
- Následně bude proveden technický návrh a cenové posouzení všech potřebných technologických zařízení.

Výsledky

V současné době je zpracováno projektové řešení variantního řešení včetně statického výpočtu a výkazu materiálů. Byl také proveden rozbor použití nebo úprav potřebných technologických zařízení. Následovat bude ekonomické posouzení, posouzení použitelnosti, spolehlivosti a životnosti.

Literatura

[1] NOVOTNÝ, P., KONEČNÝ, L., KLIMEŠ, P., STRÁSKÝ, J. Most přes údolí Hosťovského potoka na rychlostní komunikaci R1, úsek Selenec-Beladice. *Silniční obzor*, 2012, vol. 73, no. 9, p. 253.

[2] KVASNIČKA, V., VESELÝ, J., GUOTH, J., BATAL, I., I. Segmentový most na R1 Selenec-Beladice. In *sborník 17.Betonářské dny 2010*. p. 369.

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

TERMICKÉ SPOLUPŮSOBENÍ BEZSTYKOVÉ KOLEJE S MOSTEM

Zpracoval: Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (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 činnosti je přispět ke zpřesnění současně používaných parametrů pro výpočet termického spolupůsobení bezstykové koleje s mostem pro různé způsoby uložení koleje na mostě a následně stanovit doporučení a podmínky jejich použití.

Oblast použití

Využití získaných výsledků se předpokládá v oblasti navrhování mostních konstrukcí, kde pro železniční mosty je velmi významným prvkem zatížení vodorovnými silami. Jedná se jednak o síly od termické interakce mostu a koleje, dále o brzdné a rozjezdové síly a interakci od svislého zatížení dopravou. Pro provedení podrobné analýzy tzv. kombinované odezvy je nezbytný správný a reprezentativní souhrn vstupních parametrů této analýzy. Výsledné hodnoty vodorovných sil a požadavky na tuhost spodní stavby mají velmi významný vliv na její dimenze a založení mostu. Zároveň správně provedená a přesná analýza kombinované odezvy může umožnit aplikaci bezstykové koleje i na mostech, kde při aplikaci zjednodušených pravidel možná není a je nezbytné užití kolejových dilatačních zařízení, která jsou finančně nákladná a mají omezenou životnost.

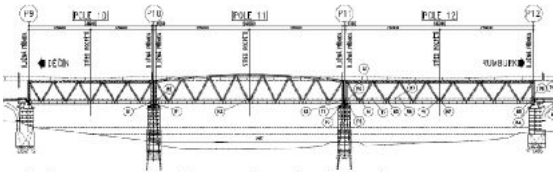
Globálním cílem je pak shrnutí veškerých poznatků v komplexních podmínkách pro použití železničního svršku na mostě.

Metodika a postup řešení

Metodika řešení je rozdělena na několik dílčích kroků.

V první fázi byla provedena analýza dostupných podkladů a výzkumů na téma kombinované odezvy, souhrn zahraničních doporučení a předpisů.

V druhé fázi se plánuje provedení řady experimentů na různých typech kolejového svršku (kolejové lože, přímé upevnění, kontinuálně podepřená kolejnice), jejichž vstupem bude primárně stanovení závislosti podélného odporu koleje na relativní deformaci koleje a mostu. K tomuto účelu bude využito již provedené měření na železničním mostě v Kolíně, kde probíhal roční monitoring bezstykové koleje a mostu. V listopadu 2013 proběhlo též měření interakce mostu a koleje při zatěžovací zkoušce v Děčíně (viz obr. 1).



Obr. 1 Schéma železničního mostu v Děčíně

Cílem měření v Děčíně bylo zjištění parametrů důležitých pro výpočetní modelování kombinované odezvy, zejména podélný odpor koleje pro nezatíženou a zatíženou kolej. Vlastní nosná konstrukce (NK) je ocelová jednokolejná příhradová s dolní ortotropní mostovkou s rozpětím 36.9 m+56.0 m+56.0 m. Sledovány byly teplota NK a kolejnice, napětí v kolejnici, posun nosné konstrukce mostu vůči bezstykové koleji v podélném a svislém směru, posuny a natočení v ložiskách. Vyhodnocení měření probíhá.

Dále se předpokládá využití výsledků zatěžovací zkoušky mostu s prvkovou mostovkou na trati Lovosice – Česká Lípa.

V další fázi řešení se bude stanovovat chování systémů přímého upevnění a kontinuálně podepřené kolejnice za různých klimatických podmínek, zejména se očekává zvýšení podélného odporu při teplotách pod bodem mrazu.

Výsledky

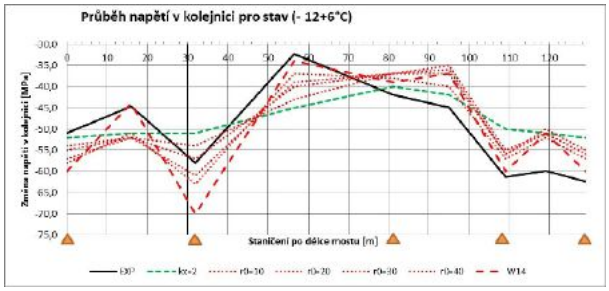
V rámci první etapy byl shromážděn ucelený souhrn literatury a podkladů, které se uvedenou problematikou zabývají.

V další etapě proběhlo vyhodnocení měření mostu v Kolíně. Pro měření stavu napětí v kolejnicových pásech zde byly použity odporové tenzometry a tenzometrické mřížky, umístěné do těžiště kolejnice tak, aby byly eliminovány silové účinky od svislého

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

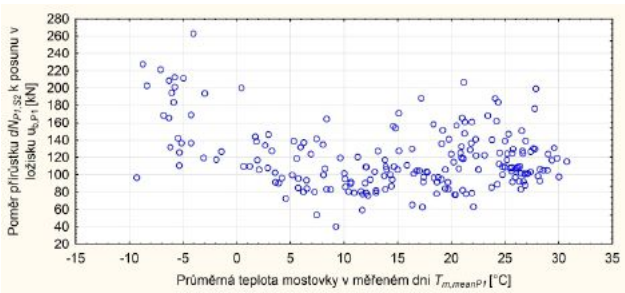
a příčného ohybu. Teploty ve vybraných bodech byly měřeny pomocí odporových teplotních čidel Ni1000, a to na spodním líci mostovky s kolejovým ložem a s přímým upevněním. Čidlo pro měření teploty kolejnice bylo nalepeno pod patu kolejnice. Posuny ložisek byly měřeny odporovými potenciometrickými snímači dráhy Megatron RC13 s rozsahem 100 mm. Pro sběr dat v intervalu 15 min byly použity celkem 4 datalogery. Monitorování u pravého mostu začalo dne 2.7.2010, na levém mostě pak 25.10.2010. Ukončeno bylo 30.10.2011. Zahrnulo tedy více než jeden rok a byly zachyceny jak letní extrémní teploty, tak zimní minima.

Vyhodnocení měření zahrnovalo stanovení vlivu řady efektů na chování mostu. Byly vyhodnoceny reálné součinitele ekvivalentní tepelné roztažnosti. Přestože některé výsledky se s dřívějšími údaji shodují, jiné (např. roztažnost na konstrukci s kolejovým ložem) jsou značně vyšší. Jedním z důvodů je použitá konstrukce s tuhostně dominantními hlavními nosníky, vystavenými oslunění. Dále bylo vyhodnoceno napětí v kolejnici za různých teplotních stavů při nízkých i vysokých teplotách. Tyto výsledky byly porovnány s výsledky numerické analýzy. Na jejím základě se hledaly nejpřiléhavější modely chování koleje (viz obr. 2).



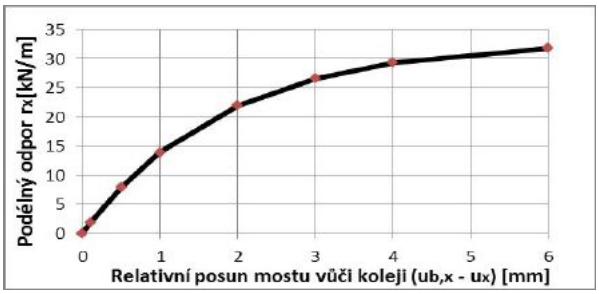
Obr. 2. Porovnání průběhu napětí v kolejnici s výsledky různých křivek podélného odporu

Pro zjištění vlivu teploty na podélný odpor koleje bylo z měření vybráno cca 200 dnů, ve kterých došlo k významnější změně teploty mostu a kolejnice. Pro sledování vlivu teploty pak byl zaveden jako sledovaná veličina poměr přírůstku normálové síly v koleji a$N_{P1,S2}$ k posunu v ložisku $u_{b,P1}$, v závislosti na průměrné denní teplotě ve sledovaném dni (viz obr. 3). Ve sledovaném období nebyl zaznamenán žádný významný vliv.

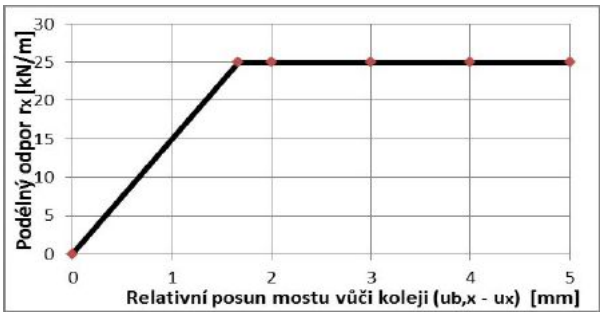


Obr. 3 Vliv teploty na podélný odpor koleje

Na základě analýzy naměřených napětí a relativních posunů, stanovených na verifikovaném modelu, byla stanovena hledaná křivka závislosti pro kolejové lože (viz obr. 4) a pro přímé upevnění (viz obr. 5)



Obr. 4 Závislost podélného odporu koleje v kolejovém loži na relativním posunu koleje k mostu (60E1, W14, Skl 14, B91 S/1, rozdělení „u“)



Obr. 5 Závislost podélného odporu přímého upevnění na relativním posunu koleje k mostu (60E1, DFF 300, Skl B 15, rozdělení „u“)

Uvedené výsledky jsou přímo využitelné v praxi při návrhu nových nosných konstrukcí a mj. byly využity při návrhu železničního mostu přes dálnici D3 v Hodějovicích v r. 2013.

Literatura

[1] FRÝBA:, L. *Dynamika železničních mostů*. 1st ed.Praha:Academia,1992. ISBN 80-200-0262-6.

[2] Esveld, C.: Modern Railway Track, 2nd ed. Zaltbommel: MRT-Productions, 2001. ISBN 90-800324-3-3

[3] PLÁŠEK, O. Bezstyková kolej na mostech. In *17. Konference železniční dopravní cesta: 27. – 29. března 2012*. 2012,

[4] 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.

[5] ZAND, J., MORAAL, J.: Ballast resistance under three dimensional loading. Delft University of Technology.

[6] RYJÁČEK, P., VOKÁČ, M. Dlouhodobý monitoring bezstykové koleje na železničním mostě v Kolíně. *Stavebnictví*, 2013, vol. 2013, no. 8, p. 40–45.

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

POSTUPY VÝSTAVBY HLOUBENÝCH TUNELŮ

Zpracoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V roce 2013 byly zahájeny činnosti spojené s řešením úlohy 4.1.1 Postupy výstavby hloubených tunelů (součást činnosti 4.1 Příprava TP minimalizace rizik při výstavbě tunelů). Proběhly práce spojené se shromažďováním potřebných podkladů, rešeršní činnost v dané tematice a základní analýza informací o významných haváriích při výstavbě hloubených tunelů v ČR a ve světě. Následoval podrobný rozbor havárií při výstavbě významných dopravních tunelů (například při zmáhání propadu železničního tunelu Březno, sesuvy v oblasti portálu silničního tunelu Hřebeč) a některých menších staveb. Vzhledem k cílům řešené úlohy nebyl zkoumán pouze postup výstavby hloubených tunelů, ale bylo provedeno vyhodnocení i dalších fází projektu (inženýrsko geologický průzkum, chyby v projektové přípravě apod.) s cílem objektivního zhodnocení hlavních příčin havárií. Připravené materiály budou sloužit pro vyhodnocení používaných postupů při výstavbě hloubených podzemních staveb v dalším roce řešení úlohy a následně budou informace využity jako podklad pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů. Část získaných poznatků (Katalog rizik tunelů) je určena jako podklad k řešení úloh WP7. Do vyhodnocování zkušeností s haváriemi během výstavby tunelů byly zapojeny všechny organizace pracující ve WP4.

Oblast použití

Využití poznatků získaných během prvního roku řešení projektu se předpokládá hlavně při následném dokončení vyhodnocení používaných postupů při výstavbě hloubených podzemních staveb (s důrazem na dopravní tunely) a následně jako základní podklad pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů.

Další oblast použití výsledků řešení tohoto úkolu (jedná se o Katalog nebezpečí tunelů) je předpokládána v pracovní skupině 7 tohoto projektu (WP7 Systémy hospodaření), kde je hlavní důraz kladen na enviromentální rizika.

Použití Soupisu rizik spojených s výstavbou hloubených tunelů je možné v projekčních firmách a kancelářích zaměření na návrh podzemních děl a dále slouží tento materiál jako podklad pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů.

Metodika a postup řešení

Metodika a postup řešení části 4.1.1 Postupy výstavby hloubených tunelů byly určeny na základě skutečnosti, že se jednalo o první rok řešení projektu a většina výsledků slouží jako podklad pro dokončení analýzy hloubených tunelů v příštím roce s cílem začlenění získaných poznatků do přípravy TP Minimalizace rizik při výstavbě tunelů. Pro zajištění objektivnosti získaných výsledků a možnosti zapracování do budoucích TP, které zohledňují i ražené tunely, byla použita stejná metodika posuzování jako u ražených děl (činnosti 4.1.2 Postupy výstavby ražených tunelů) obsahující osm hlavních fází přípravy a výstavby tunelů, během kterých je možné rizika různými prostředky redukovat. Fáze jsou následující: 1. Koncepční návrh trasy, 2. Geotechnický průzkum, 3. Projektová dokumentace, 4. Zadávací dokumentace, 5. Realizace tunelu, 6. Technický dozor investora, 7. Geomonitoring a geotechnická služba , 8. Sledování tunelu po uvedení do provozu. Tato rizika byla doplněna ještě o vyhodnocení dopadů na další realizace stavby (časové a finanční) a to z důvodu, že portálové úseky ražených tunelů jsou často hloubené a jejich havárie tak ovlivní i vlastní ražbu tunelu.

Postup řešení v roce 2013 se dá shrnout do následujících bodů:

a) shromáždění informací o haváriích hloubených tunelů ve světě a v ČR s využitím rešeršní činnosti – odborné časopisy, konferenční příspěvky, Elektronické informační zdroje

b) podrobná analýza vybraných děl v ČR, např. při zmáhání propadu železničního tunelu Březno, sesuvy v oblasti portálu silničního tunelu Hřebeč, zabezpečení a některých menších staveb

c) zhodnocení rizik metod výstavby hloubených tunelů hlavně z hlediska geotechnických podmínek a geotechnického průzkumu (etapy a jejich rozsah),

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

jejich zakomponování do Katalogu nebezpečí (rizik) pro Tunely, který je podkladem pro práci WP7 a zahrnuje obecný seznam rizik (tj. nejen rizika projekční a prováděcí).

d) vytvořeni Soupisu rizik spojených s výstavbou hloubených tunelů na základě shrnutí získaných poznatků a formulace doporučení/poučení pro budoucnost s důrazem na projekční činnost

Rizika spojená s výstavbou hloubených tunelů

Číslo	PŘÍČINA RIZIKA	PRO DANOU LOKALITU NENÍ AKTUÁLNÍ	OMEZENÁ PRAVDĚPODOBNOST VÝSKYTU	VYSOKÁ PRAVDĚPODOBNOST	NÁVAZNOST NA JINÝ JEV V LOKALITĚ
1	Nedostatečně podrobný IG průzkum				
2	Chybná interpretace parametrů zemin IG průzkumem – zeminy rozbřídavé.				

Obr. 1 Ukázka ze soupisu rizik

Provedené práce směřovaly hlavně k objektivnímu vyhodnocení hlavních příčin havárií, kdy bylo podzemní dílo zkoumáno i v období před jeho vlastní realizací (fáze projektu). Do vyhodnocování zkušeností s haváriemi během výstavby tunelů byly zapojeny všechny organizace pracující ve WP4 (Tunely).

Výsledky

Na základě provedené rešerše zpráv o haváriích tunelů ve světě a podrobné analýzy (dle odvozené jednotné metodiky) vybraných hloubených tunelů či portálových úseků ražených tunelů byl doplněn Katalog nebezpečí tunelů o rizika spojená s hloubenými podzemními stavbami. Tento katalog slouží k další činnosti pracovní skupiny WP7 tohoto projektu.

Byl vytvořen Soupis rizik spojených s výstavbou hloubených tunelů, kde ke každému riziku je komentář určený projektantům a obsahující vedle stručného popisu rizika i možný způsob jeho ocenění popřípadě návaznost na další možné související vlivy spojené nejen s vlastní výstavbou díla, ale i dalšími fázemi projektu.

Literatura

[1] ROZSYPAL, A. *Inženýrské stavby - řízení rizik*. 1st ed. Jaga group, 2008. ISBN 978-80-8076-066-3

[2] ROZSYPAL, A. *Kontrolní sledování a rizika v geotechnice*. 1st ed. Jaga group, 2001. ISBN 80-88905-44-3.

[3] KLEPSATEL, F., MAŘÍK, L., FRANKOVSKÝ, M. *Městské podzemní stavby*. 1st ed. Jaga group, 2005. ISBN 80-8076-021-7.

[4] BARTÁK, J., PRUŠKA, J. *Podzemní stavby*. 1st ed. 2011. ISBN 978-80-01-04789-7.

[5] ZÁVORA, K., HASÍK, O. *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací, Kapitola 24, Tunely*. 1st ed. Praha: Ministerstvo dopravy Odbor infrastruktury, 2006.

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

POSTUPY VÝSTAVBY RAŽENÝCH TUNELŮ – SOUHRN

Zpracoval: doc. Dr. Ing. Jan Pruška (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V prvním roce řešení projektu proběhly základní práce nutné k přípravě řešení činnosti 4.1.2 Postupy výstavby ražených tunelů (součást WT 4.1 Příprava TP minimalizace rizik při výstavbě tunelů), tj. rešeršní činnost v oblasti rizik při návrhu a výstavbě ražených liniových podzemních staveb a základní analýza informací o významných haváriích při výstavbě ražených dopravních tunelů v ČR (tunelový komplex Blanka, železniční tunely Březno a Jablůnkov, silniční tunel Mrázovka), havárie při výstavbě kolektoru ve Vodičkově ulici v Praze a problémy s výstavbou kolektorů v Brně a vybraných tunelů ve světě (např. tunel A na dálnici M6 v Maďarsku, železniční tunel Wienerwald v Rakousku, metro v Lausanne ve Švýcarsku, tunel Polana na Slovensku, tunel Laliki v Polsku, atd.). S ohledem na cíl řešené úlohy, charakteru analyzovaných děl a snaze o provedení objektivního hodnocení byla zkoumána nejen ražba tunelů, ale také příprava výstavby a projektová dokumentace. Připravené materiály budou využity pro vyhodnocení používaných postupů při výstavbě ražených tunelů, jako výchozí informace pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů a jako podklad k řešení úloh WP7.

Oblast použití

Připravené materiály budou sloužit pro vyhodnocení používaných postupů při výstavbě ražených podzemních staveb (dokončení 2014) a následně budou informace využity jako podklad pro přípravu Technických podmínek vedoucích k minimalizaci rizik při výstavbě tunelů. Katalog nebezpečí (rizik) pro Tunely je podkladem pro práci WP7, neboť v sobě zahrnuje obecný seznam rizik (tj. nejen rizika projekční a prováděcí). Nově vzniklé doplnění doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle Eurokódu využijí projekční firmy pracující v oboru podzemních staveb v České republice a Česká tunelářská asociace ITA - AITES, která sdružuje organizace, vysokoškolská a vědecká pracoviště, firmy i jednotlivce zainteresované v podzemním stavitelství a ve vědních oborech s ním souvisejících.

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byla zahájena činnost na části 4.1.2 Postupy výstavby ražených tunelů. Metody zpracování odpovídají charakteru řešeného problému a vycházejí jednak ze shromažďování informací o haváriích a nebezpečných událostí při výstavbě tunelů v České republice a tunelů ve světě a dále z podrobné analýzy vybraných dopravních tunelů. Vzhledem k tomu, že řešení tohoto tématu je podkladem pro přípravu TP Minimalizace rizik při výstavbě tunelů, byla zvolena jednotná metodika posuzování ražených staveb z osmi hlavních fází přípravy a výstavby tunelů, během kterých je možné rizika různými prostředky redukovat. Fáze jsou následující: 1. Koncepční návrh trasy, 2. Geotechnický průzkum, 3. Projektová dokumentace, 4. Zadávací dokumentace, 5. Realizace tunelu, 6. Technický dozor investora, 7. Geomonitoring a geotechnická služba , 8. Sledování tunelu po uvedení do provozu. Zvolený způsob jednotné metodiky zajišťuje komplexní vyhodnocení a možnosti porovnání ražených podzemních děl v různých lokalitách.

Postup řešení v roce 2013 se dá shrnout do následujících bodů:

a) shromáždění informací o haváriích ražených tunelů ve světě s využitím rešeršní činnosti – odborné časopisy, konferenční příspěvky apod. (přes 65 tunelů)

b) podrobná analýza vybraných děl v ČR:

- propady nadloží při výstavbě tunelového komplexu Blanka raženého NRTM
- propady nadloží železničního tunelu Březno raženého metodou obvodového vrubu a sekvenční metodou
- železniční tunel Jablůnkov – zvýšené deformace slovenského portálu; dva nadvýlomy s vykomínováním; kolaps ostění při dobírce tunelu
- významné deformace během výstavby silničního tunelu Mrázovka
- Královopolský tunel – dva kolapsy portálového svahu; poškození ostění štol vlivem tryskové injektáže a vlivem mikropilotového deštníku

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

- Metro V. A - nadměrné poklesy v oddíle SOD 02; propad na ulici Evropská; nadvýlomy v oddíle SOD 08
- Brněnský kolektor (Masarykova – Panská) – havárie během ražby způsobená ztekucením spraší/sprašových hlín v důsledku dlouhodobých masívních úniků z vodovodního potrubí
- Brněnský kolektor (nám. Svobody – Rašínova) – havárie během ražby způsobená nepříliš vhodným stavebním postupem v kombinaci se zatížením tramvajovou dopravou při nízkém nadloží.
- Běleč – štola VOV – havárie provozované vodovodní štoly způsobená kombinací přírodních vlivů (hornina, p. v.) a ne zcela kvalitního provedení stavby.

c) podrobné vyhodnocení havárií některých zahraničních tunelů, např.:

- Polana (Slovensko) – ztráta stability přístropí s tvorbou nadvýlomů a vykomínováním; extrémní přítoky na čelbu
- Turecký vrch (Slovensko) – ražba ve vápencích s krasovými jevy
- Laliki (Polsko) – zvýšené deformace severního portálu
- dálniční tunel na dálnici M6 v Maďarsku – kolaps pilíře mezi dvěmi tunelovými troubami a následný rozsáhlý propad nadloží
- významné nadvýlomy během NRTM a TBM ražeb železničního tunelu Wienerwald v Rakousku
- propad nadloží při ražbě metra v Lausanne ve Švýcarsku

d) Vyhodnocení výstavby podzemního díla porovnáváním výsledků geomonitoringu a predikce numerických modelů na bázi MKP u vybraných podzemních děl. Toto porovnání je zcela přijatelné vzhledem k tomu, že jejím cílem je zohlednění specifiky statiky podzemních děl, která není zahrnuta v Eurokódu 7, Eurokódu 2 a ani v dalších souvisejících předpisech. Základní cíl statického výpočtu přímo ovlivňuje postup výstavby podzemního díla tím, že predikuje vlivy ražby a stanovuje údaje, podle kterých se navrhují opatření na ochranu nadzemních objektů, inženýrských sítí apod.

Cílem všech provedených prací bylo především objektivní vyhodnocení hlavních příčin havárií, nebyl zkoumán pouze proces výstavby, ale i ostatní důležité fáze projektu (např. geotechnický průzkum, projektová příprava, atd.). Do vyhodnocování zkušeností s haváriemi během výstavby tunelů byly zapojeny všechny organizace pracující ve WP4 (Tunely).

Výsledky

Na základě provedené rešerše zpráv o haváriích unelů ve světě (přes 65 tunelů) a v ČR byl doplněn Katalog nebezpečí tunelů o rizika spojená s raženými tunely. Tento katalog slouží k další činnosti pracovní skupiny WP7 tohoto projektu. Výsledky podrobné analýzy vybraných ražených tunelů byly zpracovány do analýzy snížení rizik havárií konvenčně ražených tunelů v ČR formulujících doporučení a poznatky pro budoucnost s důrazem jak na geotechnický monitoring a geotechnickou službu tak i na projekční činnost a samotnou výstavbu.

Doplnění doporučení pro zpracování statických výpočtů ražených tunelů dle Eurokódu vyplňuje prostor, který Eurokód nepokrývá a je tak podkladem pro zajištění korektního postupu při zpracování statického výpočtu tunelové konstrukce. Toto doporučení by mělo eliminovat rizika při výstavbě spojená s chybou ve statickém návrhu konstrukce zavedením jednotného a uceleného postupu zohledňujícího specifika statiky ražených tunelových staveb.

Na základě nových poznatků z výzkumné aktivity byl vytvořen Soupis rizik spojených s výstavbou ražených tunelů, kde je ke každému riziku připojen komentář. Tento komentář je cílen směrem k projekční činnosti a obsahuje stručný popis rizika a možný způsob jeho zhodnocení, u vybraných rizik je uvedena i návaznost na další možné související vlivy spojené se zohledňovaným rizikem.

Literatura

[1] BARTÁK, J., ŠOUREK, P., KARLÍČEK, J. (ed.). *Podzemní stavitelství v České Republice*. 1st ed. Praha: Satra, 2007. ISBN 978-80-239-8568-9

[2] KLEPSATEL, F., KUSÝ, P., MAŘÍK, L. *Výstavba tunelů ve skalních horninách*. 1st ed. Jaga, 2003. ISBN 80-88905-43-5

[3] CAMPOS E MATOS, A., RIBERIO E SOUSA, L., KLEBERGER, J. *Geotechnical risk in rock tunnels*. 1st ed. Jaga, 2004. ISBN 0-415-400005-8.

[4] TATIA RATAN, R. *Surface and underground excavations*, 1st ed. A A Balkema, 2005. ISBN 90-5809-627-0

[5] SPIEGL, M., SANDER, P., PELLAR, A., MAIDL, U., et al. The conslusion of risk analyses as a basis for deciding between variants through the example of Contract H8.. *Geomechanics and Tunnelling*, 2011, vol. 4, August, p. 295–304.

POSTUPY VÝSTAVBY RAŽENÝCH TUNELŮ – PŘÍKLADY HAVÁRIÍ

Zpracovali: doc. Ing. Vladislav Horák, CSc., doc. Ing. Lumír Miča, Ph.D., Ing. Václav Veselý, Ph.D., Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D., Ing. Ondřej Hort (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

Výzkumný úkol je zaměřený na vyhodnocení a optimalizace postupů výstavby ražených tunelů se zaměřením převážně na NRTM. Zkoumá vliv podrobnosti a etapovitosti geotechnického průzkumu, monitoring při ražbách a jeho provádění, vyhodnocováni a dopad na optimalizaci výstavby, využití různých podpůrných prvků (radiální kotvení, jehlování, mikropilotové deštníky, čelbové kotvy, rozšiřování pat kaloty, atd.), stavba primárního ostění, její rychlost a druh (klasická výztuž, vláknová výztuž), zhodnocení vlivu způsobu přípravy a organizace výstavby na rychlost, finanční náročnost a bezpečnost výstavby, rizika výstavby a možnosti jejich zmírnění.

V roce 2013 se výzkumná činnost zaměřila na:

- chyby v návrhu/provádění/interpretaci geotechnických průzkumů (GTP) jako zdroj budoucích rizik/problémů/havárií u různých postupů/metod výstavby v různých geotechnických (GT) podmínkách,
- chyby v návrhu/provádění/vyhodnocení geotechnického monitoringu (GTM) jako zdroj budoucích rizik/problémů/havárií u různých postupů/metod výstavby,
- analýza problémů/havárií na vybraných stavbách.
- modelování vlivu parametru beta a porovnání se zkušenostmi z některých tunelových staveb

Oblast použití

Výsledky získané formou rešerše kritických událostí na tunelových stavbách z uvedených hledisek mají za cíl definovat kritické momenty, které určují úspěšné zvládnutí rizik při výstavbě ražených tunelů. Detailní rozbor skutečných kritických momentů, které se při výstavbě tunelů odehrály, bude sloužit k definici minimálních požadavků na jednotlivé fáze projektu (GTP, projektování, nastavení smluvních vztahů, vlastní provádění stavby, GTM a řízení rizik), ke stanovení optimálního schématu řízení projektu, k optimalizaci a definici stavebních postupů a technologií a k definici optimálních smluvních vztahů, které povedou k úspěšnému řízení rizik projektu od úvodních studií proveditelnosti po dokončení stavebního díla. Výsledkem bude vydání TP Minimalizace rizik při výstavbě tunelů

Metodika a postup řešení

V roce 2013 byla provedena rešerše a zpětná analýza kritických situací, které se odehrály během výstavby ražených tunelů v ČR, SR a Polsku. V současné fázi výzkumu proběhl sběr dostupných informací a dat o geotechnických průzkumech, rozsahu GTM a základních dat z výstavby tunelů. Bylo provedeno úvodní hodnocení vlivu jednotlivých činností na vznik kritických událostí. Do výzkumu byly doposud zahrnuty tyto stavby:

Typ stavby	Název tunelu	Stát
Silniční tunel	Královopolský, Laliki,	ČR Polsko
Železniční tunel	Březno, Jablunkovský, Krasíkovský, Turecký vrch,	ČR ČR ČR SR
Metro	Provozní úsek V. A, Línea 3 a Línea 6	ČR Chile
Kolektor	Brno (2 x)	ČR
Kanalizační sb.	Brno	ČR
Průzkumná štola	Polana	SR

Dále jsou ve stručnosti popsány jednotlivé stavby, na kterých byly provedený úvodní analýzy:

Královopolský tunel, ŘSD, silnice I/42 Brno, VMO Brno Dobrovského B: Při prohlubování stavební jámy u královopolského portálu došlo ke dvojici sesuvů severního svahu. Dalšími nehodami bylo prolomení ostění průzkumných štol vlivem provádění tryskové injektáže a mikropilotového deštníku. Příčiny událostí byly různé, ale všem případům se mohlo předejít masivnějším nasazením monitoringu v rizikové fázi stavební operace.

Tunel Laliki, droga expresowa S69 Szare – Laliki: Po úvodních metrech ražby byly zjištěny odlišné geotechnické poměry od závěrů detailního GTP a předpokladů projektu. Byly měřeny zvýšené deformace ostění. Byl proveden doplňující GTP a naprojektovány nové vystrojovací třídy NRTM. Při odtěžování severního portálu byly měřeny zvýšené

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

deformace. Po zaražení tunelu do hory došlo k porušení dočasných stříkaných betonů portálových stěn. Pata portálu byla zpětně zabezpečena opěrným zeminovým klínem a bylo doprojektováno a provedeno dodatečné kotvení portálových svahů.

Tunel Březno, SŽDC, traťový úsek Březno u Chomutova – Droužkovice, část tunelu ražená Metodou Perforex (metoda obvodového vrubu s předklenbou): Při provádění zajištění portálu byly zjištěny jiné GT podmínky, než indikoval geotechnický průzkum (uhelná sloj v profilu výrubu). Bylo nutno upravit projekt zajištění portálu a úvodního úseku ražeb. V průběhu ražeb došlo ke kolapsu asi 80 metrů primárního ostění.

Tunel Jablunkov, SŽDC, trať. úsek Mosty u Jablunkova – státní hranice SR: Při odtěžování slovenského portálu docházelo ke zvýšeným deformacím a k porušení dočasných stříkaných betonů. Byl upraven projekt zajištění portálu. V průběhu ražeb kaloty došlo ke dvěma nadvýlomům s vykomínováním. Během dobírky opěří tunelu došlo ke kolapsu primárního ostění kaloty v délce cca 80 metrů.

Tunel Krasíkovský, SŽDC, traťový úsek Česká Třebová – Zábřeh na Moravě: Během výstavby tunelu byly průběžně konfrontovány výsledky geotechnického monitoringu s předpoklady projektu. Rozdíly byly podrobeny zpětné analýze, byly upraveny geotechnické vstupní parametry do matematických modelů, provedena analýza vlivu koeficientu odlehčení beta a následně optimalizován technologický postup a třídy vystrojení NRTM.

Tunel Turecký vrch, ŽSR, trať. úsek Nové Mesto nad Váhom – Trenčianské Bohuslavice: Ražba tunelu probíhala ve vápencích náchylných na tvorbu krasových jevů – dutin a kaveren. Při ražbě bylo několik kaveren nafáráno na čelbě. Existovalo riziko, že se kaverny vyskytují i pod počvou tunelu s pevnou jízdní dráhou. Detailním geofyzikálním doprůzkumem byly kaverny přesně lokalizovány a následně injektovány.

Metro V. A, Dopravní podnik hl. m. Prahy, akciová společnost, provozní úsek V. A (Dejvická - Motol): na několika stavebních oddílech byly zjištěny jiné GT podmínky, než indikoval GTP, musel být proveden doplňující GTP a projekt ražeb musel být upraven. Během ražeb NRTM ve stavebních oddílech 09 a 08 došlo k několika nadvýlomům, postup ražeb musel být upraven. Při strojní ražbě EPB TBM ve stavebním oddíle 02 došlo k ražbou nezaviněnému propadu vozovky ulice Evropská. Existovalo riziko, že v důsledku oslabeného podloží Evropské ulice se propad může opakovat. Proto byl proveden podrobný geofyzikální a vrtný průzkum podloží Evropské ulice, sanace jejího podloží a projekt ražeb byl upraven, aby se toto riziko minimalizovalo.

Kolektory a kanalizační sběrač, Brno: rešeršemi podkladů k haváriím evidovaným na OBÚ Brno jsou analyzovány hlavní příčiny těchto nehod.

Metro Línea 3 a Línea 6, Santiago de Chile, Chile: Ve fázi projektování byla provedena parametrická analýza doporučených konstitučních modelů, uvedených v závěrech GTP. Výsledkem byla optimalizace výpočetních postupů, která vedla k finančním úsporám již ve fázi projektování.

Průzkumná štola Polana, NDS, dialnica D3 Svrčinovec – Skalité: Při ražbě průzkumné štoly došlo ke ztrátě stability přístropí, tvorbě nadvýlomu a vykomínování. Dále docházelo k extrémním přítokům podzemní vody do profilu průzkumné štoly.

Výsledky

Výzkum se v uplynulém roce zaměřil zejména na kompletaci dostupných dat a detailní popis jednotlivých událostí. Dále byly provedeny předběžné analýzy zaměřené zejména na úvodní fáze projektů, tedy rozsah a kvalitu geotechnických průzkumů a jejich vliv na následné kritické události. Z hlediska řízení a zvládání rizik při výstavbě tunelů lze konstatovat, že geotechnický průzkum je podceňován jak z hlediska samotného rozsah a použité metodiky, tak z hlediska jeho etapovitosti od předběžných rešerší po podrobný či doplňující průzkum. Hlavní příčinou je jednak snaha minimalizovat finanční náklady na stavbu, tedy i na projektovou přípravu, jejíž součástí geotechnický průzkum je, tak i tlak na urychlení přípravné fáze projektu, kdy jsou některé logicky a chronologicky uspořádané etapy geotechnického průzkumu opomíjeny z důvodu nedostatečné časové rezervy.

Literatura

[1] TKP, časť 28. *Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štolne*. Bratislava: NDS a.s., 2010. 79 p.

[2] TKP ČD, kapitola 20,24 - Tunely. *Třetí aktualizované vydání ve znění změny č. 2*. Praha: ČD, s.o, DDC o.z., 2002. 54 p.

[3] TKP ČD, kapitola 24 - Zvláštní zakládání. *Třetí aktualizované vydání ve znění změny č. 4*. Praha: ČD, s.o., 2003. 28 p.

[4] TP, 76 Část C*: Geotechnický průzkum pro navrhování a provádění tunelů pozemních komunikací*. Praha: MD, 2007. 64 p.

[5] TP, 237: *Geotechnický monitoring tunelů pozemních komunikací*. Praha: MD, 2011. 88 p.

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

APLIKACE VLÁKNOBETONU V TUNELOVÝCH OSTĚNÍCH

Zpracovala: Ing. Iva Broukalová, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Vláknobeton je potenciálně efektivním materiálem pro výstavbu tunelových ostění. Navrhování vláknobetonu pro konkrétní použití má určitá specifika; je nutné správně navrhnout složení směsi i technologii výroby. V první fázi řešení projektu byla pozornost zaměřena na souvislosti mezi návrhem směsi, technologií výroby a výslednými vlastnostmi vláknobetonu.

Oblast použití

V rámci balíčku WP4 je zkoumáno použití nových materiálů pro tunelová ostění. Vláknobetony mohou být použity pro různé technologie – jako stříkaný beton, pro monolitické ostění betonované in-situ do bednění i pro prefabrikované dílce. Vláknobeton se může efektivně uplatnit pro stavbu hloubených i ražených tunelů.

Metodika a postup řešení

V prvním roce řešení byla pozornost zaměřena na vláknobeton s ocelovými vlákny (drátky) tzv. drátkobeton. Rozptýlená výztuž ve formě ocelových drátků natolik zpevňuje strukturu betonové matrice, že lze drátkobeton použít pro konstrukční aplikace bez další (prutové) výztuže. Pro použití drátkobetonu jako materiálu se statickou funkcí je nezbytné dobře poznat vlastnosti výsledného materiálu.

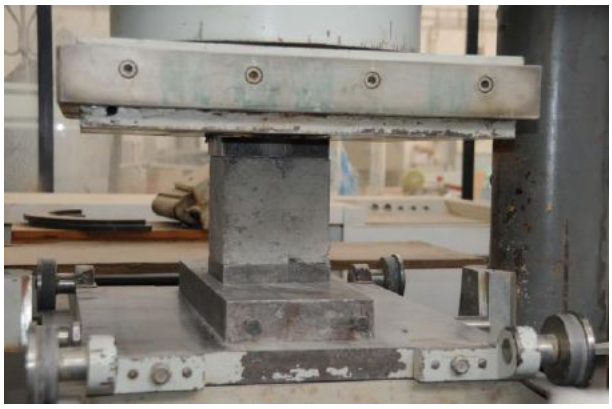
Drátkobeton je kompozitní materiál s určitými specifiky a to jak s ohledem na jeho výrobu tak i na zkoušení. Vlastnosti materiálu závisejí na mnoha faktorech – složení směsi, typu drátků, technologii výroby drátkobetonu. Protože vláknobeton se řadí do skupiny kompozitních materiálů s cementovou matricí, kam patří i běžný beton, využívají se pro zjišťování jeho charakteristik většinou zkoušky standardizované pro obyčejný beton.

Předpokládá se, že drátkobeton bude použit v aplikacích, kde musí splňovat požadavky spolehlivosti pro konstrukční materiál. Proto budou zkoumány vztahy mezi složením směsi, dávkováním drátků do směsi, způsobem dávkování, dobou míchání a výslednými vlastnostmi drátkobetonu.

Pro tento cíl byly v letošním roce připraveny sady zkušebních vzorků. Celkem bylo vyrobeno pět sad, z nichž každá sestávala z tří krychlí 150/150/150 mm, tří válců o průměru 150 mm a výšce 300 mm a tří trámců 150/150/700 mm. Současně s těmito klasickými zkušebními tělesy byla vyrobena velká tělesa o rozměrech 400/600/800 mm.

Zkušební tělesa byla vyrobena společností Metrostav. Tělesa byla vyráběna v týdenních intervalech v průběhu srpna.

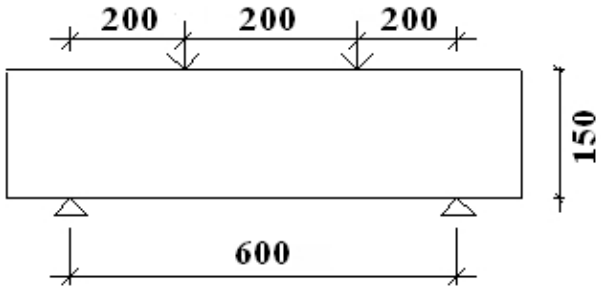
Ve stáří 28 dní byla tělesa zkoušena v laboratořích Stavební fakulty ČVUT v Praze. Na krychlích byly zjišťovány pevnosti v tlaku (obr. 1).



Obr. 1 Tlaková zkouška prováděná na krychli 150/150/150 m

Na válcích byl stanovován modul pružnosti a hodnoty válcové pevnosti v tlaku.

Trámce byly zatěžovány ve zkoušce čtyřbodovým ohybem (uspořádání zkoušky obr. 2).



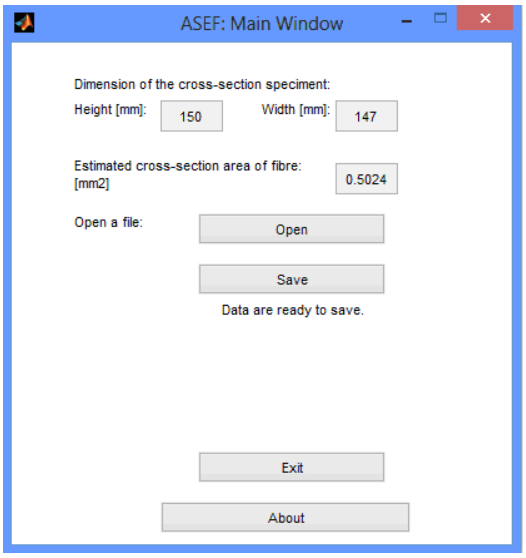
Obr. 2 Uspořádání zkoušky ve čtyřbodovém ohybu trámce o rozměrech 150/150/700 mm

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

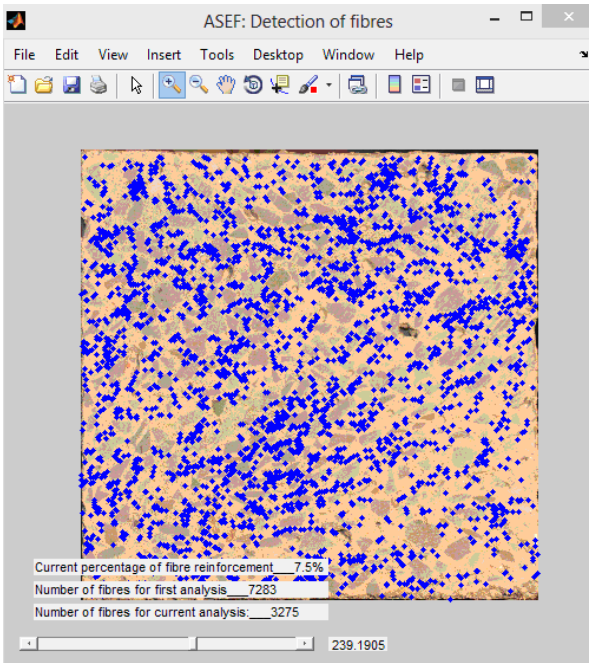
Zkouška ve čtyřbodovém ohybu prokazuje tahovou pevnost a současně duktilitu. Lze z ní určit i lomové vlastnosti; je proto pro zjišťování charakteristik drátkobetonu velmi vhodná.

Tělesa o rozměrech 400/600/800 mm budou sloužit k posouzení homogenity drátkobetonu. Tělesa budou rozřezána a pomocí fotogrametrické metody bude stanovena rovnoměrnost rozptýlení drátků v průřezu.

K tomu byl v letošním roce v prostředí Matlabu připraven program pro vyhodnocení homogenity drátkobetonu.

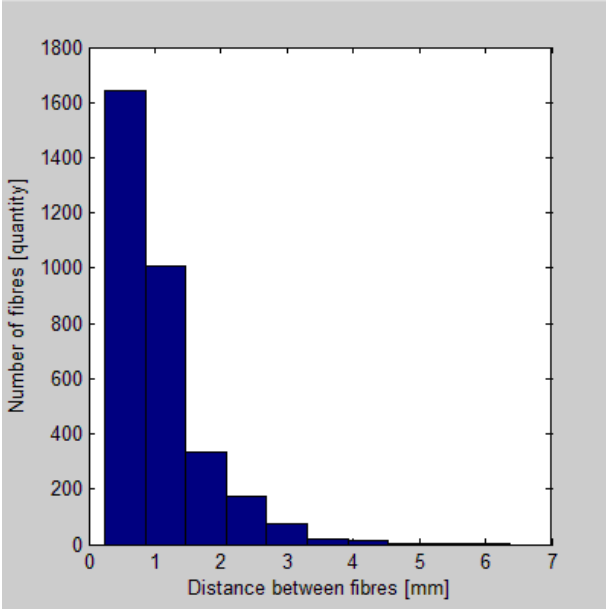


Obr. 3 Dialogové okno programu pro vyhodnocení homogenity drátkobetonu



Obr. 4 V programu zpracovaná fotografie řezu zkušebním vzorkem

Program vyhodnocuje počet a rozložení drátků na řezu tělesem. Po rozřezání tělesa je řezná plocha vyfotografována. Fotografie je dále zpracována, aby byla lépe identifikovatelná poloha drátků v řezu. Pro jednotlivé drátky jsou stanoveny souřadnice a porovnáváním souřadnic jsou zjištěny vzdálenosti drátků. Homogenita je ověřována na základě rovnoměrnosti vzdálenosti drátků. Výstupem programu jsou přehledné histogramy a grafy



Obr. 5 Histogram s vyhodnocením vzdálenosti drátků v řezu

Výsledky

V tomto roce byly naplánovány materiálové zkoušky. Pro pět záměsí byly provedeny úvodní testy ztvrdlého drátkobetonu: zkoušky pevnosti v tlaku, zkoušky pevnosti v tahu za ohybu a byly určeny moduly pružnosti. Ze stejných záměsí byly připraveny další doprovodné zkoušky pro další období – jsou připravena zkušební tělesa pro stanovení homogenity drátkobetonu. Také je připraven program pro vyhodnocení homogenity na základě fotogrammetrické metody.

Literatura

[1] Technické podmínky 1. *Vláknobeton (FC) – Část 1 Zkoušení vláknobetonu – Vyhodnocení destruktivních zkoušek a stanovení charakteristického pracovního diagramu vláknobetonu pro navrhování vláknobetonových konstrukcí*. 2009. 35 p.

[2] KRÁTKÝ, J., TRTÍK, K., VODIČKA, J. *Drátkobetonové konstrukce*. IC ČKAIT, s.r.o, 1999. 107 p. ISBN 80-86364-00-3.

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

SLOŽENÍ BETONŮ PRO VODONEPROPUSTNÉ MONOLITICKÉ OSTĚNÍ

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

Vodonepropustné betonové konstrukce jsou ty konstrukce, kde beton kromě statické funkce plní i funkci zábrany pronikání vody do objektu. Pronikání vody se rozumí buď průsak, který se u některých konstrukcí může v omezeném rozsahu připustit nebo pronikání vody, které by nastat nemělo. Pronikání vody do objektu může nastat různým způsobem: a) Průnikem vody skrz nepoškozený beton, b) průnikem vody skrz trhlinu v betonu a c) průnikem vody pracovní nebo dilatační spárou. Průnik vody betonem (a) lze zamezit vhodným návrhem betonové směsi a kvalitním zhutněním. Omezení tohoto průniku závisí tedy převážně na kvalitě betonu. Průnik trhlinou závisí na citlivosti betonu na vznik trhlin, a též na mnoha dalších faktorech (vyztužení, délka pracovních záběrů, rychlost betonáže, klimatické podmínky, atd.). S ohledem na vznik trhlin (b), hraje složení betonu významnou roli v době, kdy beton ještě nenabyl pevnost (rané stáří). Dále je významné smršťování betonu, které je hlavní příčinou vzniku trhlin vlivem omezené deformace prvku nebo konstrukce. Na průnik betonu spárami (c) má složení betonu jen malý nepřímý vliv.

Oblast použití

Složení betonu pro vodonepropustné konstrukce je třeba vyvíjet nejen pro tunelové stavby, ale i pro ostatní stavby z masivního betonu, na které je kladen požadavek, aby nepropouštěly vodu do objektu, např. podzemní části pozemních staveb. Přesto mají tunely poněkud specifické podmínky dané charakterem stavby. Tunely se betonují proudovým postupem a proces – instalace bednění, vyztužování, betonáž, ošetřování musí být nastaven tak, aby se dosahovalo co nejrychlejšího postupu výstavby (samozřejmě za přiměřených nákladů). Tunely bývají dlouhé a proudová metoda výstavby musí být proto optimalizována. Dále je výška tunelů (dle jeho typu – železniční, silniční, metro, atd.) obvykle větší než u betonáže podlaží u pozemních staveb. Objem betonu je tedy větší a tlaky na bednění, i pokud se používá klasický vibrovaný beton, jsou výrazně větší. V případě použití samozhutnitelného betonu jsou tlaky na bednění poměrně málo známé. Hutnění betonu je obtížnější, protože k ostění je omezený přístup. Příložná vibrace je častější než u pozemních staveb. Ošetřování je náročnější vzhledem k tvaru tunelu a mnohdy se vyžaduje, aby byl zkonstruován ošetřovací vůz, který se posouvá v závěsu za betonážním vozem a udržuje po omezenou dobu vhodné podmínky pro tvrdnutí betonu. V tunelu je prostředí, které bývá vlhčí než u nadzemních staveb, což je drobná výhoda. Navrhovaná složení betonu jsou směřována na aplikaci na tunelech, přesto je lze s případnou modifikací použít i pro jiné stavby.

Metodika a postup řešení

Nejprve je nutné stanovit cíle, které má složení betonu pro vodonepropustné ostění splňovat. 1. Požadovaná pevnost a odolnost proti prostředí definovaná specifikací betonu. 2. Náběh pevnosti dle specifikace (závisí na technologii výstavby a zejména na požadovaném čase pro odbednění ostění). 3. Požadavky na malý vývin hydratačního tepla, protože teplotní gradienty vznikající při hydrataci betonu jsou zdrojem vlastních pnutí, která mohou být příčinou vzniku trhlin v ostění. Pak by byla vodonepropustnost ohrožena. 4. Požadavky na omezené smršťování betonu, popř. opatření ke zvýšení odolnosti proti vzniku trhlin v raných stářích betonu.

Požadovaná odolnost je dána prostředím dle ČSN EN 206-1. Z toho vzniká požadavek na minimální pevnost betonu. Takto určená pevnost se porovná z pevnosti požadované ze statického posouzení objektu. Obvykle pevnost stanovená na základě odolnosti betonu je dostatečná i pro statické působení. Někdy se stává, že pevnost odvozená z odolnosti je i vyšší než požadavek statický. Probíhá diskuse o praktických možnostech návrhu betonu nižší pevnosti a zároveň splnění požadované odolnosti. To je praktický problém s dopady do ceny betonu a je třeba se jím zabývat i dále.

Náběh pevnosti je parametr stanovený statickými požadavky v době odbedňování. Z hlediska mechanického zatížení obvykle postačuje relativně malá pevnost betonu. Při započtení dalších možných zatížení (např. teplotní změny) požadavek může nereálně vzrůst. Zde je třeba nalézt vhodný kompromis.

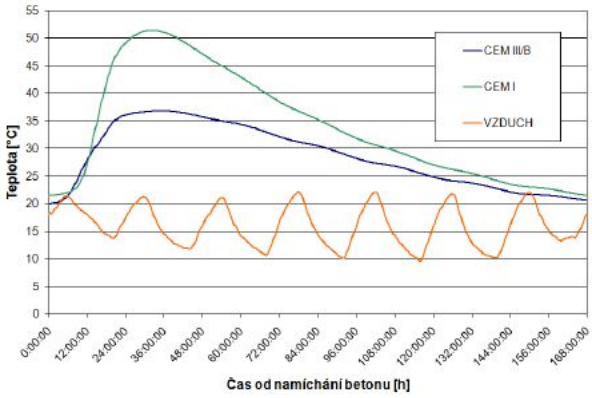
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

Požadavek na nízký vývin hydratačního tepla ovlivňuje zejména výběr vhodného cementu. Problém je popsán v následujícím odstavci.

Jak omezit smršťování betonu je problém, který se řeší již řadu let pouze s částečnými výsledky. Existují přísady redukující smršťování, avšak jejich účinek je v řadě případů diskutabilní a cena je poměrně vysoká. V poslední době se nejvíce využívá skleněných, polypropylénových, polyetylénových nebo jiných nekovových vláken k vyztužení betonu v době raného stáří. Tato vlákna mají malý modul pružnosti a dokážou příznivě ovlivnit beton, dokud je v raném stádiu a omezit iniciaci prvních trhlin. Jakmile beton nabude pevnost a vzroste jeho modul, pak přestávají působit. Zkušenosti s působením v počáteční fázi jsou dobré. Otázkou zůstává, jaké je optimální množství, které je uvažuje např. u polypropylénových vláken v rozmezí 0,6 až 1.5 kg/m^3 betonu. Polypropylénová vlákna mohou přispět i k zvýšení požární odolnosti betonu.

Výsledky

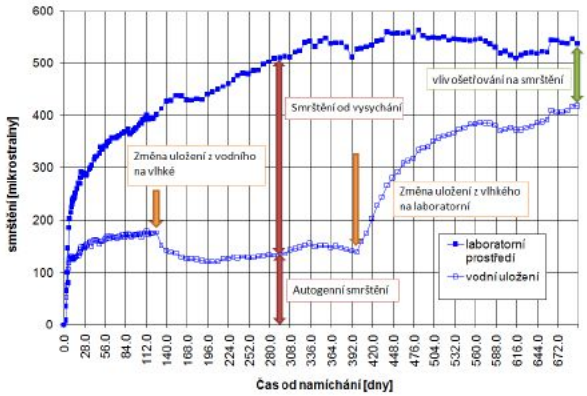
V oblasti výzkumu složení betonových směsí se sledoval vliv druhu cementu na vývin hydratačního tepla při hydrataci. Jako příklad lze uvést složení dvou druhů betonu pevnostní třídy C40/50. První beton využívá portlandský cement CEM I 42,5 R. To je běžný cement užívaný pro betony uvedených pevností. Druhý beton je vyroben s cementem CEM III/B 32,5 N. To je beton s nižší rychlostí tvrdnutí avšak po 90 dnech mají oba betony velmi podobné pevnosti. Vývoj teplot je uveden na grafu na obr. 1.



Obr. 1 Průběh teplot v betonu v počáteční době tvrdnutí

Experimentálně zjištěné teploty odpovídají přibližně teplotám uvnitř stěny tlusté 1 m. Zatímco maximální teplota v betonu s cementem CEM I byla asi 52°C, teplota v betonu s cementem CEM III dosáhla pouze cca 37°C. Počáteční teplota byla u obou betonů podobná, cca 20°C. Rozdíl maximálních teplot činí tedy 15°C, což je velmi významná hodnota. Napětí v betonu jsou závislá na rozdílu teplot uvnitř a na povrchu a při podobné povrchové teplotě může být právě teplotní rozdíl hlavní příčinou vzniku trhlin v betonu raného stáří a tím může dojít ke ztrátě vodonepropustnosti. Je proto zásadní nadefinovat přípustný teplotní spád v konstrukci již v době projektování. Na druhé straně je třeba respektovat možnosti v České republice a uvádět reálné požadavky. Jako příklad lze uvést současnou situaci. Např. v Rakousku se vyrábí cement bez obsahu C_3A, který se vyznačuje velmi nízkým vývojem hydratačního tepla. Proto tamější požadavky na nárůst teploty mohou být poměrně přísné. U nás se takový cement nevyrábí a nedodává. Není proto možné převzít rakouské požadavky, protože by byly při použití dostupných cementů nereálné. Je třeba problém řešit jiným způsobem.

Smršťování betonu je dalším faktorem, který je mimořádně významný pro vznik případných trhlin a též pro stupeň nutného vyztužení konstrukce. Na grafu na obr. 2 je uveden vliv ošetřování betonu na redukci smršťování.



Obr. 2 Průběh smršťování při různém ošetřování

Vzorek uložený nejprve ve vodě má výrazně menší počáteční smršťování než prvek uložený v laboratorním prostředí. I vlhké prostředí výrazně deformaci redukuje. V konečné fázi je třeba prvek ponechat v reálném prostředí, ale to už má beton značnou pevnost a postupně rostoucí deformace od smršťování již mají menší efekt na vznik trhlin. Nejnebezpečnější je právě doba, kdy beton ještě nenabyl svoji pevnost a je tedy náchylný ke vzniku trhlin.

Literatura

[1] Coufal, R.: Betony pro vodonepropustné a masivní konstrukce. Materiály pro stavbu 8/2013, 38-43

[2] Wasserundurchlässige Betonbauwerke – Weiße Wannen, Richtlinie ÖVBB, Ausgabe 3.2009

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

PODMÍNKY PRO APLIKACI VODONEPROPUSTNÝCH TUNELOVÝCH OSTĚNÍ

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.)
Ing. Jana Dehner (Metrostav a.s.)

Souhrn

Vodonepropustné konstrukce tunelových ostění patří k atraktivní alternativě ve srovnání s tunely s bariérovou izolací. Předmětem výzkumného centra je sestavení technických podmínek (TP) pro jejich výstavbu. V dalším textu technického listu jsou zmíněny činnosti zpracovávané v roce 2013. Jde zejména o sestavení obsahu technických podmínek, dále o provedení základních měření na betonech plánovaných pro aplikaci na vodonepropustných tunelových ostěních a příprava modelů pro zkoušení těsnění pracovních pár.

Oblast použití

Výstavba vodonepropustných tunelových ostění má svá specifika. Ta je nutné respektovat, aby ostění bylo skutečně pro vodu nepropustné. Existují ve světě různá doporučení a předpisy, avšak ty jsou přizpůsobeny vždy podmínkám země, kde byly vytvořeny. Přestože se Evropa integruje, stále existuje řada rozdílů mezi jednotlivými státy, které znemožňují prosté převzetí již hotových doporučení. Problém je ukázán na příkladě v článku [1]. Proto je nutné pro naše podmínky mít vlastní dokument. Provedení tunelového ostění při respektování řady zkušeností a pravidel pak zajistí, že bude dosaženo maximálního možného výsledku, tj. ostění bude funkční a ekonomické. Podmínkou pro sestavení technických podmínek je analýza jednotlivých faktorů ovlivňujících výslednou kvalitu díla.

Metodika a postup řešení

V první fázi byl sestaven přehled požadavků, podmínek a činností pro jednotlivé operace při návrhu, realizaci a údržbě vodonepropustných ostění. Tento soupis je zpracován pro ražené a pro hloubené tunely. Z něho vyplývá, jak bude výzkum v této oblasti organizován. Dále byla činnost zaměřena na dílčí úlohy, které z uvedeného přehledu plynou.

Prvním kritériem pro ověření, zda vodonepropustné ostění lze navrhovat, jsou vnější podmínky. Běžně lze vodonepropustné konstrukce navrhovat do tlaku odpovídajícímu 30 m vodního sloupce. Pro vyšší tlaky vody je vhodnější navrhovat tunely s drenáží a vodu odvádět např. tunelem mimo prostor za ostěním. Sníží se tak vodní tlak a tím i zatížení tunelu a zároveň se zvýší vodonepropustnost ostění. Druhým závažným kritériem je agresivita podzemních vod. Pro běžné podzemní vody bez závažné agresivity nevznikají mimořádné problémy, pro prostředí s výskytem agresivních vod je nutné posoudit druh a stupeň agresivity. V případě, že by agresivita podzemních vod byla tak nebezpečná, že by jí beton ostění nemohl vzdorovat, je pravděpodobně vhodnější navrhovat tunelové ostění s bariérovou izolací.

Ražené tunely

U ražených tunelů je třeba rozlišovat tunely stavěné klasicky (u nás obvykle nová rakouská tunelovací metoda) nebo pomocí štítu, tzv. TBM, kde se používá prefabrikované tunelové ostění. Problematika prefabrikovaného tunelového ostění je řešena v jiné části projektu CESTI. Zde je řešen problém vodonepropustnosti u klasického ostění, které je monolitické.

Monolitické sekundární ostění se betonuje nejčastěji pomocí bednicího vozu, který tvoří vnitřní bednění tunelu. Vnější bednění je tvořeno stříkaným primárním ostěním. Délka jednoho betonážního záběru je nejčastěji 10 – 12 m. Aby se omezil vznik trhlin v ostění vlivem smršťování, je třeba řešit, jaká by měla být kvalita povrchu primárního ostění a zda se má mezi primární a sekundární ostění vkládat separace či nikoliv. Dále existují různé postupy betonáže. Obvykle se betonuje spodní klenba a pak horní klenba, ale je možné zejména u tunelů s menší plochou průřezu betonovat celý prstenec najednou, což vede k eliminaci dvou podélných pracovních spár, které jsou značně náročné na kvalitu provádění.

Monolitické ostění se provádí z běžných betonů ne příliš vysokých pevnostních tříd. K hutnění betonu se používají nejčastěji příložné vibrátory připevněné k betonážní formě. Částečně lez hutnit beton i ponornými vibrátory z oken pro kontrolu betonáže popř. pro betonáž. Je velmi obtížné kontrolovat, zda je beton zhutněný v celé tloušťce ostění. Hutnost betonu je ale velmi významná pro zajištění

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

vodonepropustnosti. Špatné lokální zhutnění betonu by mohlo být příčinou průsaků, nebo dokonce tečení ostění.

Proto se někdy přistupuje k betonáži samozhutnitelným betonem. Výhodou je poměrně zaručené zhutnění v celém průřezu ostění a vyšší rychlost betonáže, nevýhodou je naopak větší tlak betonu na bednění, což klade nároky na konstrukci formy. Omezení tlaku lze dosáhnout pomalejší betonáží. Pro případ ostění ze samozhutnitelného betonu bude nutné ověřit znovu tlaky na bednění pro různé rychlosti betonáže. Takový výzkum byl již jednou výzkumným týmem realizován na sloupech o výšce 5 m.

Hloubené tunely

U hloubených tunelů jsou podmínky pro výstavbu vodonepropustného ostění podobné spíše pozemním konstrukcím. Při klasické výstavbě v otevřené jámě je třeba při projektování vodonepropustného ostění věnovat pozornost rozdělení stavby na betonážní úseky a dle toho navrhovat další opatření. Zejména je třeba věnovat pozornost těsněním pracovních spár.

Složitější je situace u hloubených tunelů metodou cover and cut, kde se nejprve postaví podzemní stěny, pak strop tunelu a teprve pak nastává hloubení prostoru tunelu. Nakonec se betonuje dno. Vlivem tohoto postupu vznikají problémy zejména s betonáží vodonepropustných podzemních stěn a náročné detaily spojení podzemních stěn, stropní a podlahové desky tunelu. Ty je třeba řešit a najít optimální konstrukční detaily.

Vodonepropustnost betonové konstrukce

Vodonepropustnost betonové konstrukce musí být definována. Definice je závislá na vnějších vlivech (tlak a agresivita podzemní vody) a na vnitřních faktorech (kvalita vnitřního prostředí, povolení případných průsaků). Na základě takové analýzy lze rozhodnout, zda je reálné, popř. ekonomické vodonepropustné ostění postavit.

Dalším krokem je pak pro dané požadavky navrhnout ostění. Vodonepropustnost betonové konstrukce ostění je dána třemi základními vlivy.

a) Kvalitou betonu
b) Omezením vzniku trhlin
c) Utěsněním pracovních a dilatačních spár

Kvalita betonu je v současné době velmi dobrá a vlastní beton není při kvalitním provádění hlavní příčinou průniku vody. Kvalita betonu se však projevuje zprostředkovaně na vzniku trhlin. Jde zejména o vlivy teplotních změn při hydrataci cementu a vliv smršťování betonu, které je na jeho složení závislé.

Trhliny v železobetonových konstrukcích jsou běžné jevy a lze jim jen obtížně bránit. Přesto i konstrukce, kde se menší trhliny vyskytují, může být dostatečně vodonepropustná. Velikost trhlin pak závisí na řadě vlivů, na betonu, na teplotách, na smršťování betonu, na způsobu betonáže, dělení konstrukce na betonážní úseky, na ošetřování betonu, na vyztužení a to na množství i na rozmístění výztuže, atd. Významné jsou i zdánlivé maličkosti, jako stáří cementu, nebo období betonáže.

Těsnění pracovních a dilatačních spár tvoří zcela zvláštní oblast. Existují těsnění na bázi těsnicích pásů, těsnicích plechů, bentonitová těsnění, těsnicí injektáže, aj. Projektová dokumentace musí definovat vhodný druh těsnění, a při realizaci je základní podmínkou mimořádně pečlivá práce a dodržení všech konstrukčních opatření, aby těsnění bylo funkční. Zvláště náročné je provádění těsnění o podzemních (milánských) stěn.

Vyztužování vodonepropustných konstrukcí je značně problematické, neboť podmínky pro výpočet konstrukce trpí značnou nejistotou vstupních parametrů. Postupy návrhu nejsou jednotné a projevuje se nutnost hledat řešení kompromisem mezi požadavky na nepropustnost a ekonomickými hledisky.

Výsledky

Prvním výsledkem je osnova pro připravované technické podmínky. Byl stanoven okruh problémů a významnost jejich řešení. Jednotliví členové se přihlásili k řešení dílčích výzkumných úloh.

V neposlední řadě byl vyprojektován a realizuje se model pro ověření těsnosti pracovních spár těsněných plechovým těsněním. Model bude vybaven tlakovacím zařízením pro simulaci různé velikosti tlaku podzemní vody. Cílem experimentu bude porovnání jednotlivých způsobů těsnění spár z hlediska funkce a z hlediska spolehlivosti jejich kvalitního osazení a dobetonování, včetně jejich spojů a křížení.

Literatura

[1] Coufal, R.: Betony pro vodonepropustné a masivní konstrukce. Materiály pro stavbu 8/2013, 38-43

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

POKROČILÉ METODIKY LABORATORNÍHO A IN-SITU MĚŘENÍ HLUKU DOPRAVY: OVĚŘENÍ ÚČINNOSTI ČIŠTĚNÍ NÍZKOHLUČNÝCH POVRCHŮ

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

Souhrn

V rámci pracovního balíčku byla provedena měření hlučnosti vybraných silničních povrchů. Cílem bylo srovnávací měření s obdobným zařízením z Francie a pokusné ověření účinnosti čištění nízkohlučných povrchů tlakovou vodou s následným hlukovým měřením metodou CPX.

Oblast použití

Z prvních výsledků vyplývá, že pravidelným čištěním nízkohlučných úprav lze docílit prodloužení jejich účinnosti udržením akustické absorbční schopnosti pórů pro hluk z dopravy aniž by došlo k poškození textury použitého materiálu. Tento postup může být následně zahrnut do metodiky údržby silnic.

Metodika a postup řešení

Akustické vlastnosti nízkohlučných asfaltových povrchů se s časem zhoršují. V literatuře jsou o tom jen dílčí informace. Ve Francii se pracuje na vývoji dvou typů nízkohlučných povrchů [1]. Výsledky několikaletého sledování na řadě nízkohlučných povrchů jsou v [2]. Zhoršování akustických vlastností nízkohlučné vozovky neprobíhá lineárně. V prvních dvou letech je zvýšení hlučnosti o cca 0,5 dB(A)/rok. Další 2 roky je pak rychlost zvyšování hlučnosti cca poloviční.

Stáří úpravy je ovšem jen jeden z faktorů. Velmi významný vliv má počasí v zimním období (množství sněhových srážek, mrazové cykly, intensita tání atd.) a druh dopravy na dané komunikaci. Celkově je zjevné, že s časem se hlučnost povrchu zvyšuje.

V literatuře se uvádí, že čištěním drenážních koberců se dá situace zlepšit, avšak počátečního snížení hlučnosti se docílit již nedá [3]. V [4] se konstatuje, že pravidelným čištěním se podařilo v Bratislavě i po několika letech zajistit snížení hlučnosti drenážního koberce. O účinnosti čištění nízkohlučných povrchů nedrenážního typu jsme informace v literatuře nenalezli.

Součástí prací proto bylo i pokusné ověření účinnosti čištění obrusných vrstev provedených v minulých letech technologií Viaphone® tlakovou vodou ve spolupráci Eurovia a CDV. Pro čištění bylo využito zařízení, které vlastní slovenská Správa ciest v Bratislavě. Měření hlučnosti se provádělo před a po čištění vozovky.

CDV provedlo měření metodou CPX vycházející z požadavků draftu mezinárodní ISO normy 11819-2 na standardizovaných pneumatikách dle ASTM – Tigerpaw Uniroyal 225/60 SRTT R16. Jejich použití pro hluková měření se jeví jako budoucí ISO standard. Tažným vozidlem CDV byla Škoda Octavia, měření probíhalo na speciálním přívěsu.

Společnost EUROVIA měřila hlučnost povrchu dle francouzské národní normy (vycházející z CPX normy) „Mesure en continu du bruit de contact pneumatique/chaussée, Méthode d'essai n°63 LCP“ z roku 2008 na svém měřícím zařízení používaném pro měření hluku ve Francii. Jako měřící pneumatiky společnosti EUROVIA byly použity Michelin 195/60/R15, měření byla prováděna na vozidle Renault Scénic s motorem 1,9 TDi.

Před zahájením vlastního měření povrchů proběhlo srovnávací testování obou měřících zařízení na zvolených úsecích. Z výsledků srovnávacích měření při rychlosti 50 km/h vyplynulo, že hluk je systematicky větší na zařízení Eurovia. Při 15 měřeních vyšel hluk zařízením Eurovia větší ve 13 případech – souvisí s konkrétním typem povrchu, kdy u daného typu vozovky je vždy systematicky kladná nebo záporná odchylka. Průměrný rozdíl v hluku byl 0,9 dB(A). Maximální rozdíl činil 2,6 dB(A), ovšem většinou byl hluk u zařízení Eurovia větší jen o 0,5 až 1,5 dB(A). Po vyloučení extrémní hodnoty 2,6 dB(A) byl průměrný rozdíl ze 14 měření 0,6 dB(A).

Tyto výsledky odpovídají údajům z literatury [8] týkajícím se srovnávacích měření metodou CPX s několika pneumatikami na 22 úsecích vozovek s různým povrchem, kde mezi zkoušenými pneumatikami byla Michelin Energy 205/65-R15 a Uniroyal Tigerpaw 225/60-R16.

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

Obr. 1 Zařízení Slovenské správy ciest při práci v ulici Slezská

Z provozních důvodů bylo čištění vozovky provedeno převážně v noci a měření hlučnosti příští den dopoledne, takže obrusná vrstva vozovky nebyla zcela suchá. V literatuře se uvádí, že mokrý povrch vozovky zvyšuje měřený hluk od dopravy. Proto se doporučuje provádět měření až po 2 dnech od posledního deště. Například v [5] se uvádí, že na drenážním koberci i na AC se hluk vlivem vody zvýšil při měření metodou SPB o 4 dB. V [6] str. 262 se uvádí, že hluk na drenážním koberci měřený 4 hodiny po dešti byl o 1,3 dB(A) větší než měřený po 50 hodinách Další konkrétní příklad je v [7]. Při rychlosti okolo 50 km/hod byl na AC a SMA při souvisle mokrém povrchu naměřen rozdíl až 2,7 dB(A). Zvýšení hluku na navlhlém povrchu proti suchému povrchu bylo však jen malé (menší než 1 dB(A)). U směsí s uzavřeným povrchem dojde k vyschnutí vody dříve než u směsí s větší mezerovitostí.

Výsledky

Snížení hlučnosti po provedení čištění na několika lokalitách v Praze bylo cca 1 dB(A). Ze zmíněných dílčích údajů v literatuře lze usuzovat, že na suchém povrchu by bylo možné očekávat snížení hluku ještě o cca 0,5 dB(A) větší. Teprve po provedení dalších měření bude však možné tuto hypotézu ověřit.

Z výsledků srovnávacích měření vyplynulo, že hluk je systematicky větší na zařízení EUROVIA. Při 15 měřeních vyšel hluk zařízením Eurovia větší ve 13 případech – souvisí s konkrétním typem povrchu, kdy u daného typu vozovky je vždy systematicky kladná nebo záporná odchylka. Průměrný rozdíl v hluku byl 0,9 dB(A). Z toho je patrná důležitost standardizace zkušebního zařízení.

Tlakové čištění je vhodnou metodou, jak účinnost nízkohlučných úprav prodloužit, i když se po vyčištění již nedosáhne tak velkého snížení hlučnosti jako ihned po provedení nízkohlučné vozovky. První výsledky naznačují, že snížení hlučnosti po vyčištění by mělo být alespoň o 1 dB(A), spíše však ještě o cca 0,5 dB(A) větší. Pravidelné čištění po každé zimě by tedy mělo účinnost nízkohlučných povrchů prodloužit.

Literatura

[1] Diffusion de la base de données « bruit de roulement », IDRRIM, No 5, 2011, www.idrrim.fr.

[2] Angst, Ch., et al, Lärmarme Strassenbeläge innerorts, Jahresbericht 2010,

[3] Haider , M, et al. Guidelines for low-noise road surface maintenance and rejuvenation, project Silence 2008,

[4] Kušnier, M., Splnené očekavanie – vozovka s asfaltovým kobercom drenážným AKD na D1 v Bratislave, Seminár Poznatky zo stavieb dialnic a rýchlostných ciest, Bratislava 2012,

[5] Freitas E. Pereira P. A Influencia de Aga no Riudo Produzido pelo Trafego Rdoviaro (Vliv vody na hluk od silniční dopravy), 2006

[6] Sandberg, U., The global experience in using low-noise road surfaces, 2009

[7] Gardziejczyk, W., Comparison of vehicle noise on dry and wet road surfaces, 2007

[8] Blokland G., Schwanen W., Comparison of potential CPX tyres, 2008.

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

POKROČILÉ METODIKY LABORATORNÍHO A IN-SITU MĚŘENÍ HLUKU DOPRAVY: POSOUZENÍ VLIVU STÁŘÍ OBRUSNÉ VRSTVY NA HLUČNOST POVRCHU

Zpracoval: Ing. Michal Uhlík, Ph.D. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Tato zpráva, včetně budoucí návaznosti, je zaměřena na oblast snižování hlukového zatížení obyvatel a zvyšování technické kvality komunikací. Hlavním cílem této činnosti je posouzení vlivu staré a nové obrusné vrstvy na celkovou hlukovou situaci ve vybraných lokalitách, kde byla provedena terénní měření. V každé lokalitě bylo měřeno hlukové zatížení okolí s původní obrusnou vrstvou a následně s nově provedenou obrusnou vrstvou. U některých lokalit je rekonstrukce teprve plánována, a proto zatím proběhlo pouze měření s původní obrusnou vrstvou a měření po rekonstrukci proběhne v příštím roce. U jiných lokalit bylo zase využito toho, že nová obrusná vrstva byla položena pouze na krátkém úseku a bylo možno provést najednou měření na dvou místech dvěma zvukoměry při stejných dopravních podmínkách a jiném povrchu. V tomto roce jsme se zaměřili především na obrusnou vrstvu VIAPHONE® a její přínos právě z hlediska snížení hluku v okolí pozemních komunikací.

Oblast použití

Hluk z automobilové dopravy se skládá z několika zdrojů, z nichž některé jsou víceméně zanedbatelné a některé dominantní. Významnost jednotlivých složek hluku závisí na dopravních podmínkách v dané lokalitě. Snížit hlukovou zátěž obyvatel žijících v okolí místních komunikací lze řadou způsobů. Je to především snížení dovolené rychlosti, zvyšování kvality povrchů vozovek a pneumatik, budování protihlukových stěn, výsadbou zeleně a použitím protihlukových oken. V této zprávě se budeme dále zabývat pouze zvyšováním kvality povrchu vozovek, tzn. snížením valivého hluku od pneumatik.

Metodika a postup řešení

Na základě předchozí rešerše a s uvážením dostupných technických možností byla pro měření a analýzu vybraných lokalit zvolena česká „Metodika měření hluku silniční dopravy“ [1]. Vzhledem k tomu, že ne vždy bylo možné zajistit předepsané požadavky, bylo někdy přistoupeno ke zmenšení či zvětšení vzdálenosti od osy bližšího jízdního pruhu, resp. snížení výšky zvukoměru nad úrovní vozovky. Tato skutečnost však u technických měření není tolik důležitá, jelikož srovnávací měření bylo prováděno vždy za stejných podmínek a výsledky tak nemůžou být zkreslené.

Lokality pro měření byly vybírány tak, aby se dala srovnávat hluková situace v místě klasické asfaltové konstrukce s konstrukcí novou – asfaltovou směsí s nízkou hlučností. Výběr lokalit probíhal na základě informací o připravovaných nebo již realizovaných úseků od společnosti EUROVIA CS. Nízkohlučná směs se většinou pokládá v zastavěném území a rozsah stavby je zpravidla od začátku obce až na její konec. Kvůli tomu není obvykle možné provést dvě měření s různou konstrukcí současně, při stejných dopravních podmínkách.

V případě pokládky směsi VIAPHONE® v celé délce obce je jediné možné řešení srovnání hladiny hluku měřením před a po rekonstrukci asfaltové vozovky ve stejném místě a za stejných atmosférických podmínek. Jediným problémem tohoto způsobu měření je opakovatelnost stejných podmínek, především intenzity vozidel, obzvláště pak těžkých, které vydávají podstatně větší hluk a rozhodují o celkové hodnotě ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq}. Aby bylo měření před a po rekonstrukci srovnatelné, musí intenzity dopravy být v obou případech obdobné, jelikož neexistuje žádný věrohodný přepočtový koeficient v závislosti na intenzitě dopravy. Toto se v některých případech ukázalo jako problematické, jelikož najít dobu, kdy bude intenzita totožná s tou, za které byly dříve naměřeny hladiny hluku, je velmi těžké až nemožné.

V letošním roce byl měřen hluk celkem v pěti lokalitách. V prvních třech lokalitách bylo měření zaměřeno na stav před a po rekonstrukci. V dalších dvou lokalitách bylo využito toho, že úsek vozovky s nízkohlučnou úpravou výjimečně navazoval na stávající komunikaci v místě, kde se neměnily dopravní podmínky (rychlost a intenzity dopravy). Z tohoto důvodu mohlo být pomocí dvou zvukoměrů

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

provedeno měření současně na dvou místech stejné komunikace, ale s různým povrchem.

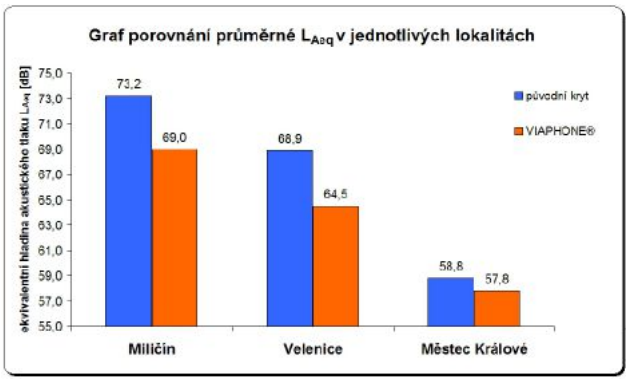
Výsledky

V Tab. 1 jsou uvedeny výsledky vybraných měření a na Obr. 1 jsou graficky znázorněné naměřené průměrné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro různé povrchy (původní poškozený vs. nový kryt vozovky - VIAPHONE®). Do výsledného srovnání nebyly zahrnuty lokality Kolín (zatím bylo provedeno pouze měření před rekonstrukcí) a Jižní spojka (výrazný pokles nákladní dopravy od posledního měření).

Tab. 1 Přehled výsledků měření – vybrané lokality

místo měření	stav komunikace	číslo měření	intenzita vozidel [voz/h]					hladina hluku L_{Aeq}
			směr A		směr B		SUMA	
			O+M	N+A	O+M	N+A		[dB]
Miličín	starý kryt vozovky	1	294	58	301	76	**729**	**72,8**
		2	302	94	243	99	**738**	**73,6**
	nový kryt VIAPHONE®	1	299	83	302	83	**767**	**68,7**
		2	246	86	256	92	**680**	**69,2**
Velenice	**BOD A** - starý kryt vozovky	1	64	10	53	9	**136**	**69,3**
		2	52	7	54	9	**122**	**68,4**
	BOD B - nový VIAPHONE®	1	68	11	55	10	**144**	**64,9**
		2	53	7	57	10	**127**	**64,0**
Městec Králové	**BOD A** - starý kryt vozovky	1	37	1	37	0	**75**	**58,0**
		2	31	1	34	4	**70**	**59,5**
		3	23	3	18	0	**44**	**58,8**
	BOD B - nový VIAPHONE®	1	46	1	41	2	**90**	**56,6**
		2	41	3	40	5	**89**	**58,4**
		3	25	4	26	2	**57**	**58,2**

Nejvyšší hodnoty poklesu ekvivalentní hladiny akustického tlaku byly naměřeny u obce Velenice (4,4 dB) a v obci Miličín (4,2 dB). Obě tyto lokality byly porovnávány za víceméně totožných dopravních i klimatických podmínek a tudíž naměřené snížení L_{Aeq} má plně vypovídající hodnotu. Naopak v Městci Králové byly podmínky na obou měřících stanovištích natolik rozdílné, že výsledné naměřené ekvivalentní hladiny akustického tlaku mohou být zkreslené a jejich vypovídající hodnota je přinejmenším sporná.



Obr. 1 Porovnání průměrných hodnot L_{Aeq}

Závěr

Ve všech sledovaných lokalitách bylo prokázáno snížení dopravního hluku vlivem výměny staré opotřebené obrusné vrstvy vozovky. Vliv krytu vozovky, resp. jeho kvalita a použitý materiál se projevuje v každé lokalitě částečně jiným způsobem. Výsledná hluková zátěž závisí nejen na samotném stavu krytu vozovky a druhu použité asfaltové směsi v obrusné vrstvě, ale také na druhu převažující dopravy, intenzitě dopravy, sklonu komunikace, okolním terénu a zástavbě či vzdálenosti od komunikace. U méně zatížených komunikací pak v neposlední řadě i na hluku na pozadí.

Nejvyšší hodnoty poklesu ekvivalentní hladiny akustického tlaku byly naměřeny u obce Velenice (4,4 dB). Zde se jedná o extravilánovou komunikaci, kde řidiči nezřídka jezdí rychlostí přes 100 km/h. V tomto případě je valivý hluk naprosto dominantní a právě zde kvalitní, nízkohlučná obrusná vrstva výrazně ovlivňuje hlukovou situaci v okolí pozemní komunikace.

V případě, jestliže vozovka má velký podélný sklon a při vysokém podílu těžkých nákladních vozidel v dopravním proudu může hluk od motoru převážit nad ostatními složkami hluku. Nicméně ani tento aspekt nemusí být argumentem pro to, aby se nízkohlučná úprava nedělala. Výsledky z obce Miličín potvrdily, že i při stoupání přes 6% a podílu nákladní dopravy přes 20% může dojít díky nízkohlučné úpravě ke snížení ekvivalentní hladiny hluku o více než 4 dB.

V dalších letech se při terénních měřeních zaměříme mimo jiné i na to, jak si nízkohlučné úpravy obrusných vrstev udržují své vlastnosti v průběhu času.

Literatura

[1] Ministerstvo životního prostředí: *Metodika měření hluku silniční dopravy*. Ministerstvo životního prostředí, 1996, příloha Zpravodaje MŽP 3/1996.

[2] RŮŽEK, M.: *Vliv opotřebení obrusné vrstvy vozovky na hlukovou situaci*, diplomová práce, Praha, květen 2011.

[3] SCHGUANIN, G.: *Nové rámcové podmínky pro sanaci silničního hluku ve Švýcarsku*. In Strasse und Verkehr, č. 1-2/06, pp. 6 – 11, Německo 2006.

[4] CHOLAVA, R., at.al.: *Optimalizace technických opatření pro snížení hlukové zátěže v okolí pozemních komunikací*. Výroční zpráva za rok 2007, project CG712-102-120, Centrum dopravního výzkumu v.v.i., 2008.

[5] VALENTIN, Jan; LUXEMBURK, František: Možnosti snižování hlučnosti povrchu vozovek s využitím technologií asfaltových vrstev snižujících hlučnost. Praha, říjen 2009.

[6] KŘIVÁNEK, V.: *Problematika hlučnosti povrchů vozovek*. Sborník z přednášek 2. Odborné konference Hluk 2010, Konferenční centrum CITY, Praha, 10. listopadu 2010.

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

MONITORING DRENÁŽNÍCH VOD V TUNELECH, VZNIK SINTRŮ, ÚDRŽBA DRENÁŽÍ

Zpracoval: RNDr. Jiří Huzlík (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

Byly sumarizovány poznatky o mechanizmech sintrace drenážních potrubí v tunelech získané studiem literatury. Proběhl návrh přístupů k řešení údržby drenáží jako prevence proti sintraci.

Oblast použití

Získané poznatky budou sloužit jako podklad pro návrh metodiky monitoringu drenážních systémů v tunelech a systému údržby těchto systémů.

Metodika a postup řešení

Řešení bylo zaměřeno na seznámení se s obecnou problematikou zkoumané oblasti prostřednictvím odborné literatury zaměřené na problematiku drenážních systémů v silničních tunelech. Výsledky byly zahrnuty do odborné studie.

Výsledky

Nejzávažnějším problémem odvodňování tunelů je tvorba sintrů v drenážním potrubí. Jedná se o vylučování především uhličitanu vápenatého (kalcitu), který se postupně usazuje na vnitřních stěnách potrubí a zabraňuje tak po určité době jeho řádné funkci. Kalcit se vylučuje chemickými reakcemi z hydrogenuhličitanu vápenatého, který je přirozeně obsažen v podzemních vodách. Podobný mechanizmus může nastat i v drenážním systému vozovek budovaných v prostředí se zvýšeným obsahem uhličitanů. Vznikem sintrace se zabývaly dva nejzásadnější materiály [1, 3] a mechanismy sintrace lze odvodit z následujících procesů:

- Sintrace vodou přesycenou uhličitanem vápenatým – tento mechanizmus reprezentuje snížení parciálního tlaku CO_2 a změnu teploty vody v hornině s příslušnou karbonátovou tvrdostí. Voda v hornině je v poměru k atmosféře tunelu přesycena uhličitanem vápenatým, a proto následkem snížení tlaku a/nebo teplotní změny vylučuje kalcit, který se usazuje v odvodňovacím systému.
- Sintrace zvýšením hodnoty pH vody v hornině – týká se podzemní vody s příslušnou karbonátovou tvrdostí, u které kontaktem s alkalickými látkami dojde ke zvýšení hodnoty pH. Neutralizací hydroxidů dochází ke tvorbě kalcitu, který se usazuje v odvodňovacím systému. Tento mechanizmus také popisuje kontakt podzemní vody s příslušnou karbonátovou tvrdostí se stavebními materiály na bázi cementu, jako např. stříkaným betonem, injektážními materiály, drenážním mezerovitým betonem, atd.
- Sintrace uhličitou vodou (vodou agresivní na vápenec) – voda obsahující oxid uhličitý při kontaktu se stavebními materiály na bázi cementu zvýšenou měrou váže hydroxid vápenatý, přičemž se tvoří voda přesycená uhličitanem vápenatým, který se vylučuje jako kalcit. Vody agresivní na vápenec také narušují přidané karbonáty (např. vápencovou drť), a tím zvyšují podíl rozpuštěného hydrogenuhličitanu vápenatého, který se může také vylučovat ve formě kalcitu v odvodňovacím systému.
- Sintrace roztokem hydroxidu vápenatého – tento mechanizmus probíhá např. při kontaktu se stavebními materiály na bázi cementu. V tomto případě není zapotřebí dodatečná karbonátová tvrdost podzemní vody, nýbrž kontakt se vzduchem. Absorpcí CO_2 ze vzduchu dochází k vylučování kalcitu. U velmi nízkých průtočných rychlostí popř. odpařování vody se tvorba usazenin zvyšuje („krápníkový efekt“).
- Sintrace směsnými vodami – v tunelu se mohou vyskytovat vody s různým složením. Při jejich smísení může dojít k vytvoření vody takového charakteru, že se z ní může vylučovat kalcit. Posouzení tohoto procesu je možné provést prostřednictvím výpočtů indexu nasycení kalcitem smíšené vody.

Podle existujících zkušeností je třeba u karbonátové tvrdostí větších nebo rovných 3.60 mmol/l počítat se silnými sintracemi. U karbonátových tvrdostí menších nebo rovných 2.16 mmol/l je možné

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

očekávat nízký sklon k sintraci. Vysoká celková tvrdost a nízká kyselinová neutralizační kapacita poukazují na existenci sloučenin vápníku neschopných sintrace. Právě tak má voda bez kovů alkalických zemin a bohatá na oxid uhličitý vysokou celkovou tvrdost, ale nemá sklon k vylučování sintrů. Rentgenová fluorescenční analýza vzorků z tunelů [2] ukazuje na obsah kalcitu v sintrech vyšší než 98 %.

Stavební materiály na bázi cementu obsahují hydroxid vápenatý, který může být uvolňován při kontaktu s vodou. Množství hydroxidu vápenatého vyluhované z těchto stavebních materiálů není při kontaktu s vodou zanedbatelné a za vhodných podmínek může být přeměněno na takové množství uhličitanu vápenatého, které může způsobit sintraci drenážního potrubí. V počáteční fázi dominuje povrchové vyluhování hydroxidu vápenatého a při dalším setrvání v kontaktu s vodou je difúzí uvolněn jeho další podíl. To znamená, že transport hydroxidu vápenatého z vnitřních oblastí stavebního materiálu probíhá s určitým zpomalením. Ale také u tohoto mechanizmu roztok hydroxidu vápenatého ovlivňuje pH podzemní vody, což může vést k sintraci. Zejména stavební materiály na bázi cementu disponují dostatečným potenciálem k tomu, aby vznikly problémy se sintracemi v odvodňovacím systému po delší období. Podle dnešních znalostí může být množství vyluhovatelného hydroxidu vápenatého a tím i potenciál sintrace stavebního materiálu snížen opatřeními zmírňujícími vliv na cementové pojivo. Tato opatření se týkají:

- Použití pojiv s nízkým podílem slínku; např. struskosíranový cement
- Použití cementů s nízkým podílem slínku
- Použití cementů s latentně hydraulickými nebo pucolánovými přídavnými materiály; např. cement a popílek, struskový písek nebo mikrosilika

Laboratorní výzkumy ukázaly důležitost správného výběru pojiva k redukci vyluhování vápníku a ke snížení alkality u stříkaného betonu, drenážního tělesa a injektážního materiálu [1].

Stabilizace tvrdosti vody rovněž může přispět k prodloužení intervalů údržby drenáže tunelu tím, že je sníženo usazování sintru a jeho tvrdnutí. V současné době používané stabilizátory tvrdosti vody v podmínkách drenáže tunelu (atmosférický tlak, nízká teplota, neutrální až alkalické prostředí) jsou krystalizační inhibitory zaměřené na zabránění a ovlivňování tvorby krystalizačních zárodků a růstu krystalů, zejména z uhličitanu vápenatého a hořečnatého, případně na dispergace krystalů [3].

Opatření údržby během stavby a provozu tunelů mohou být preventivní nebo korigující. Preventivní opatření údržby se provádějí před vytvořením ztvrdlých usazenin a zahrnují:

- Stabilizaci tvrdosti podzemní vody v sekundárním odvodňování
- Nízkotlaké proplachování (zároveň s přívodem vody v tunelu v souvislosti s kontrolami funkce)
- Periodická vysokotlaká proplachování s nízkými výdaji

Korigující opatření údržby se provádějí po vytvoření ztvrdlých usazenin a zahrnují:

- Vysokotlaká proplachování velkým množstvím vody a dodatečnými nástroji
- Cílené používání stabilizace tvrdosti vody k zamezení nové tvorby tvrdých usazenin a eventuálně ke změkčení stávajících krust

V zásadě by se mělo usilovat o kratší intervaly údržby, popř. preventivní opatření údržby, aby bylo zabráněno zpevnění a příliš velké akumulaci vzniklých usazenin. Nemůže-li být opatřeními údržby dosaženo cíle, musí být učiněna opatření k odstranění závad.

Literatura

[1] Saxer, A. Ausbildung und Instandhaltung von Tunnelentwässerungen. Richtlinie. Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik. Wien 2009. 98 s.

[2] 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.

[3] 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

DLOUHODOBÉ SLEDOVÁNÍ ZIMNÍ ÚDRŽBY VE VZTAHU K ZÁTĚŽI ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ V OKOLÍ KOMUNIKACÍ, SLEDOVÁNÍ KONTAMINACE DEŠŤOVÉ VODY

Zpracovali: Bc. Karel Fronk, Ing. Marek Novák (Skanska a.s.)

Souhrn

Předmětem technického listu je uvedení do obecné roviny problematiky zimní údržby komunikací a jejího vlivu na životní prostředí. Byla identifikována nejdůležitější potenciální rizika nejčastěji využívaných posypových materiálů pro jednotlivé složky životního prostředí a nastíněno legislativní ukotvení ochrany před negativními vlivy aplikace inertních a chemických materiálů.

Oblast použití

Primárním úkolem práce bylo stanovení výčtu rizikových faktorů zimní údržby komunikací. Sekundárně výstup práce bude sloužit jako teoretická základna pro tvorbu relevantní metodiky fyzických měření, která by měla být nastavena tak, aby v co nejširší míře pojímala spektrum možných dopadů negativních vlivů. V neposlední řadě tato práce představuje výchozí soubor informací pro stanovení metodiky řízení činností zimní údržby komunikací.

Metodika a postup řešení

Náplní řešení bylo seznámení se s publikovanou vědeckou činností v rovině řešené problematiky. Byla provedena deskripce jednotlivých jevů na základě relevantních výstupů předešlých výzkumných záměrů formou analytické studie a shromážděny potřebné informace pro další jednotlivé body záměru.

Výsledky

V chladných klimatických oblastech je zimní údržba komunikací klíčovým předpokladem pro udržení celoroční sjízdnosti a bezpečnosti provozu[1,2,3]. Zimní údržbou komunikací se rozumí mechanické odstraňování sněhových srážek, zdrsňování povrchu vozovky inertním posypem a rozpouštění sněhového pokryvu a náledí chemickými posypovými materiály. Přičemž obecně platí, že skryté náklady na zimní údržbu komunikací (např. koroze, dopady na ŽP) jsou mnohem vyšší než náklady přímé[4]. Stoupající nároky na komfort a kvalitu služeb mají navíc za příčinu zvyšující se spotřebu chemických posypových materiálů v celosvětovém měřítku[2]. Z hlediska využívaných posypových materiálů můžeme hodnotit vliv na životní prostředí pro dvě různé kategorie: soli na bázi chloridu a inertní materiály. Přičemž vliv na životní prostředí závisí na celé řadě faktorů specifických pro každou formu a lokaci aplikace[5].

Inertní materiály jsou pro údržbu komunikací využívány již od počátků 20. století[6]. Jedná se především o písky a drtě, jejichž primární účel je zlepšovat adhezní vlastnosti vozovky v případě sněhového pokryvu. V České republice se v menší míře využívají sypké materiály z místních zdrojů (např. strusky, škvára). U těchto materiálů pak musí být každoročně ověřena jejich nezávadnost z hlediska toxických látek atestem[14]. Kromě možného obsahu toxických látek a vysokého potenciálu tvorby emisí prachových částic[7], spočívá vliv aplikace inertních materiálů na životní prostředí především ve zvýšení zákalu povrchových vod, což může působit, jako stresor pro vodní organismy[8] a negativně se projevit na změně distribuce sluneční energie ve vodním sloupci. S tím jsou spojeny změny produkce kyslíku vodními rostlinami, úhyn vodních organismů a přeměna trofické struktury, která může vést ke snížení biodiverzity ve vodním prostředí[6].

Z chemických materiálů určených k rozmrazování povrchu komunikací jsou v současné době nejhojněji využívány chloridové soli. Především chlorid sodný (NaCl) byl v USA hojně využíván již od 30. let 20. století, k jeho celosvětovému intenzivnímu rozšíření došlo během 60. let 20. století[2,5,9]. V současnosti mezi nejběžněji užívané chloridové soli mimo chlorid sodný (NaCl) patří i chlorid vápenatý ($CaCl_2$) a v menší míře chlorid hořečnatý ($MgCl_2$)[5]. Mezi stěžejní aspekty jejich rozšíření patří relativně nízké náklady, snadné skladování a poměrně dobrá účinnost (u chloridu sodného se aplikace doporučuje do teploty kolem –5°C a chloridu vápenatého do –15°C)[5]. Účinnost těchto posypových materiálů lze

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

zvýšit aplikací v podobě solanky, která zároveň snižuje potenciál emisí prachových částic[6]. Podstatná je také materiálová charakteristika, kdy zásadní vlastnosti představují především eutektický bod a efektivní rozsah teplot, biochemická spotřeba kyslíku (BSK), chemická spotřeba kyslíku (CHSK), pH, rozpustnost ve vodě, obsah dusíku (N), fosforu (P), kyanidu (CN), obsah těžkých kovů[2] a přítomnost speciálních (protispékavých) příměsí, jako je např. ferrokyanid železitý a hexakyanoželeznatan sodný[5].

Prakticky veškerá aplikovaná sůl se v určité fázi stává součástí některé složky prostředí[5]. Vliv chloridových solí na životní prostředí je pak možné pozorovat v rozdílných podobách oproti inertním materiálům[6]. Rozsah a podoba vlivu solení na životní prostředí je dán několika faktory. Mezi nejdůležitější patří chemické složení posypového materiálu, jeho aplikované množství, typ vozovky a vývoj počasí (teplota, sluneční záření, srážky, povětrnostní podmínky a topografie – míra a rychlost tání)[2]. Z pohledu životního prostředí jsou podstatné skutečnosti, že posypové materiály na bázi chloridů mohou měnit chemické a fyzikální vlastnosti půd v okolí komunikací[10] a přispět k mobilizaci stopových kovů z půd do povrchové a podzemní vody[2,11]. Mají také potenciál měnit gradient hustoty a tím i fyzikální a ekologické vlastnosti přijímajícího vodního útvaru[2,5] a zvyšovat salinitu povrchových vod. Výrazněji však pravděpodobně ovšem pouze u pomalu tekoucích a stojatých vod[6], přitom zvýšená salinita vod může mít podobné důsledky jako jejich zákal, může zapříčinit úbytek kyslíku a s tím zvýšenou mortalitu vodních organismů a změnu biodiverzity[6,12]. Nicméně, samotné chloridy jsou pro ryby a vodní bezobratlé relativně málo toxické, i když tento fakt nebyl doposud podložen dlouhodobými relevantními fyziologickými studiemi[13]. Mírně toxické mohou být pro malé živočichy, zároveň krystalky chloridů mohou lákat zvěř a ptáky, což může zvyšovat pravděpodobnost dopravních nehod[6]. Vysoký obsah fosforu a dusíku pak představuje vážné riziko pro vodní systémy, protože slouží jako živiny a podporují nadměrný růst některých vodních organismů[2].

Česká legislativa omezuje vliv zimní údržby na životní prostředí stanovením denních limitů aplikovaných materiálů, povinnou atestací interních materiálů z místních zdrojů, omezením využívání chemických posypů na silnicích IV. třídy a určením některých povinných vlastností chemických materiálů. Chybí však například stanovení limitů obsahu těžkých kovů a nevhodných příměsí[14]. Možnost snížení vlivů zimní údržby komunikací na životní prostředí v současné době představuje především optimalizace managementu údržby ve spojení s výběrem vhodného a nezávadného materiálu v závislosti na vlastnostech prostředí, ve kterém je aplikována[3]. Alternativní chemické posypové materiály jako jsou např. acetáty, glykoly, močovina a další doposud nesplňují ekonomické a (nebo) technologické aspekty pro jejich výraznější rozšíření[2].

Literatura

[1] Buttle, J. M.; Labadia, C. J. Deicing salt accumulation and loss in highway snow banks. J. of Environmental Quality 1999, 1, 155–164.

[2] Fay, L.; Shi, X. Environmental impacts of chemicals for snow and ice control: State of the knowledge. Water, Air, and Soil Pollution 2012, 5, 2751–2770.

[3] Shi, X.; et al. Use of chloride-based ice control products for sustainable winter maintenance: A balanced perspective. Cold Regions Science and Technology 2012, 104–112.

[4] Shi, X. The use of road salts for highway winter maintenance: An asset management perspective. In ITE District 6 Annual Meeting; 2005; pp 10–13.

[5] Ramakrishna, D.; Thiruvenkatachari, V. Environmental impact of chemical deicers–a review. Air, and Soil Pollution 2005, 1, 49–63.

[6] Fischel, M.; Evaluation of Selected Deicers Based on a Review of the Literature,. [Online] 2001. http://bibvir2.uqac.ca/archivage/17775044.pdf (accessed Oct 11, 2013).

[7] Kuhns, H.; et al. Vehicle-based road dust emission measurement—Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM10 emission potentials from paved and unpaved roads. Atmospheric Environment 2003, 4573–4582.

[8] Schäfer, R. B.; et al. Effects of pesticide toxicity, salinity and other environmental variables on selected ecosystem functions in streams and the relevance for ecosystem services. Science of the Total Environment 2012, 69–78.

[9] Paschka, M. G.; et al. Potential water-quality effects from iron cyanide anticaking agents in road salt. Water Environment Research 1999, 6, 1235–1239.

[10] Green, S. M.; Cresser, M. S. Nitrogen Cycle Disruption through the Application of De-icing Salts on Upland Highways. Water Air Soil Pollut 2008, 139–153.

[11] Bäckström, M.; et al. Mobilisation of heavy metals by deicing salts in a roadside environ-ment. Water Research 2004, 3, 720–732.

[12] Jeppesen, E.; et al. Salinity induced regime shift in shallow brackish lagoons. Ecosystems 2007, 48–58.

[13] Cañedo-Argüelles, M.; et al. Salinisation of rivers: an urgent ecological issue. Environmental pollution 2012, 157–167.

[14] 104/1997 Sb. VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy a spojů č. 104/1997 Sb., ze dne 23. dubna 1997, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích.

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

DLOUHODOBÝ MONITORING KVALITY OVZDUŠÍ V REZIDENČNÍCH OBLASTECH, METODIKA PRO PODPORU ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI ŘÍZENÍ DOPRAVY VE VAZBĚ NA KVALITU OVZDUŠÍ, SLEDOVÁNÍ PEVNÝCH ČÁSTIC Z NESPALOVACÍCH PROCESŮ

Zpracovali: Bc. Karel Fronk, Ing. Marek Novák (Skanska a.s.)

Souhrn

Byly shrnuty relevantní poznatky o vlivu pevných částic na kvalitu ovzduší v rezidenčních oblastech na základě odborné literatury. Součástí bylo navržení typových opatření pro eliminaci negativních vlivů na kvalitu ovzduší a s tím souvisejících vlivů na lidské zdraví.

Oblast použití

Získané poznatky budou sloužit jako výchozí informace pro návrh tvorby metodiky fyzického sledování kvality ovzduší v závislosti na emisích pevných částic z nespalovacích procesů v rovině determinace vlivů faktorů ovlivňujících produkci emisí. Zároveň budou sloužit jako základna obecných poznatků k vyhodnocení prostředků řízení dopravy ke snižování emisí prachu.

Metodika a postup řešení

Postup řešení obsahoval seznámení se s problematikou řešeného výzkumného úkolu prostřednictvím odborné literatury. Pro získání výchozího přehledu vědeckých výstupů sledované problematiky byl proveden monitoring předchozích souvisejících publikovaných výzkumů a následné zpracování získaných relevantních informací v podobě odborné studie.

Výsledky

Znečištění ovzduší je definováno jako přítomnost chemických látek s určitými negativními charakteristickými vlastnostmi v ovzduší, a to po dobu, kdy tyto látky mohou být nebezpečné pro rostliny, živočichy nebo člověka[1]. Při hodnocení vlivu jednotlivých sektorů na emise částic je nezbytné mít na paměti, že se jedná pouze o emise primárních částic. Významnou roli však hrají i sekundární částice vznikající v atmosféře z tzv. prekurzorů[2,3]. Mobilní zdroje představují celosvětově významný zdroj znečišťování ovzduší, zvláště v městském prostředí mohou být zdrojem dominantním[3].

Prach je jedním z nejdéle sledovaných polutantů s nepříznivým vlivem na lidské zdraví, zvláště při spolupůsobení dalších škodlivin v ovzduší[4,5], přičemž emisní potenciál nespalovacích procesů silniční dopravy byl více sledován až v posledních letech. Množství emisí z nespalovacích procesů je v poměru k emisím ze spalovacích procesů výrazně menší, je ale nezanedbatelnou částí celkových emisí pocházejících z automobilové dopravy[1]. Z hlediska velikosti částic jsou problematické především respirabilní frakce PM_{10} a $PM_{2,5}$, které mohou mít vliv na lidské zdraví[4]. Na rozdíl od emisí ze spalovacích procesů, u kterých dochází díky obnově vozového parku ke snižování, emise z nespalovacích procesů zůstávají na stejné výši, a se vzrůstající intenzitou dopravy se mohou zvyšovat[1].

Různé studie v předchozích letech prokázaly spojitost mezi emisemi prachu a výskytem různých respiračních a srdečních problémů[4,6,7]. Vedle bodových zdrojů emisí, kterým byla v minulosti věnována poměrně velká pozornost, se ukázalo, že významným přispěvatelem znečištění jsou také nespalovací procesy[8,9] na bázi antropogenních technologií, a to především v podobě resuspenzí prachových částic, pomocí kinetické energie v dopravě[2].

Pro emise prachu z nespalovacích procesů představují zdroje především usazené částice antropogenního a geologického původu na povrchu a nejbližším okolí vozovek[10,11,12], které se vlivem turbulentního proudění vzduchu, způsobeného větrem a projíždějícími vozidly, opakovaně dostávají do ovzduší. Částice geologického původu se na vozovku dostávají především vlivem erozní činnosti, částice antropogenního důvodu pak nejčastěji pocházejí ze spalovacích procesů mobilních zdrojů polutantů a přilehlých stacionárních zdrojů[3,12], stavebních aktivit a mechanického uvolňování částic z povrchu vozovky a komponentů vozidel[1]. Tento materiál, který na

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

vozovkách slouží jako zdroj emisí prachových částic, nebyl doposud dobře kvantifikován[12].

Na potenciál tvorby emisí PM_{10} a $PM_{2,5}$ generovaného vozidly má vliv hned několik faktorů, mezi nejdůležitější patří charakteristika materiálu, kvalita konstrukce vozovky, kdy platí, že nezpevněný povrch vozovky představuje výrazně větší potenciál pro tvorbu emisí prachových částic[13,14] a druh zimní údržby komunikace[15], kdy obecně platí, že aplikace chemických posypových materiálů, a to především ve formě solankových roztoků, je z pohledu znečištění ovzduší výrazně vhodnější než využívání inertních materiálů[16]. Dále uvažujeme vliv klimatických specifik, a to především roční období, teplota, srážky, relativní vlhkost, výpar a povětrnostní podmínky[9,10,17]. V neposlední řadě hrají podstatnou roli charakteristiky provozu. Výzkumy z posledních let ukázaly, že potenciál tvorby emisí prachových částic udává především rychlost a hmotnost vozidel[10,12,14]. Samotná intenzita provozu se ukázala pro přímou tvorbu emisí z nespalovacích procesů jako méně významná, je ovšem potřeba brát v potaz fakt, že spalovací motory představují zásadní zdroj polutantů, které sedimentují na vozovky a mohou být následně resuspendovány[9].

Hrubý odhad naznačuje, že doba pobytu PM_{10} prachu na zpevněných komunikacích je pouze v řádu několika hodin. To znamená, že čištění komunikace by vedlo pouze k velmi krátkému pozitivnímu vlivu[12]. Výzkumy navíc ukázaly, že mechanické čištění vozovky vede v krátkodobém horizontu dokonce k nárůstu emisí PM_{10} přibližně o 40%. Lze ovšem předpokládat, že odstraněním nečistot o větších frakcích dojde i k odstranění zdrojového materiálu prachových částic[15]. Emise PM_{10} a $PM_{2,5}$ lze dlouhodobě snižovat odstraněním, nebo omezením některých zdrojů polutantů a geologického materiálu, jako odstranění nečistot z okolí komunikace, které mohou sloužit jako rezervoár prachu[10,15], zamezení erozi a omezením stacionárních zdrojů znečištění ve spojení s prostředky řízení provozu, jako je rychlostní a váhové omezení vozidel v oblastech s vysokým potenciálem tvorby emisí prachových částic a vhodnou zimní údržbou komunikací[15].

Literatura

[1] Laurent, J. Vliv automobilové dopravy na ži-votní prostředí ve městech: perspektivní mož-nosti snížení emisí z výfukových plynů; Ústředí vědeckých, technických a ekonomických informací: Praha, 1989.

[2] Holoubek, I.; et al. Troposférická chemie, 1st ed.; Masarykova univerzita, Přír. f.: Brno, 2005.

[3] MŽP Národní program snižování emisí, 2007. Ministerstvo životního prostředí. http://www.mzp.cz/cz/narodni_program_snizovani_emisi (accessed Nov 16, 2013).

[4] DeLuca, P. F.; et al. Effective mitigation efforts to reduce road dust near industrial sites: Assessment by mobile pollution surveys. J. of Environmental Management 2012, 112–118.

[5] Hnilicová, H. Emise PM 10 a jejich zdroje, 2008.http://www.svcement.cz/includes/dokumenty/pdf/sd2008-prednaska-hh-emise-pm10-a-jejich-zdroje.pdf (accessed Nov 17, 2013).

[6] Pope, C. A.; Ezzati, M.; Dockery, D. W. Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States.. New England Journal of Medicine 2009, 376–386.

[7] Medina-Ramon, M.; Zanobetti, A.; Schwartz, J. The effect of ozone and PM10 on hospital admissions for pneumonia and chronic obstructive pulmonary disease: a national multicity study. American Journal of Epidemiology 2006, 579–588.

[8] Watson, J.G., Chow, J. Reconciling urban fugitive dust emissions inventory and ambient source contribution estimates: summary of current knowledge and needed research. DRI Document No. 6110.4F. Prepared for the US Environmental Protection Agency, Desert Research Institute, Reno, NV, May 2000.

[9] Etyemezian, V.; et al. Vehicle-based road dust emission measurement: I—methods and calibration. Atmospheric Environment 2003a, 4559–4571.

[10] Gillies, J. A. Effect of vehicle characteristics on unpaved road dust emissions. Atmospheric Environment 2005, 2341–2347.

[11] Cowherd, C.; et al. Control of Fugitive and Hazardous Dusts.Noyes Data Corp, 1st ed.; Park Ridge: NJ, 1990.

[12] Etyemezian, V.; et al. Vehicle-based road dust emission measurement (III): effect of speed, traffic volume, location, and season on PM10 road dust emissions in the Treasure Valley, ID. Atmospheric Environment 2003b, 4583–4593.

[13] Edvardsson, K.; Magnusson, R. Monitoring of dust emission on gravel roads: Development of a mobile methodology and examination of horizontal diffusion. Atmospheric Environment 2009, 889–896.

[14] Thenoux, G.; Bellolio, J. P.; Halles, F. Development of a methodology for measurement of vehicle dust generation on unpaved roads. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board 1989, 299–304.

[15] Kuhns, H.; et al. Vehicle-based road dust emission measurement—Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM10 emission potentials from paved and unpaved roads. Atmospheric Environment 2003, 4573–4582.

[16] Fischel, M. Evaluation of Selected Deicers Based on a Review of the Literature,. [Online] 2001.http://bibvir2.uqac.ca/archivage/17775044.pdf (accessed Oct 11, 2013).

[17] Nicholson, K. W.; et al. The effects of vehicle activity on particle resuspension. Journal of Aerosol Science 1989, 1425–1428.

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 (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.);
Ing. Filip Eichler, Ph.D., doc. Ing. Ludvík Vébr, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

V roce 2013 se pracovalo na vytvoření databáze nových a progresivních diagnostických metod se vzorovými příklady jejich uplatnění. Týkalo se to především vozovek, ale pro vybrané diagnostické metody i mostů a tunelů.
Šlo především o tyto, převážně nedestruktivní, diagnostické metody:

- vysokorychlostní deflektograf pro hodnocení únosnosti vozovek,
- rázové zařízení FWD pro hodnocení únosnosti vozovek,
- georadar pro diagnostiku vozovek, mostů a tunelů,
- měření odporu při odvalování pneumatik při jízdě po vozovce,
- laserové skenování pro diagnostiku vozovek, mostů a tunelů.

Byly provedeny laboratorní a in-situ experimenty georadarem a měření rázovým zařízením FWD (zejména z hlediska hodnocení vozovek s cementobetonovým krytem).
Byl vypracován přehled zkušebních metod pro mosty.

Oblast použití

Vysokorychlostní deflektograf (TSD) není v ČR k dispozici a zatím se s ním u nás neměřilo – jeho hlavní výhodou je možnost měření za rychlostí až 90 km/h a jeho uplatnění na úrovni sítě. Domluveno bylo srovnávací měření zařízení FWD a polského HSD.

Zkušeností s hodnocením stavu vozovek s CB krytem na základě rázových zkoušek FWD moc není, jelikož se toto měření provádí především na vozovkách s AB krytem. V souvislosti se začínající modernizací dálnice D1 bude potřeba se tomu začít intenzivněji věnovat.

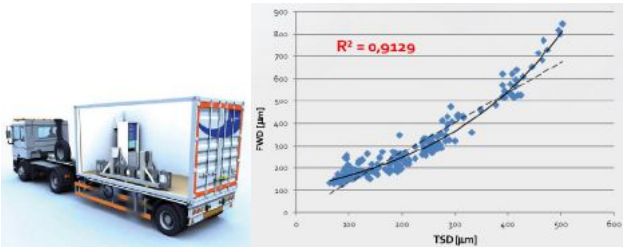
Měření odporu při odvalování pneumatik je nový parametr, který se začíná sledovat na evropské úrovni, proto je potřeba si ujasnit, jak k tomuto parametru budeme přistupovat v ČR ve vztahu k dalším proměnným parametrům povrchů vozovek. V plánu je sestavení doporučení.

Georadar a laserové skenování jsou dvě poměrně nové metody, které se začínají používat při diagnostice objektů dopravní infrastruktury, stále je ale potřeba ujasnit si limity pro použití/aplikace těchto metod a přesností, kterých mohou tyto NDT metody dosahovat. Dalším krokem je nastavení pravidel pro provádění srovnávacích měření a zanesení těchto metod do technických předpisů.

Metodika a postup řešení

Vysokorychlostní deflektograf (TSD):

- získání informací o druhé generaci tohoto zařízení a výsledcích dosavadních srovnávacích měření s FWD, viz obr. 1,
- navázání kontaktu s polským výzkumným ústavem IBDiM a domluvení srovnávacího měření na rok 2014,
- analýza současného stavu.

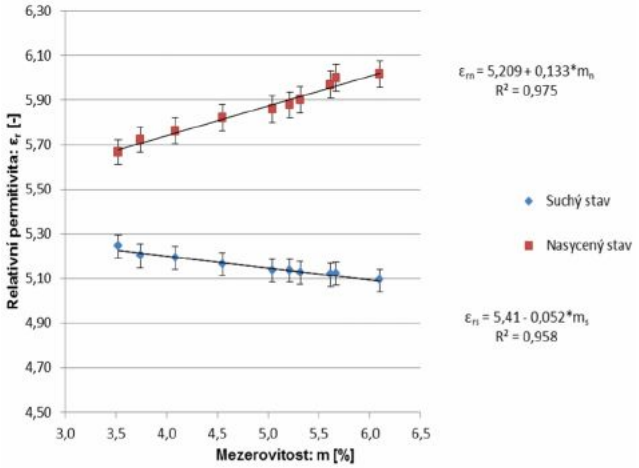


Obr. 1 TSD, korelace výsledků FWD a TSD [1]

Georadar (GPR):

- zapojení do nové akce COST TU 1208: Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar (2013-2017),
- ověřovací měření přesnosti metody a první návrh jak provádět srovnávací měření – spolupráce s ŘSD,
- laboratorní stanovení závislosti rychlosti šíření EM vln a mezerovitosti suché a nasycené asfaltové směsi, viz obr. 2,
- prezentace dosažených výsledků na konferenci NDT 2013 [2].

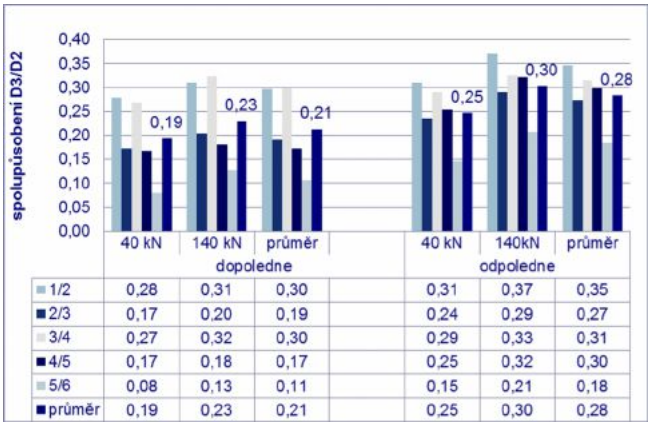
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168



Obr.2 Laboratorně stanovená závislost rychlosti šíření EM vln a mezerovitosti suché a nasycené asfaltové směsi

FWD:

- srovnávací měření – srovnání přístupů podle českých TP 207, doporučení akce COST 336 a holandského CROW,
- měření přenosu zatížení na spárách CB krytů vozovek na dálnici D1, viz obr. 3,
- informace ze sdružení: European FWD user group.



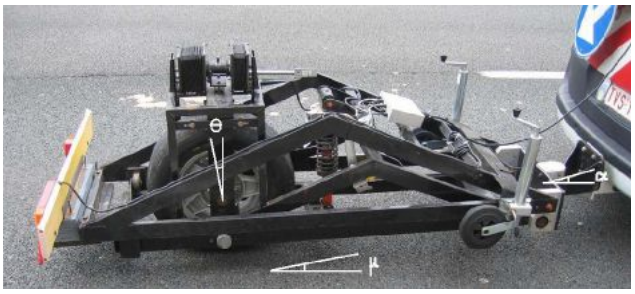
Obr.3 Přenos zatížení na příčných spárách CB krytů bez kluzných trnů – výsledky měření na dálnici D1

Měření odporu při odvalování pneumatik:

- analýza výsledků evropských projektů ECRPD, MIRIAM [4], COOEE, MIRAVEC
- 2 přístupy: výpočet hodnoty C_r (základní vzorec: $C_r = C_{r0} + C_{r1} \cdot IRI \cdot v + C_{r2} \cdot MPD$) a přímé měření hodnoty R_R měřicím zařízením (R_R - rolling resistance) – viz obr. 4,
- získány podklady z CEN, TC227, WG5: Povrchové vlastnosti vozovek – možnost zapojení se do začínajícího evropského projektu ROSANNE.

Laserové skenování

- navázání spolupráce s výzkumným ústavem VÚGTK v.v.i. pro účely ověření přesnosti měření jednotlivých typů měření – statické, stop&go, mobilní a letecké
- sběr informací, technických předpisů a výzkumných zpráv ze zahraničí [5].



Obr.4 Belgické zařízení pro měření odporu při odvalování pneumatik

Byl vypracován přehled zkušebních metod pro mosty (především NDT metod).

Výsledky

V roce 2013 byla zahájena práce na vytvoření databáze nových a progresivních diagnostických metod se vzorovými příklady jejich uplatnění. Jde o podklad pro plánovaný výstup: Metodika pro aplikaci nových a progresivních diagnostických metod na silnicích, mostech, v tunelech a na železnici, který je plánován na 6/2015.

V roce 2013 byla provedena měření především pro oblast vozovek. Některé experimenty byly provedeny v laboratoří (georadar), další měření proběhla přímo in-situ (převážně na dálnici D1). Hodně informací bylo získáno ze zahraničí (evropské projekty, akce COST, skupina CEN TC227 apod.).

Literatura

[1] AP-T246-13: State-of-the-art Traffic Speed Defelectometer Practice, Austroads technical report, 2013

[2] Matula, R., Stryk, J., Pospíšil, K. Diagnostics of Bridge Pavements by Ground Penetrating Radar. In *NDT 2013 - Nedestruktivní testování v technických oborech: sborník příspěvků*, Brno, 4. 12. 2013, pp. X, Brno: VUT – v tisku

[3] Stryk, J., Pospíšil, K., Matula, R. Possibilities of ground penetrating radar usage within acceptance tests of rigid pavements. *Journal of Applied Geophysics* (2013), pp. 11-26, DOI: 10.1016/j.jappgeo.2013.06.013

[4] MIRIAM report: Rolling Resistance – Basic Information and State-ofthe-Art on Measurement Methods, deliverable 1, 2011

[5] NCHRP Report 748: Guidelines for the Use of Mobile LIDAR in Transportation Applications, Transport Research Bord, 2013

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

MĚŘICÍ VOZIDLO OSAZENÉ RŮZNÝMI DIAGNOSTICKÝMI TECHNIKAMI PRO MĚŘENÍ PARAMETRŮ VOZOVEK A JEJICH BLÍZKÉHO OKOLÍ, MĚŘENÍ ZA VYSOKÝCH RYCHLOSTÍ

Zpracovali: Ing. Josef Stryk, Ph.D. (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.); Leoš Nekula (Měření PVV)

Souhrn

V roce 2013 se rozhodovalo o upřesnění této aktivity v souvislosti s potřebou investic a přínosem vozidla pro praxi.
Jako optimální se ukázala aktualizace měřicího vozidla TRT – současného národního referenčního zařízení pro měření součinitele tření povrchů vozovek [1]. To bude doplněno o měření makrotextury a možnost výpočtu mezinárodního indexu protismykových vlastností SRI (Skid Resistance Index) podle ČSN P CEN/TS 13036-2 [2]. Tento index objektivně stanovuje protismykové vlastnosti nezávisle na použitém měřicím zařízení.
Byly provedeny první kroky:

- dohoda s vlastníkem stávajícího TRT vozidla panem Nekulou,
- výběr nosného vozidla,
- zahájení prací na výstavbě nového vozidla – nové komponenty, návrh hydrauliky a elektroniky,
- zajištění financování z vlastních zdrojů CDV, v.v.i.

Oblast použití

TRT bylo vyvinuto v roce 1989 kolektivem vedeným Ing. A. Bazalou, CSc. z VÚD Brno, jako nástupce dynamometrického přívěsu VÚD-2.
V roce 1992 prošlo přísnou homologací mezinárodní leteckou organizací ICAO v NASA na zkušebních etalonech v USA a mělo velkou naději na rozšíření po světě, čemuž však zabránila tragická smrt autora zařízení.
Majitel stávajícího vozidla (pan Nekula) zařízení přebudoval na silniční verzi, která se používá dodnes. Na měření součinitele podélného tření f_p je založeno hodnocení a klasifikace povrchů vozovek z hlediska bezpečnosti (podle ČSN 73 6177 [3]).
V rámci projektu vznikne zcela nové zařízení. Toto zařízení bude sestaveno z nových dílů, bude možné s ním vyhodnocovat index SRI a bude možné pro další zájemce vyrobit nové zařízení – a to buď pro správce pozemních komunikací, nebo letištních ploch.

Metodika a postup řešení

Zařízení TRT bylo vybráno z důvodu výhod tohoto zařízení při měření protismykových vlastností vozovek (PVV) oproti obdobným používaným zařízením:

- hydraulicky ovládané brzdění měřicího kola umožňuje měření nejen s konstantním skluzem 25 % (silniční síť) a 13 % (vzletové a přistávací dráhy letišť), ale na rozdíl od řady zařízení, které mají skluz fixně dán také s proměnným skluzem 0-100 %, což umožňuje provádět experimentální měření pro výzkumné účely,
- hydraulicky ovládaný přítlak měřicího kola, který zajišťuje stálý kontakt měřicí pneumatiky se zkoušeným povrchem v rozmezí 700 – 1200 N; většina měřicích zařízení má přítlak pevně dán pouze zatížením vlastní vahou nápravy s měřicím kolem a na nerovnostech ztrácí kontakt se zkoušeným povrchem,
- zařízení TRT má velmi dobrou opakovatelnost výsledků měření.

Obr. 1 Stávající zařízení TRT při měření rychlostí 40-140 km/h se spuštěným měřicím kolem

S panem Nekulou byly domluveny jednotlivé kroky, které jsou potřebné pro účely kompletace nového zařízení a zajištění jeho nových funkcí.

Pořízení jednotlivých komponent zařízení zahrnuje následující položky:

Investice:

- nosné vozidlo (Ford nebo Škoda),

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

- motor Perkins (pohon hydrauliky),
- hydromotor,
- nádrž na vodu.

DDHM:
- snímač svislé a podélné síly, snímače rychlosti,
- poskládaný paralelogramový závěs,
- průmyslový počítač.

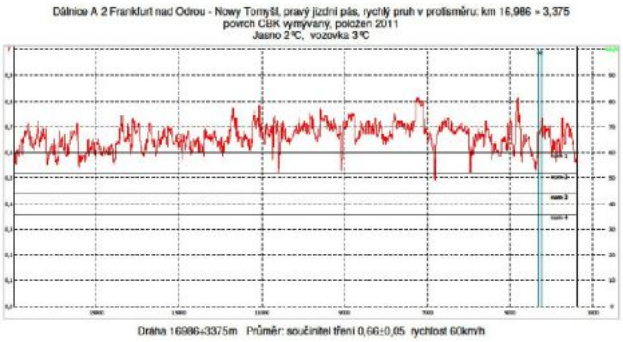
Materiál a služby:
- vývoj a návrh hydrauliky,
- vývoj a návrh elektroniky,
- přestavba vozidla,
- elektronika + výkonové prvky,
- návrh softwaru,
- výkresová dokumentace.

Obr. 2 Hydraulické ovládání stávajícího zařízení TRT, nádrž na vodu pro skrápěné povrchu vozovky

Obr. 3 Kalibrace snímače podélné síly

Na řízení a ovládání nového systému TRT se bude podílet firma Datamer spol. s r.o., lidé, kteří se podíleli na zprovoznění stávajícího zařízení TRT.

Vyhodnocení indexu protismykových vlastností SRI bude provedeno z výsledků měření součinitele podélného tření f_p, viz obr. 4, a makrotextury – hodnoty MPD podle ČSN 73 6177. Dále se počítá s vybavením vozidla videokamerou pro záznam vozovky a jejího okolí.



Obr. 4 Záznam z měření součinitele podélného tření f_p vozidlem TRT

Nové vozidlo TRT bude využíváno převážně pro výzkumné účely (měření f_p, MPD a SRI na různých typech povrchů, zkoumání vlivu pneumatik, zimní údržba apod.).

Výsledky

Výsledkem této aktivity má být měřicí vozidlo osazené různými diagnostickými technikami pro měření parametrů vozovek a jejich blízkého okolí (termín 12/2014).
Hodnocení PVV na základě výsledků měření zařízením TRT se provádí podle ČSN 73 6177 pro přejímku před uvedením do provozu, na konci záruční doby a komunikací v provozu.
Byly provedeny potřebné kroky ke kompletaci nového zařízení.

Literatura

[1] ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek

[2] ČSN P CEN/TS 15901-4 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch - Část 4: Postup pro stanovení protismykových vlastností povrchu vozovek pomocí zařízení s řízeným podélným skluzem (LFCT): Tatra Runway Tester (TRT)

[3] ČSN P CEN/TS 13036-2 Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací a letištních ploch - Zkušební metody - Část 2: Stanovení protismykových vlastností povrchu vozovky pomocí dynamických měřicích zařízení

[4] Šachlová, Z., Michková, V. Protismykové vlastnosti vozovek. *Silniční obzor*, 2012, roč. 73, č. 12, s. 339-344. ISSN 0322-7154

[5] Nekula, L. Harmonizace měřicích zařízení na zjišťování povrchových vlastností vozovek v České republice a v Evropské unii, 37 p.

[6] Nekula, L. Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací. In *Silnice, mosty*, příspěvky v letech 2010 - 2013

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

DATABÁZE VZOROVÝCH ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ VÁŽENÍ VOZIDEL ZA POHYBU (WIM) A ZPŮSOBU JEJICH UPLATNĚNÍ

Zpracovali: doc. Ing. Emil Doupal, CSc., Ing. Jiří Novotný (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

V rámci prací na vytvoření databáze vzorových řešení systémů vážení vozidel za pohybu (WIM) a způsobu jejich uplatnění bylo přistoupeno k shromáždění evropských a národních předpisů a norem pro vážení v klidu a za pohybu. V současné době jde především o analýzy předpisů zemí EU a Švýcarska.
Byl zpracován první návrh verze textu metodiky pro navržení a provoz systémů vážení vozidel za pohybu pro silnice, mosty a tunely, která je současně ověřována na komunikaci I/52.

Oblast použití

Výsledek řešení této etapy bude možné následně využít při:

- uplatnění na stávajících a budoucích pozemních komunikacích,
- plánování budoucí silniční sítě,
- snížení nákladů na opravy a údržbu komunikací,
- snížení nehod a kongescí,
- snížení následků dopravních nehod.

To znamená, že bude možné ho uplatnit pro účely:

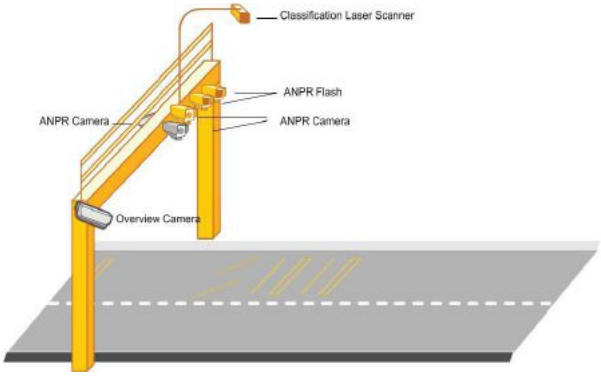
- Ministerstva dopravy ČR – k automatickému sledování těžké nákladní dopravy na silniční síti ČR.
- Ředitelství silnic a dálnic ČR – možnost využití propojení WIM s mýtným systémem.
- Policie ČR a celní úřady ČR – k automatickému postihu přestupců, překračujících povolené hmotnosti, bez nutnosti jejich zastavení; současně také k úspoře nákladů.
- Vysoké školy a university – možnost využití ke zkvalitnění výuky a vzdělávání studentů.

Metodika a postup řešení

Prvním krokem je vytvoření databáze vzorových řešení systémů vážení vozidel za pohybu (WIM) a způsobu jejich uplatnění, na kterém se začalo pracovat. Byla provedena analýza různých systémů, které se používají.

Stanice WIM (Weigh In Motion) provádí záznam následujících informací o všech vozidlech:

- pořadové číslo vozidla,
- datum a přesný čas průjezdu vozidla,
- celkovou délku vozidla,
- rychlost vozidla,
- třídu respektive kategorii vozidla (dle siluety),
- vzdálenost jednotlivých náprav vozidla,
- celkovou délku vozidla,
- vzdálenost mezi následujícími vozidly,
- hmotnost jednotlivých náprav,
- hmotnost skupin náprav,
- celkovou hmotnost vozidla,
- validitu měření.



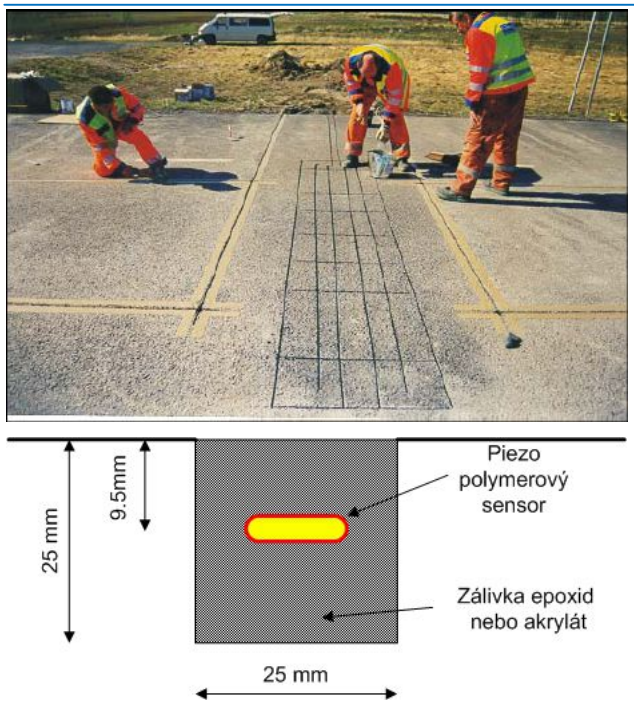
Obr. 1 Konfigurace systému WIM - Kombinace intrusivních a neintrusivních technologií

Vlastní metodika bude rozdělena podle umístění vah na systém vážení pro silnice, mosty a tunely. Metodika obsahuje detailní požadavky na:

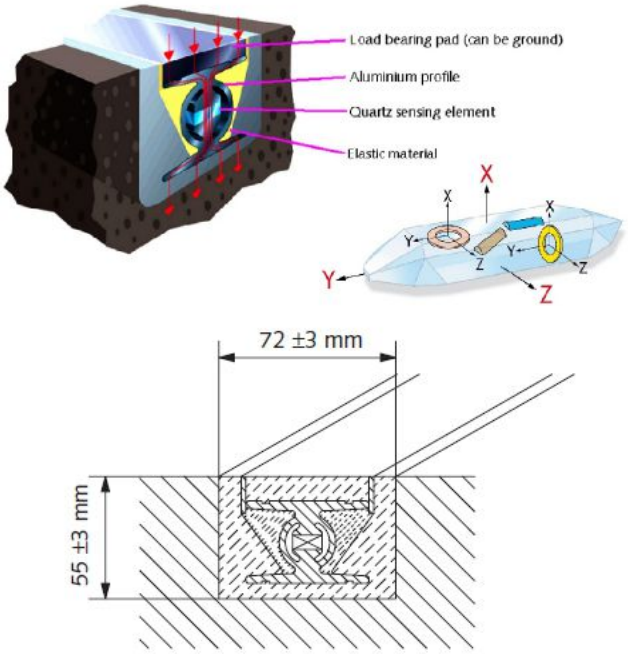
- umístění vysokorychlostních vah (geometrie a charakteristika vozovky),
- podmínky instalace vah a postup řešení.

Byly zahájeny práce na vzorových listech systému WIM pro jednotlivé standardní a speciální aplikace v podmínkách ČR. Tyto práce budou dokončeny v souladu s plánem. Do vzorového řešení budou zapracovány nové poznatky získané v průběhu prací na projektu a také poznatky z evropského projektu COST 323 (European cooperation in the field of scientific and technical research) s názvem „European specification on Weigh-in Motion of road vehicles“.

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



Obr. 2 Senzory pro WIM: Piezo – polymer, tenzometry



Obr. 3 Senzory pro WIM: Křemen SiO_2

Návrh pro státy EU, který z tohoto projektu vychází, byl předložen k posouzení. V rámci sdružení FEHRL (Forum of European Highway and Road Laboratories) probíhá ve skupině expertů příprava podkladů pro evropský standard WIM.

Vzorový systém vážení vozidel za pohybu (WIM) na vybraném úseku vozovky byl aplikován při zprovoznění stanice WIM I/52 Modřická.
S výsledky vzorových řešení systému vážení vozidel za pohybu byli na semináři seznámeni zástupci Ředitelství silnic a dálnic ČR a zástupci dopravců (ČESMAD).

Přesnost měření WIM ovlivňují následujícími faktory:

- geometrické prvky silnice: podélný sklon, příčný sklon a poloměry oblouků,
- povrchové vlastnosti vozovek: rovinatost, vyjeté koleje a další povrchové poruchy,
- únosnost vozovek (průhyb),
- skladba konstrukce vozovky (tuhost),
- přesnost měřicího systému WIM,
- dynamický vliv vozidla.

Také povrchové vlastnosti vozovek jako například vyjeté koleje a nerovnosti vozovky negativně ovlivňují dynamiku jízdy vozidel a tím i přesnost měření WIM stanic. V důsledku změn povrchových vlastností vozovek v čase mohou být ovlivněny jak signály senzorů WIM, tak jejich kalibrační faktory a v jejich důsledku jsou pak výsledky měření hmotností zkresleny.

Výsledky

Omezujícími faktory umístění stanic WIM jsou úseky s častou akcelerací, decelerací nebo předjížděním vozidel. Tyto úseky jsou zejména v blízkosti vjezdů a výjezdů na silniční komunikaci, stejně tak jako před a po silničních úsecích s omezenou rychlostí.

Dobrou možnost instalace stanic WIM poskytují tunely v důsledku omezené rychlosti a předjížděcích manévrů. Další výhodou tunelů je poměrně stabilní teplota a ochrana stanice WIM před povětrnostními vlivy.

Silniční úseky s častými dopravními zácpami nejsou pro výběr místa stanice WIM vhodné.

Literatura

[1] E. Doupal, R. Calderara - 5th International conference of Weigh in Motion, HV Paris 2008, May 19-22 2008, Combined LS & HS WIM Systems for Law Enforcement and Toll Road Applications.

[2] Emil Doupal, David Cornu, Ivan Kriz - 1st International seminar of Weigh in Motion, April 3-7 2011, Florianopolis, Santa Katharina, Brasil, Base for enforcement WIM systems.

[3] Emil Doupal, David Cornu, Ivan Kriz, Radomir Stamberg - 6th International conference of Weigh in Motion, ICWIM6, June 4-7 2012, Dallas, Texas, USA, One year "WIM direct enforcement" experiences in Czech Republic.

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

VZOROVÝ SYSTÉM VÁŽENÍ VOZIDEL ZA POHYBU (WIM) NA VYBRANÉM ÚSEKU VOZOVKY

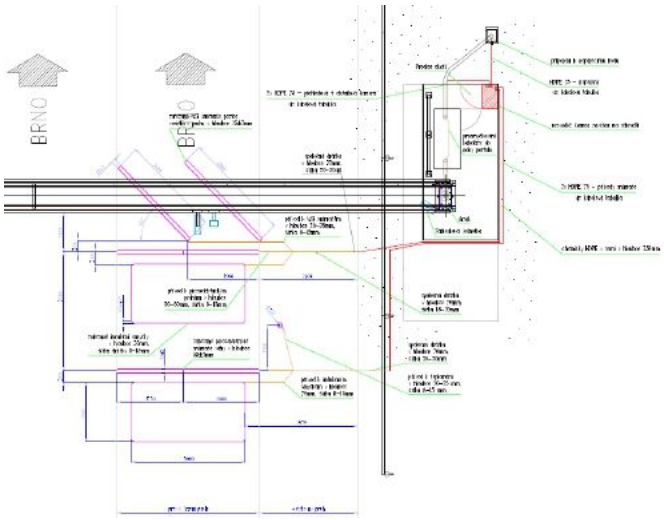
Zpracovali: doc. Ing. Emil Doupal, CSc., Ing. Jiří Novotný (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

V roce 2013 byly v souladu s plánem projektu řešeny následující aktivity:

- byla vytipována místa vhodná pro instalaci vážícího systému na komunikaci I/52 Modřická; jedná se o čtyřpruhovou komunikaci na trase Mikulov – Brno,

- byl navázán kontakt a následně i spolupráce s partnery (investor x projektant x zhotovitel), kteří budou spolupracovat nejen při realizaci vlastní měřící stanice, ale také při provádění měření,
- CDV navrhlo technické a realizační řešení této části projektu.



Oblast použití

Systém WIM umožní:

- získat informace o dopravním proudu vozidel,
- redukci nepřiměřené degradace silniční infrastruktury,
- redukci oprav silnic,
- snížení počtu nehod způsobených přetíženými vozidly,
- odstranit nekalou soutěž mezi dopravci.

Tyto skutečnosti pak bude možné následně využít při:

- plánování budoucí silniční sítě,
- snížení nákladů na opravy a údržbu komunikací,
- snížení nehod a kongescí,
- snížení následků dopravních nehod.

Realizované systémy vážení vozidel za pohybu budou také využity jako další podklad pro úspěšné sestavení metodiky pro navržení a provoz systémů vážení vozidel za pohybu na objektech dopravní infrastruktury.
Dále budou využity pro seznámení studentů VUT Brno a ČVUT Praha s nejnovějšími technologiemi pro vážení vozidel za pohybu.

Metodika a postup řešení

Postup prací v roce 2013 byl u jednotlivých aktivit následující:

a) vytipování míst vhodných pro realizaci vážícího systému
V rámci řešení projektu byly vybrány dvě lokality vhodné k osazení vysokorychlostními vážícími systémy: I/52 Modřická, čtyřpruhová komunikace Mikulov – Brno. Systém WIM byl osazen v pomalém jízdním pruhu ve směru do Brna. Systém je propojen s existujícím mýtným systémem Kapsch a je kompletně vybaven zařízením pro Enforcement:

- Neintrusivní: (kamerový systém pro záznam registračních značek vozidel, skener SICK pro měření siluety profilu vozidla – výška, šířka délka a třída vozidla; přehledová kamera se záznamem dvou třetin čela vozidla a jedné třetiny boku vozidla.

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

- Intrusivní: indukční smyčky, křemenné vážní senzory typu Lineas, senzory MSI pro detekci polohy vozidla v jízdním pruhu a rozlišení dvojmontáže, teplotní senzor pro měření teploty krytu vozovky silniční komunikace v místě vážních senzorů.
  Elektonický měřící a záznamový systém byl dodán firmou Camea s.r.o. Brno.
  Stanice WIM je propojena v režimu on-line do centrálního serveru.

b) nalezení partnerů (investor x projektant x zhotovitel):

- Ředitelství silnic a dálnic ČR – Praha,
- Kapsch,
- Camea Brno,
- Policie České republiky,
- Centrum služeb pro silniční dopravu (CSPSD),
- Sdružení automobilových dopravců ČESMAD BOHEMIA.

c) Výběr řešení vhodného pro konkrétní situaci, návrh technického a realizačního řešení pro projekt byl zpracován CDV v.v.i.

d) Asistence při jednotlivých krocích přípravy a realizace stavby,
CDV v.v.i. provedlo následující kroky: projektová příprava, technický dozor při instalaci systému a jeho kalibraci, periodická ověřování přesnosti měření ve spolupráci s Policií ČR a CSPSD.

e) Podrobné zdokumentování jednotlivých kroků.
Všechny výše uvedené kroky byly detailně dokumentovány formou instalačních a kalibračních protokolů a vyhodnocení jednotlivých kontrolních měření.
Tímto způsobem byly získány údaje potřebné pro řešení.
Poznatky získané při dosažení dílčích cílů 6.2.1 a 6.2.2 budou využity pro realizaci dílčího výstupu: Metodika pro navržení a provoz systémů vážení vozidel za pohybu pro silnice, mosty a tunely.

Výsledky

Realizace vzorové stanice WIM s mýtným systémem.

Periodické provádění kontrolních měření a analýza výsledků.

Během 5 měsíců pilotního projektu byla shromážděna naměřená data celkem 266 548 vozidel nad 3,5 tuny s následujícím rozložením v jednotlivých kategoriích:

3,5 t – 7 t	51 577
7,5 t – 12 t	33 444
> 12 t	181 437

Přetížených vozidel bylo celkem 4 354 (1,65 % všech vážených), z toho 3 230 pouze na nápravu (u 65 % z nich přetížená skupina náprav) a 1 149 na celkovou hmotnost.

68 % vozidel bylo zváženo se 100% validitou.

32 % nevalidních měření bylo způsobeno jednak tím, že některá vozidla, ať již úmyslně nebo neúmyslně, vjíždějí jednou stopou do odstavného nebo naopak levého pruhu, který v tomto pilotním projektu není osazen vážními senzory.

Literatura

[1] E. Doupal, R. Calderara - 5th International conference of Weigh in Motion, HV Paris 2008, May 19-22 2008, Combined LS & HS WIM Systems for Law Enforcement and Toll Road Applications.

[2] Emil Doupal, David Cornu, Ivan Kriz - 1st International seminar of Weigh in Motion, April 3-7 2011, Florianopolis, Santa Katharina, Brasil, Base for enforcement WIM systems.

[3] Emil Doupal, David Cornu, Ivan Kriz, Radomir Stamberg - 6th International conference of Weigh in Motion, ICWIM6, June 4-7 2012, Dallas, Texas, USA, One year "WIM direct enforcement" experiences in the Czech Republic.

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.)

Souhrn

V roce 2013 se začala vytvářet databáze systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění. Týkalo se to především vozovek a železobetonových konstrukcí.
Šlo o následující kroky:

- vytvoření přehledu používaných snímačů pro sledování provozu a jeho intenzity, klimatických vlivů a odezvy/chování konstrukce,
- popis systémů používaných v laboratorních podmínkách (zkušební dráhy, zkušební úseky vozovek) a in-situ,
- zkoumání vývoje teplot vozovek s různým krytem v různých hloubkách,
- ověřování použití tenzometrů při zatěžování železobetonových zkušebních trámců v laboratorních podmínkách,
- měření rázovým zařízením ve Francii na zkušebních úsecích vozovek osazených různými snímači,
- zahájení doktorského studia Ing. Groška na téma: Moderní cementobetonové kryty vozovek pozemních komunikací, kde se počítá s využitím zabudovaných snímačů na zkušebních úsecích vozovek.

Tyto práce povedou k naplnění databáze, jejíž dokončení je plánováno na červen 2015.

Oblast použití

Sestavovaná databáze poskytne informace o jednotlivých snímačích používaných u nás a v zahraničí, jejich životnosti, spolehlivosti a vhodnosti pro konkrétní použití při jejich osazování do konstrukcí dopravní infrastruktury, a to za účelem monitorování stavu těchto konstrukcí a sledování dalších parametrů.

Zdokumentované vzorové příklady uplatnění jednotlivých systémů kontinuálního monitorování umožní v budoucnosti navrhnout optimálněji nové systémy, které kombinují sledování různých vlivů.

Na jednom místě bude možné získat informace o nedávných i dříve realizovaných systémech, dosažených výsledcích a jejich přínosu.

Metodika a postup řešení

Byly zmapovány jednotlivé používané snímače, které se nejčastěji používají při monitorování stavu vozovek:

- provoz, intenzity – kamery, indukční smyčky, vážení za pohybu (WIM),
- klimatické vlivy – meteostanice,
- odezva/chování konstrukce:
  - teploty,
  - deformace,
  - napětí,
  - vlhkost podloží,
  - měření výšky hladiny podzemní vody.

Následně byly sbírány informace o systémech monitorování vozovek v laboratorních podmínkách a in-situ.

V laboratorních podmínkách se snímače využívají především v rámci tzv. zařízení pro zrychlené zatěžovací zkoušky vozovek (ALT: accelerating load testing). Tyto dráhy a způsob jejich uplatnění byly popsány v rámci akce COST 347 [1]. Způsob zatěžování je převážně kolem nebo pulzním zařízením, jako např. v německém výzkumném ústavu BASt, viz. obr. 1. Laboratorní geotechnické zkušební pole v CDV využívá obdobný systém pro cyklické zatěžování. V ČR není k dispozici žádné klasické ALT zařízení.

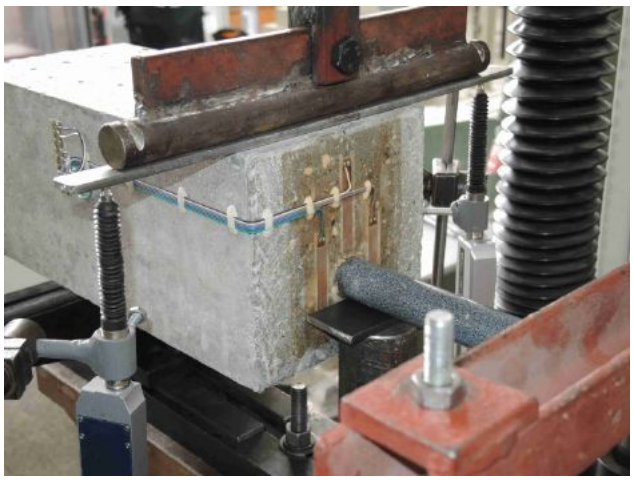
Obr. 1 Hydraulický pulzátor v ALT zařízení v německém výzkumném ústavu BASt [1]

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

Zkušební úseky vozovek, které jsou zřizovány in-situ a do nichž se zabudovávají snímače, nejsou tak časté a zpravidla nemají životnost delší než několik let. Jedním takovým příkladem byla stanice Footprint na dálnici A1 Schafisheim, Švýcarsko. Zde byly mimo systému WIM osazeny snímače teploty, deformace, vlhkosti, hluku a vibrací [2].

V rámci diagnostiky konstrukcí je potřeba znát vývoj teplot v konstrukci vozovek, z toho důvodu byl proveden sběr údajů o úsecích, kde se tato měření prováděla pomocí zabudovaných snímačů a k jakým teplotním spádům dochází u asfaltových a cementobetonových krytů vozovek v ČR. Toto má návaznost také na problematiku zimní údržby vozovek [3].

Byla provedena sada měření na železobetonových zkušebních trámcích v laboratorních podmínkách, které byly osazeny tenzometry v okolí zabudované výztuže, viz obr. 2. Šlo o simulaci zatěžování desek CB krytu vozovky. Výsledky byly ověřeny na základě výpočtů metodou MKP, které byly provedeny v rámci jiného projektu. V této souvislosti bylo zahájeno doktorské studium Ing. Groška na téma: Moderní cementobetonové kryty vozovek pozemních komunikací, kde se počítá s využitím zabudovaných snímačů na zkušebních úsecích vozovek.

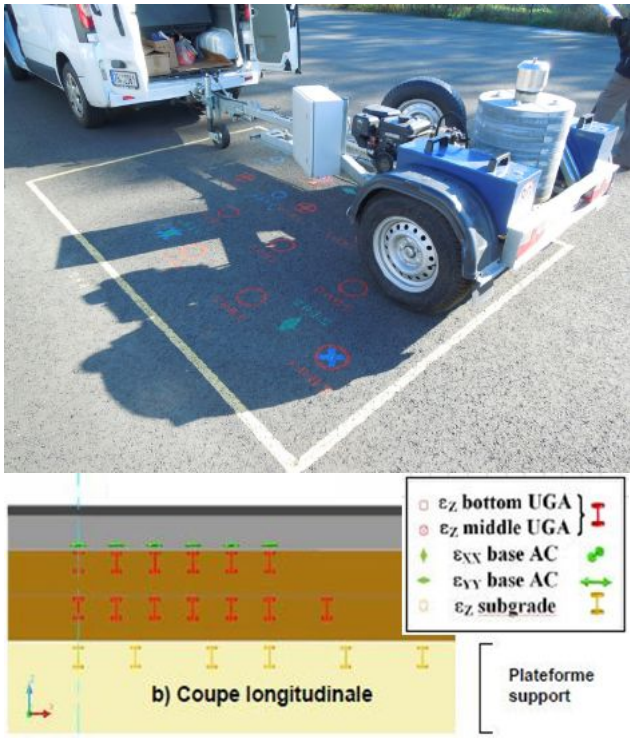


Obr. 2 Zatěžování železobetonových trámců s osazenými tenzometry v laboratorních podmínkách

Další aktivitou byla účast na měření na zkušebních úsecích ve Francii na STAC: Servisním středisku pro civilní letectví. Zkušební úseky vozovek zde byly osazeny snímači:

- poměrného protažení na spodním líci asfaltových vrstev (podélný a příčný směr),
- poměrné tlakové deformace na povrchu podloží, horním a spodním líci nestmelené vrstvy.

Zatěžování bylo prováděno rázovými zařízeními FWD, z nichž jedno bylo z CDV. Nejdříve proběhlo ověření na siloměru osazeném do vozovky – srovnání průhybu na středovém snímači FWD se záznam ze zabudovaného siloměru, následně se provádělo měření nad vybranými snímači, viz obr. 3. Výsledky budou využity při dalších experimentech a při přípravě vzorového systému kontinuálního monitorování vozovek – viz samostatný technický list 6.3.2.



Obr. 3 Měření na zkušebních úsecích vozovek ve Francii (STAC - Servce technique de l´ aviation civile) [4]

Výsledky

V roce 2013 byla zahájena práce na vytvoření databáze systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění. Jde o podklad pro plánovaný výstup: Metodika pro navržení a provoz systémů kontinuálního monitorování silnic, mostů a tunelů, který je plánován na 12/2015.

V roce 2013 byla provedena měření především pro oblast vozovek - ověřování použití tenzometrů a měření rázovým zařízením ve Francii.

Literatura

[1] COST 347: Pavement research with accelerated loading testing facilities, final report, 2005

[2] FOOTPRINT, zpráva o řešení, 2008

[3] COST 353: Winter Service Strategies for Increased European Road Safety, final report, 2008

[4] Manuel technique de la planche instrumentée du STAC, 2012

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. Vladimír Chupík, CSc., Ing. Jiří Grošek, Ing. Josef Stryk, Ph.D., Ing. Radek Matula (Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.)

Souhrn

V roce 2013 se provedly první kroky směřující k vybudování zkušebního úseku na vozovce vystavené provozu, které je plánováno v roce 2015. Šlo o následující činnosti:

- sběr údajů ke zkušebním úsekům vozovek realizovaným in-situ,
- vyzkoušení různých typů tenzometrů,
- měření teplot na zkušebních úsecích 4 vozovek v areálu CDV,
- ověřovací osazení tenzometrů do zkušebního úseku s cementobetonovým krytem, který byl vybudován v areálu firmy FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s.

Oblast použití

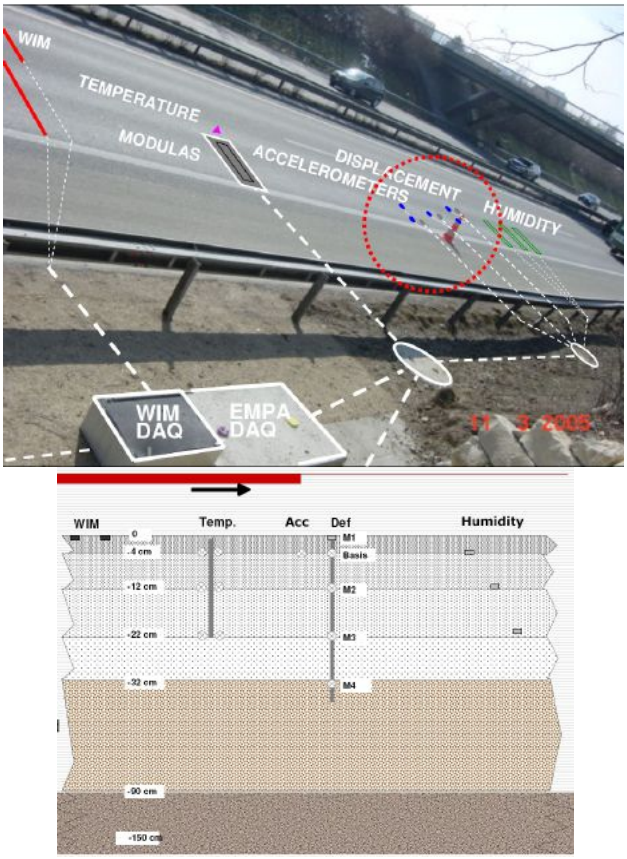
Výše uvedené činnosti vedou k tomu, aby byl navržen optimální způsob osazení snímačů do vozovky, která je vystavena skutečnému provozu. V současné době se počítá s tím, že by šlo o vozovku s cementobetonovým krytem, tedy na dálnici nebo rychlostní silnici. V roce 2014 se začne domlouvat na ŘSD konkrétní úsek a další náležitosti.

Metodika a postup řešení

Tato aktivita úzce navazuje na aktivitu: Databáze vzorových řešení systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění.

Zkušební úseky vozovek, které jsou zřizovány in-situ a do nichž se zabudovávají snímače, nejsou tak časté a zpravidla nemají životnost delší než několik let.

Na obr. 1 je uvedena jako vzorová stanice Footprint na dálnici A1 Schafisheim, Švýcarsko. Zde byly mimo systému WIM osazeny snímače teploty, deformace, vlhkosti, hluku a vibrací [1]. V posledních letech probíhá rozsáhlá výstavba vozovek s CB kryty v Polsku, kde se testuje možné osazení tenzometrů do CB krytů na trámcích v laboratorních podmínkách [2]. Byl navázán kontakt s Ing. Andreou Zuzulovou, Ph.D., která pod vedením prof. Szydła tyto zkoušky zajišťuje. Dále byly získány informace z probíhajícícho evropského projektu TRIMM, který řeší také pokročilé techniky monitorování stavu vozovek [3].



Obr. 1 Stanice Footprint dálnice A1 Schafisheim, Švýcarsko – foto a řez s rozmístěním snímačů [1]

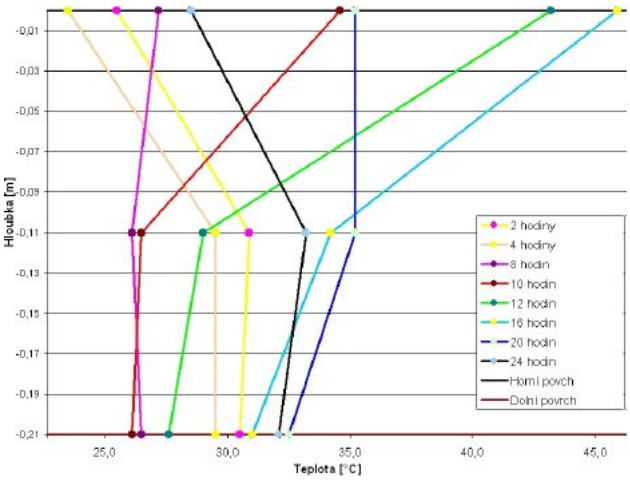
Na zkušebních úsecích 4 vozovek (kryt: AC, PA, CB a dlažba) v areálu CDV pokračoval po celý rok 2013 sběr hodnot z teplotních snímačů umístěných ve 3 hloubkách. Klasický příklad vývoje teplot v cementobetonovém krytu v průběhu letního slunečného dne je uveden na obr. 2.

V laboratorních podmínkách byly vyzkoušeny nejdříve lepené odporové tenzometry, které jsou ale náchylné k mechanickému poškození a vadí jim vlhkost [4].

Proto byly v dalším kroku pořízeny snímače s dlouhou životností, které jsou vhodné pro

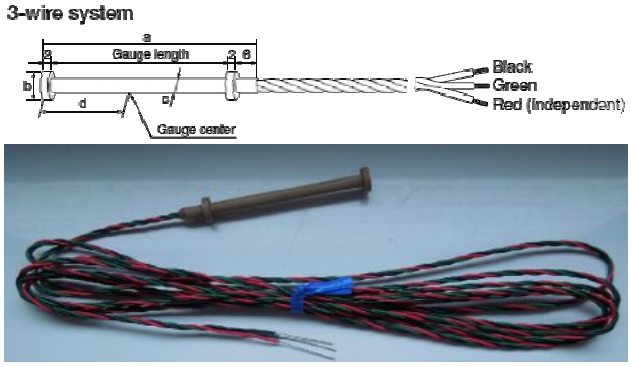
Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č.TE01020168

zabudování do betonu. Pro první ověřovací měření bylo provedeno zabetonování do zkušebního úseku, který se zřizoval v areálu firmy FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s. v listopadu 2013. Konkrétně šlo o nevyztužený cementobetonový kryt se spárami, který je osazen kluznými trny a kotvami.



Obr. 2 Vývoj teplotního gradientu v CB krytu v průběhu letního slunečného dne

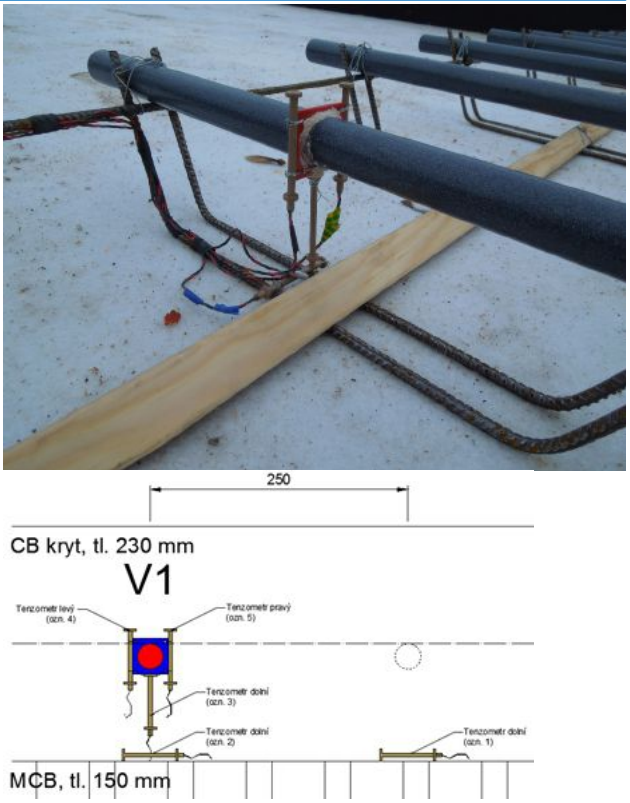
Pro měření byl vybrán tenzometr s označením PMFL-50-2LT [5], viz obr. 3. Pět těchto snímačů jsme nainstalovali do oblasti, kde vznikají kritická napětí (do blízkosti kluzného trnu, který byl osazen na armokoš) a také na spodní líc cementobetonového krytu, viz obr. 4.



Obr. 3 Tenzometr s označením PMFL-50-2LT, vhodný do betonových konstrukcí [5]

Zatěžování tohoto zkušebního úseku v místě příčné spáry bylo prováděno prostřednictvím rázového zařízení FWD pro sílu v rozsahu 40 – 120 kN.

Zkušenosti z výše uvedených průzkumů a měření budou promítnuty do návrhu nového místa pro kontinuální monitorování stavu vozovky. Jako ideální se jeví umístění v blízkosti meteostanice a kamerového systému z důvodu zajištění bezpečnosti a záznamu dalších hodnot, které mohou být využity. Mimo snímačů napětí, deformace a teploty se počítá se sledováním vlhkosti, smršťování betonu a hladiny podzemní vody.



Obr. 4 Foto a řez s rozmístěním tenzometrů v CB krytu na zkušebním úseku v areálu firmy FIRESTA-Fišer, rekonstrukce, stavby a.s. [6]

Výsledky

Tato aktivita úzce navazuje na aktivitu: Databáze vzorových řešení systémů kontinuálního monitorování se vzorovými příklady jejich uplatnění. Do konce roku 2015 bude vybudován vzorový systém kontinuálního monitorování vybraného úseku vozovky pozemní komunikace.

Byly provedeny potřebné kroky k dosažení tohoto cíle ve stanoveném termínu. Byla navázána spolupráce s výzkumníky z Polska, Slovenska a Švýcarska.

Literatura

[1] FOOTPRINT, zpráva o řešení, 2008

[2] Szydło, A. Experience with concrete pavements in Poland. In *Betónové vozovky 2012 : sborník příspěvků*, p. 47-65., 2012

[3] TRIMM: Tomorrow‘s road infrastructure monitoring and management. WP4 - Advanced Road Monitoring Techniques (FP7, 2011-2013) http://trimm.fehrl.org

[4] Dehnungsmessstreifen Vollendete Präzision von HBM, 2013

[5] Strain gauges catalogue, Tokyo Sokki Kenkyujo Co., Ltd., 2013

[6] Projektová dokumentace – zkušební úsek v areálu firmy Firesta, 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 Horová, prof. Ing. František Wald, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Modelování šíření ohně a toxických plynů při haváriích v tunelech umožňuje připravit a ověřit modely bezpečné evakuace osob. Složitý a vysoce komplexní problém šíření ohně a plynů v tunelu lze řešit metodou dynamické analýzy plynů (CFD). Pomocí software FDS (Fire Dynamic Simulator) [1], který využívá CFD metodu, lze simulovat rozvrstvení teploty a toxických plynů při požáru, které se spolu s viditelností považují za nejdůležitější parametry ovlivňující bezpečnost osob při haváriích v tunelech.

Oblast použití

Nové poznatky získané při řešení této problematiky umožní vypracování pokročilých simulací evakuace při požárech v tunelech, které jsou dílčím cílem 6.4.2. Konečným výstupem bude metodika pro strategie bezpečné evakuace implementovaná do českého normativního prostředí v oblasti bezpečnosti dopravy v tunelech.

Metodika a postup řešení

Sběrem dostupné tuzemské i zahraniční literatury byl popsán současný stav problematiky modelování šíření požáru a toxických látek v tunelech.

Dynamiku plynů při požáru v tunelech lze stejně jako při požáru v budovách popsat pomocí tří fází: fází rozvoje, fází ustáleného hoření a fází útlumu. Tyto fáze jsou ovlivněny množstvím paliva, ventilačními podmínkami, geometrií a konstrukčním provedením tunelu.

Díky velkým tepleným ztrátám do okolních konstrukcí a úniku horkých plynů směrem k portálům v tunelech na rozdíl od požáru v uzavřeném prostoru nedochází k celkovému vzplanutí (tzv. flashoveru). Flashover může naopak snadno nastat v uzavřených prostorech vlakových vagónů či v kabinách vozidel. Vlivem velkého množství vzduchu přistupujícímu k hoření v důsledku přirozeného či nuceného větrání v tunelech dochází téměř vždy k požáru řízenému palivem. Požár řízený ventilací byl zaznamenán pouze v několika případech, kdy plameny pohltily více dopravních prostředků – např. požár v tunelu Mont Blanc, Taury v roce 1999 (v plamenech 18 nákladních vozidel, 9 osobních vozidel, 1 dodávka a 1 motocykl – odhadem 190 MW, teploty více než 1000 °C, [2]) a požár v tunelu St. Gotthard, Švýcarsko, 2001 (23 vozidel v plamenech) [3].

Ve fázi útlumu oheň uhasíná převážně kvůli nedostatku paliva, zřídkakdy přechází k požáru řízenému ventilací. V případě řízení ventilací dojde podle [4] k uhasnutí požáru při snížení obsahu kyslíku ve vzduchu na 13 %. Podle [5] vysoké proudění a tepelný tok odrážející se od okolních konstrukcí zpět k palivu způsobuje až čtyřnásobné uvolnění tepla při hoření v porovnání s hořením v otevřeném prostoru. Při rychlosti proudění 10 m/s může hodnota uvolněné energie dosáhnout až desetinásobku energie uvolněné v otevřeném prostoru.

S rozvojem požáru v tunelu dochází ke změnám proudění plynů, které ovlivňují formování a směr pohybu horké podstropní vrstvy zplodin. Horká vrstva plynů nashromážděná pod stropem tunelu je ovlivněna velikostí požáru, způsobem větrání a výškou tunelu. V případě nízké rychlosti proudění vzduchu (0 – 1 m/s, většinou přirozeného větrání) se vrstva šíří na obě strany tunelu od ohniska téměř rovnoměrně – obr. 1a. Při zvýšení rychlosti proudění k hranici 1 m/s dochází ve vzdálenosti přibližně sedmnáctinásobku výšky tunelu k obrácení zpětného tahu kouře směrem ke zdroji hoření – obr. 1b. Při střední rychlosti vzduchu (1 – 3 m/s) dochází ke zkrácení vrstvy kouře zpětného tahu na délku nula až sedmnáctinásobek výšky tunelu – obr. 1c. Vysoká rychlost proudění vzduchu (více než 3 m/s, nucené větrání) způsobuje pohyb kouřové vrstvy zejména ve směru proudění – obr. 1d. Rychlost proudění, při které je zpětný tah kouře nulový, se nazývá kritická rychlost.

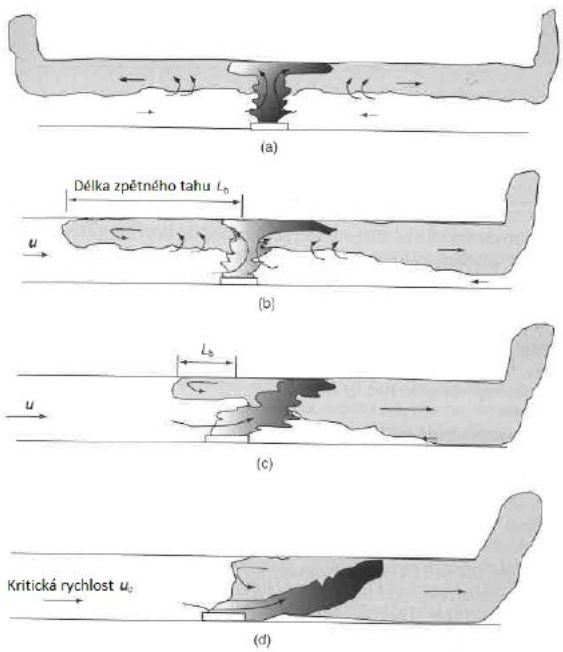
Teplota plynu a rozvrstvení toxických plynů při požáru spolu s viditelností jsou klasifikovány jako nejdůležitější parametry ovlivňující bezpečnost osob při haváriích v tunelech. Tyto parametry, stejně jako délku plamene pod stropem tunelu, kterou je nutné znát k posouzení šíření požáru mezi více vozidly, lze

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

vypočítat podle jednoduchých empirických vztahů. Cílem je však určit přesné chování požáru a šíření toxických látek v tunelu, které odpovídá skutečnosti.

K simulaci hoření v tunelech lze využít metodu dynamické analýzy plynů (CFD). Software FDS [1], který byl vybrán pro řešení problematiky je na základě CFD metody založen na výpočtech rovnic zachování a přenosu energie, hmoty a hybnosti v každém z kontrolních objemů (metoda konečných objemů). Řešením Navier-Stokesových rovnic pro nestacionární proudění s ohledem na přenos tepla a kouře lze popsat výše zmíněné hledané veličiny. Míra přesnosti předpovědi šíření požáru závisí na správnosti veličin vstupujících do výpočtu. Výběru geometrie objektu, materiálových charakteristik, kinetice spalování a dalším okrajových podmínkách je proto věnována velká pozornost. Rychlosti uvolňování tepla objektů, které mohou v tunelech hořet, pocházejí z experimentálních studií požáru v tunelu popsaných v literatuře.

Výstupem numerických simulací se předpokládají následující veličiny: teploty plynu, rychlosti proudění, koncentrace CO_2, CO, N_2 a vodních par, koncentrace kouře, tlak, rychlost uvolňování tepla. V rámci modelování se plánuje studie vlivu okrajových podmínek na výsledky, vlivu umístění a velikosti zdroje zapálení na výsledky, vlivu velikosti buněk sítě na výsledky a studie šíření požáru mezi hořlavými objekty. K ověření správnosti výpočtů se plánuje využít verifikaci modelu v softwaru SmartFire [6]. Validace modelu bude provedena na základě experimentálních dat z literatury.



Obr. 1 Schéma šíření kouře v závislosti na rychlosti proudění vzduchu v tunelu: a) nízká rychlost proudění (0 – 0,3 m/s), b) proudění na hranici nízké rychlosti (1 m/s), c) střední rychlost proudění (1 – 3 m/s), d) vysoká rychlost proudění (více než 3 m/s) [7].

Výsledky

V uplynulém roce byla nastudována tuzemská i zahraniční literatura popisující historii požárů při haváriích v tunelech, požární zkoušky v tunelech, možnosti vybavení tunelů pasivními a aktivními prvky protipožární ochrany, větrání v tunelech, lidské chování a nouzové záchranné postupy v případě požáru v tunelech. Problematika dynamiky požáru a šíření toxických látek v tunelech byla shrnuta v odborné studii. Na základě popsaných vědomostí byl pro výpočet modelů vybrán software FDS, který je schopen řešit teploty a rozvrstvení toxických plynů při požární situaci. V závislosti na přesnosti předpovědi havarijních scénářů byla stanovena míra přesnosti vstupů potřebných pro výpočet. Z požárních experimentů popsaných v zahraniční literatuře byly vybrány rychlosti uvolňování tepla pro objekty, které se mohou v tunelech vyskytovat a účastnit se procesu hoření.

Literatura

[1] McGrattan, K., Hostinka, S., Floyd, J., Baum, H., Rehm, R., *Fire Dynamics Simulator (Version 5), Technical Reference Guide*, NIST Special Publication 1018-5, p. 86, October 2007, U.S. Government Printing Office, Washington, 2007.

[2] Lacroix, D., The Mont Blanc Tunnel Fire: what happened and what has been learned. *Proceedings of the 4th International conference on Safety in Road and Rail Tunnels*, Madrid, Spain, 2001, pp. 3-16.

[3] Turner, S., St. Gotthard Tunnel Fire. *New Civil Engineer* 1 November: 5 – 7, 2001.

[4] Beyler, C., Flammability limits of premixed and diffusion flames, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd ed. National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995, pp. 2-147-160.

[5] Carvel, R., Beard, A., Jowitt, P., Drysdale, D., Variation of heat release rate with forced longitudinal ventilation for vehicles in tunnels, *Fire Safety Journal* 36 (6): 569-596.

[6] Ewer, J., Jia, F., Grandison, A., Galea, E., Patel, M., *SmartFire – User guide and technical manual*, Smartfire tutorials, March 2013.

[7] Beard, A., Carvel, R., et al., *Handbook of Tunnel Fire Safety*, ICE Publishing, Second edition, 2005.

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

Zpracovali: Ing. Iva Krčmová, Mgr. Tomáš Apeltauer a kol. (Fakulta stavební VUT v Brně)

Souhrn

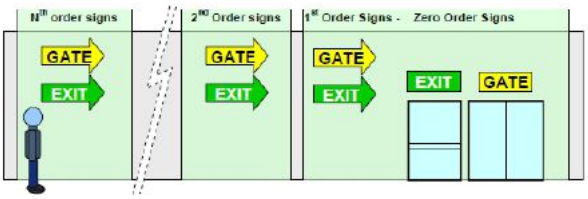
Nástroje pro modelování evakuace jsou specifickým druhem simulačních nástrojů, protože nejsou založeny na konkrétním fyzikálním principu, jako je tomu v případě CFD simulací dynamiky požáru. Zákonitosti v nich jsou založené na zkoumání chování při skutečných evakuacích a zkušenostech tvůrce daného softwaru. Jelikož jsou evakuace významně ovlivněny především lidským faktorem, je nutné s tímto faktem v modelech počítat. Softwarové nástroje pro evakuace fungují primárně na principu Agent-based modelu (ABM). Tento výpočtový model spojuje prvky teorie her, komplexních systémů, nouzové situace, sociologie, multiagentních systémů a programování. V rámci řešení jsme nasadili software EXODUS (výrobce University of Greenwich), prostřednictvím kterého lze simulovat průběh evakuace osob, které jsou ovlivněny okolním prostředím, tedy reagují na přítomnost zplodin kouře a snižující se viditelnost [1].

Oblast použití

Nové poznatky získané při řešení této problematiky umožní vypracování pokročilých simulací evakuace při požárech v tunelech, kterým se věnuje dílčí cíl 6.4.2. Konečným výstupem bude metodika pro strategie bezpečné evakuace implementovaná do českého prostředí v oblasti bezpečnosti dopravy v tunelech.

Metodika a postup řešení

Základním krokem byla detailní analýza literatury, rozbor stavu poznání v evropských i mimoevropských zemích, čili syntéza poznatků vycházející ze studia zahraničních norem, příruček, výsledků projektů a výzkumných prací včetně odborných exkurzí. Simulace obecně představuje proces napodobování reálného děje, přičemž se jedná o simplifikovanou aproximaci. Modely evakuací se dělí na dvě hlavní kategorie: stav s panikou, stav bez paniky. Simulace stavů bez paniky slouží k optimalizaci pěších tras a zefektivnění pohybu chodců. Simulace stavů s panickým chováním vznikají při mimořádné události (hrozbě), jež u lidí vyvolá stav paniky, kdy se jejich chování mění oproti normálu a je méně předvídatelné. Tvorba těchto druhů simulací je tedy mnohem komplikovanější. Vytvoření podmínek pro bezpečné opuštění objektu osobami je jedním ze základních požadavků na požární bezpečnost obecně. Splnění uvedeného požadavku se prokazuje návrhem a posouzením únikových cest. Únikové cesty musí umožnit bezpečnou a včasnou evakuaci všech osob z požárem ohroženého objektu na volné prostranství, nebo do vymezené části objektu bezpečné před požárem a jeho produkty. V běžných případech musí únikové cesty také umožnit přístup požárních jednotek, pokud ze srovnání časů evakuace a zahájení požárního zásahu nevyplyne potřeba použití některé únikové cesty přednostně zasahujícími jednotkami. Musíme ověřit kapacitu evakuačních cest, zda vyhovují v jednotlivých případech pro specifický objem evakuovaných osob a jejich charakteristiky, tzn. jaké složení populace předpokládáme. [3]



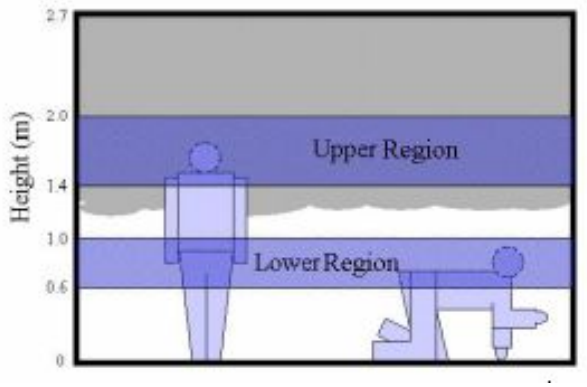
Obr. 1 Schéma značení směru k únikovému východu [1]

V případě tunelu musíme pro evakuující osoby navrhnout chráněné únikové cesty. Jedná se o trvale volné komunikace, vedoucí do volného prostranství nebo do chráněné únikové cesty vyššího typu (CHÚC A → CHÚC B → CHÚC C). Tvoří samostatné požární úseky, požárně dělící konstrukce DP1 (stěny, stropy, obvodové pláště), stupeň požární bezpečnosti – buď je volen ve vztahu k požadované kapacitě únikové cesty, nebo dle nejnižšího stupně požární bezpečnosti přilehlých požárních úseků. V chráněné únikové cestě nelze

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

umístit a volně vést zařizovací předměty a jiná zařízení zužující průchozí šířku. Například volně vedené rozvody hořlavých látek (kapaliny, plyny), volně vedené rozvody vzduchotechniky, volně vedené kouřovody, rozvody středotlaké a vysokotlaké páry, toxické látky, volně vedené el. kabely (nebo musí být provedeny jako nehořlavé) [6]. Také je důležité prověřit flexibilitu únikových cest v případě dočasných změn, kdy určité únikové cesty nebo zabezpečené oblasti nejsou dostupné, ať už z důvodu technických závad, nebo znemožnění využití z důvodu rozvoje požáru.

Velmi důležitým faktorem při úniku osob je reakční doba jednotlivců. Tedy je účelné vybavit tunel tak, aby osoby byly co nejdříve informovány o možném nebezpečí a zahájily co nejrychleji evakuaci správným směrem.



Obr. 2 Pro znázornění ovlivnění osob kouřem jsou potřebné hodnoty kouře a teploty ve dvou zónách. Ve výšce 1,4 – 2,0 m, kde uvažujeme ovlivnění osob které jdou a ve výšce 0,6 – 1,0 kde uvažujeme plazící se osoby [1].

Jak vyplývá z poznatků zjištěných požárů v posledních letech, převážná většina úmrtí při požárech je způsobena zplodinami hoření a až následně dochází k uhoření obětí. Tedy velmi důležitý vstupní parametr pro simulaci evakuace je výstup ze simulace požáru. Složení spalin a jejich množství, které závisí zejména na chemické skladbě hořlaviny, na druhu a množství oxidačního prostředku. Jako přímý důsledek probíhající oxidační reakce v hořícím prostoru dochází k postupnému úbytku a následně k nedostatku kyslíku. Ve vzduchu se nachází za normálních podmínek 21 obj. % kyslíku. Důsledkem požáru se snižuje objem kyslíku na 14 až 10 obj. % a v některých případech i pod 10 obj. %. Při snížení obsahu kyslíku dochází k dechovým potížím a nedostatečnému okysličení krve. Osoby nacházející se v zasažených prostorách přestávají být schopné samostatného logického úsudku. Dalším produktem požáru je teplota, která má z hlediska jeho šíření základní význam. Teplota zplodin hoření může dosahovat hodnot 1000˚C a vyšších. Teplota plně rozvinutého požáru vždy dosáhne 500˚C. Nejvyšší teplota vzduchu, snesitelná pro lidský organismus, závisí na nasycenosti vzduchu vodními parami a na době působení na lidský organismus [2]. Tedy je velmi důležité, jak se požár rozšiřuje v čase, proto délka evakuace musí být kratší, než se požár rozvine tak, že je zdraví škodlivý až smrtelný pro přítomné osoby.

Výsledky

V roce 2013 byla provedena podrobná analýza dostupné literatury, navázána vzájemná spolupráce v rámci projektového konsorcia a započal výběr vhodných existujících variant železničních tunelů pro další navazující aktivity. Proběhly rovněž první testovací výpočty ve velmi zjednodušených modelech tunelů, které umožní přesněji zacílit postup prací v dalším roce. Byly nastudovány možnosti vybavení tunelů pasivními a aktivními prvky protipožární ochrany, lidského chování a nouzové záchranné postupy v případě požáru v tunelech, vliv zplodin na lidský organismus a psychologie osob při mimořádných událostech.

Literatura

[1] Galea, E.; Lawrence, P.; Gwynne, S.; Filippidis, L.; Blackshields, D.; Cooney, D. User guide and technical manual for buildingEXODUS v5.1. The University of Greenwich, Fire Safety Engineering Group, 2013. 1086 stran.

[2] Folwarczny, Libor; Pokorný, Jiří, Evakuace osob: Edice SPBI Spektrum 47. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. 126 s. ISBN 80-86634-94-2

[3] Hofhansl, P. Rešerše aktuálního stavu poznání. TA02030441 Virtuální simulace evakuačních a transportních procesů chodců, 2012. 53 stran.

[4] Hasičský záchranný sbor jihočeského kraje [online]. 11. 5. 2005 Psychologie chování člověka za mimořádných situací. Dostupné z www: www.hzscb.cz/download/upload/psycho/Referat_05.doc

[5] World Road Association Mondiale de la Route [online] 7.1 Emergency exits http://tunnels.piarc.org/en/structural-facilities/emergency-exits.htm

[6] ČSN 73 0802. Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 122 p.

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

IDENTIFIKACE A KVANTIFIKACE ZDROJŮ NEBEZPEČÍ U DOPRAVNÍCH STAVEB

Zpracovali: Ing. Eva Novotná, Ph.D., Ing. Tomáš Janda, Ph.D., Ing. Vladimír Srnec, prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Tento technický list (TL) předkládá dva přístupy ke sledování nebezpečí (rizik). Expertní přístup je podložen Katalogy rizik pro jednotlivé typy infrastrukturních staveb sledovaných ve WP1 až WP5. Simulační přístup využívá efektivních nástrojů MKP a generace náhodných veličin a je v této fázi výzkumu zaměřen na interakci ražby tunelu s nadzemními stavbami. Výsledky jsou použitelné i v jiných oblastech stavebnictví, např. v pozemním stavitelství.

Oblast použití

Výsledky řešení jsou použitelné ve všech oblastech pokrývajících infrastrukturní stavby, tj. pozemní komunikace, kolejovou infrastrukturu, mosty a tunely. Řadu poznatků lze uplatnit i v jiných oblastech, např. v pozemním stavitelství.

Metodika a postup řešení

Riziko je zde chápáno v jeho užším smyslu, tedy jako nebezpečí (hazard). V širším smyslu je riziko pojímáno jako pravděpodobná škoda, tedy finanční ztráta způsobená realizací nebezpečí. Riziko se zde hodnotí dvěma způsoby

- expertním
- simulačním.

Tento TL je zaměřen na rizika související s projektováním a realizací infrastrukturních staveb. V rámci řešení projektu bude třeba rozhodnout, zda se v další fázi výzkumu zabývat i riziky provozními.

Expertní rizikové analýzy vycházejí z Katalogů nebezpečí (rizik), které jsou odvozeny z vytipovaných zdrojů nebezpečí. Závažnost rizika se hodnotí veličinou, viz [1]

$$RPN = Sv \cdot Lk \cdot Dt, \qquad (1)$$

kde Sv je mohutnost rizika (Severity), Lk je věrohodnost (Likelihood) a Dt je zjistitelnost (Detection), viz Katalogy rizik.

Důsledky realizace nebezpečí se sledují v návaznosti na Katalogy rizik expertními metodami typu FMA (Failure Mode Analysis), ETA (Event Tree Analysis), u nás se osvědčila metoda UMRA (Universální Metoda Rizikové Analýzy), a další.

Simulační rizikové analýzy vyžadují dva nástroje

- počítačový model pro predikci odezvy na účinky ohrožující stavbu
- simulační model.

První nástroj je zpravidla založen na MKP, druhý pak využívá různých modifikací metody Monte Carlo. V této souvislosti se osvědčila metoda Subset Simulation (s ohledem na sledování velmi malých pravděpodobností v důsledku malých oblastí vymezujících riziko) v kombinaci s metodou typu „reject – accept" popsanou Metropolis-Hastingsovým algoritmem.

S pravděpodobnostním navrhováním úzce souvisí aktualizace modelových parametrů využívající měření in situ. V praxi je obvyklé měření poklesů geodetickou nivelací, měření změn polohy pomocí extenzometrie, inklinometrie a další. Vychází se z Bayesovy statistické metody (Bayesian updating)

popsané vztahem

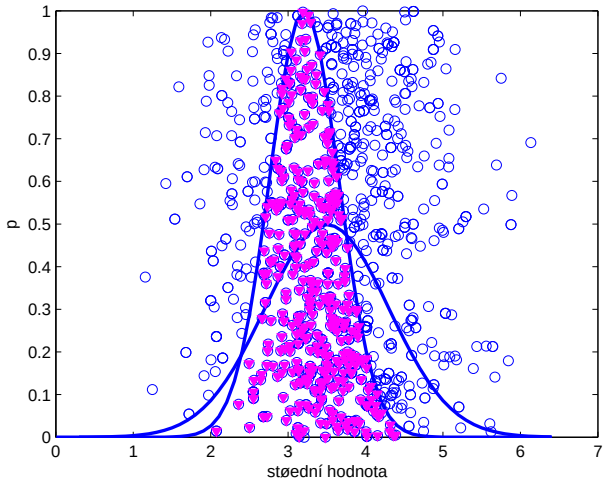
$$f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}|w_1, w_2, \dots, w_n) \propto L_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}) f_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}). \qquad (2)$$

Aposteriorní (aktualizované) rozdělení modelových parametrů je úměrné apriornímu rozdělení. Součinitelem úměrnosti je funkce věrohodnosti,viz [2]

$$L_{\mathbf{X}}(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^{n} L_i = \prod_{i=1}^{n} \frac{1}{\left(\sqrt[2]{2\pi}\sigma_\varepsilon\right)^n} \left[-\frac{1}{2}\frac{(w_i - w_i(\mathbf{x}))^2}{\sigma_\varepsilon^2}\right]. \qquad (3)$$

Postup výpočtu je ilustrován obrázkem 1 s jednou náhodnou proměnnou a s jedním měřeným výstupem. Aposteriorní rozdělení se odvozuje z generovaných hodnot znázorněných plnými kroužky pod funkcí věrohodnosti. Plošší křivka představuje rozdělení náhodné veličiny.

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



Obr. 1 Aktualizace modelových parametrů

Výsledky

V rámci *expertního přístupu* byl vypracován vzorový katalog rizik a následně (po jednotlivých WP1 až WP5) specifické Katalogy pro jednotlivé typy staveb. Katalogy mají 5 kapitol:

- A - Stavebně-technologická a projekční rizika
- B - Strategická rizika
- C - Kreditní a tržní rizika
- D - Vnější rizika
- E - Operační rizika.

Ty se dále dělí na podkapitoly např.

- A1 - Stavební a projekční rizika
- A2 - Riziko lokality
- A3 - Rizika chybných technologií a sítí

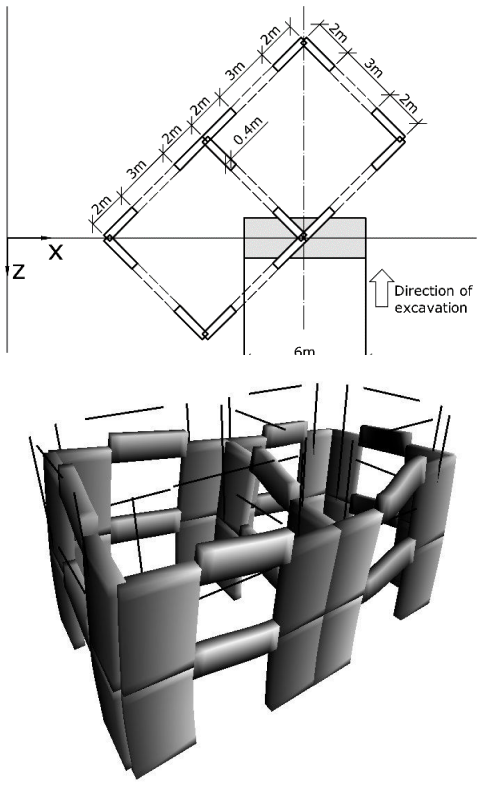
Navazuje dvouúrovňové dělení až ke konkrétním rizikům.

Před dokončením Katalogů je třeba rozhodnout o environmentálních rizicích:

Var. 1 Řešit samostatně v rámci WP5 se specifiky WP1 až WP4

Var. 2 Řešit v rámci katalogů pro WP1 až WP4 s konzultacemi s WP5

Simulační přístupy byly v tomto roce řešení zaměřeny na tunelové stavby a jejich interakci s nadzemními stavbami. Vychází se s osvědčeného 2D/3D modelu v kombinaci se zjednodušeným modelem vrchní stavby viz [3]. Vlastnosti modelu lze ve stručnosti charakterizovat takto:



Obr. 2 Modelování interakce ražby s vrchní stavbou

- Model ražby 2D/3D
  - Pružnoplastické materiálové modely
- Model budovy - 3D rámová konstrukce
  - Uvažuje se poškození materiálu
- Model interakce
  - Tuhost budovy ovlivňuje deformace při ražbě

Pro aktualizaci parametrů byl vytvořen zjednodušený model se třemi stupni volnosti a bázovými funkcemi predikovanými modelem 2D/3D (rychlá simulace).

Literatura

[1] TICHÝ, M. *Ovládání rizika: analýza a management*. 1st ed. 2006. ISBN 80-7179-415-5.

[2] STRAUB, D. Reliability updating with equality information. *Probabilistic Engineering Mechanics*, 2011, vol. 26, p. 254–258.

[3] JANDA, T., ŠEJNOHA, M., ŠEJNOHA, J. Modeling of soil structure interaction during tunnel excavation: An engineering approach. *Advances in Engineering Software*, 2013, vol. 62-3, p. 51–60.

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

ZVÝŠENÍ EFEKTIVNOSTI PŘÍPRAVY A REALIZACE DOPRAVNÍCH STAVEB

Zpracovali: Ing. Eduard Hromada, Ph.D., Ing. Petr Matějka, doc. Ing. Dana Měšťanová, CSc., doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D., doc. Ing. Aleš Tomek, CSc. (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Záměrem pracovního balíčku WP7 v první fázi řešení je vytvoření operačního manuálu a metodiky, které na základě identifikace příčin nízké efektivnosti procesu zadávání, realizace a provozování staveb dopravní infrastruktury navrhnou postupy a metody ke zlepšení současného stavu.

Oblast použití

Vytvořené výstupy řešení projektu budou poskytnuty relevantním orgánům státní správy působících v oblasti přípravy, realizace a provozování staveb dopravní infrastruktury.

Výstupy projektu budou mít mj. následující přínosy:

- Zvýšení transparentnosti procesu zadávání a realizace veřejných zakázek na dopravní stavby.
- Efektivnější využívání finančních prostředků ze Strukturálních fondů Evropské unie.
- Zlepšení parametrů životnost, udržitelnost a užitek dopravních staveb.
- Zefektivnění financování přípravy a realizace dopravních staveb.
- Úspora veřejných finančních prostředků.

Metodika a postup řešení

Vlastní postup řešení lze shrnout do následujících čtyř kroků:

1. Identifikace příčin způsobujících nízkou efektivnost procesu zadávání, realizace a provozování staveb dopravní infrastruktury hrazených z veřejných zdrojů. Bez znalosti konkrétních příčin způsobujících současné problémy nelze navrhnout vhodná a realizovatelná zlepšující opatření.
2. Návrh konkrétních opatření, metod, postupů a procesů, které povedou ke zlepšení současného stavu.
3. Ověření navržených technicko-ekonomických řešení na případových studiích.
4. Poskytnutí zpracované monografie a metodiky příslušným řídícím orgánům státní správy.

Výsledky

V první fázi řešení byly identifikovány mimo jiné následující příčiny, které způsobují nízkou efektivnost procesu zadávání, realizace a provozování staveb dopravní infrastruktury:

A/ Zpolitizování technického oboru - celého procesu řízení přípravy a realizace dopravních staveb:

- opakovaná výměna generálních ředitelů klíčových organizací státní správy ovlivňujících chod a stav dopravní infrastruktury,
- v některých případech výměna vyššího managementu v relevantních státních organizacích za osoby bez dostatečné praxe v oboru dopravních staveb a dopravní infrastruktury,
- výrazné a náhlé snížení finančních prostředků alokovaných pro přípravnou fázi projektů dopravní infastruktury:

  → důsledek: nepřipravenost staveb,
- nepřijetí zákona o státní službě,
- nedůvěra veřejnosti a médií k zainteresovaným subjektům podílejících se na přípravné nebo realizační fázi projektů dopravní infrastruktury.

B/ Nekoncepční přístup veřejného sektoru při plánování projektů výstavby dálnic a rychlostních komunikací:

- Od roku 2007 veřejný sektor nedisponuje žádným schváleným koncepčním a strategickým materiálem, který by obsahoval konkrétní informace o termínech a nákladech jednotlivých připravovaných projektů, a to alespoň ve střednědobém časovém horizontu.

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

- Nejsou vymezeny prioritní projekty, které by se měly co nejdříve realizovat.
- Chybí vazba připravovaných projektů na reálné zdroje financování.
- Kritériem pro schválení jednotlivých projektů k realizaci je v současné době především jejich stavební připravenost a možnost spolufinancování z prostředků Evropské unie.

C/ Vysoké náklady na výstavbu dálnic a rychlostních komunikací:

- Průměrné celkové náklady na výstavbu 1 km dálnice v ČR jsou 416 mil. Kč bez DPH.
- Průměrné celkové náklady na výstavbu 1 km rychlostní komunikace v ČR jsou 378 mil. Kč bez DPH. Tyto náklady zahrnují inženýrskou činnost, zpracování projektové dokumentace, výkupy pozemků a nejvýznamnější složku – stavební náklady.
- Byl zjištěn rozdíl ve výši 27 procent ve srovnatelných stavebních nákladech na výstavbu 1 km dálnice v České republice a Německu. [2]
- Nárůst nákladů v průběhu územních řízení – o 68 % (21,9 mld. Kč) a nárůst nákladů v průběhu stavebních řízení – o 37 % (5,9 mld. Kč). Příčinou tohoto nárůstu nákladů je například prodlužování územních a stavebních řízení. Náklady zvyšují požadavky jednotlivých účastníků územních a stavebních řízení na zařazení dodatečných stavebních objektů do projektu, další požadavky na změny stávajících objektů a zahrnutí požadavků ekologických sdružení. [2]

D/ Nedostatečná míra kontrolní činnosti ze strany veřejného objednatele:

- omezená míra kontroly kvality,
- omezená míra kontroly finančního plnění,
- omezená míra právní kontroly.

→ Důsledky:

- navyšování cen staveb,
- neplnění závazných smluvních ujednání,
- snížení výsledné kvality stavebního díla,
- zvýšení rizika poškození zdraví a majetku třetích osob,
- nárůst nových jednacích řízení bez uveřejnění.

E/ Vychýlení rovnováhy mezi požadavky investora (státu) a požadavky zhotovitele ve prospěch zhotovitele (soukromé stavební firmy).

Nedostatečná schopnost veřejného sektoru prosadit si své oprávněné požadavky na stavební firmě způsobuje nárůst cen staveb, snížení jejich kvality a prodlužování doby realizace stavebního díla.

F/ Omezené možnosti zadavatele pro posouzení, zda se jedná o mimořádně nízkou nabídkovou cenu.

Zadavatel nemá k dispozici kvalitní podklady a nástroje pro to, aby posoudil, zda se jedná o mimořádně nízkou nabídkovou cenu.

G/ Vícepráce a změny v projektu uplatňované zhotovitelem stavby během realizační fáze projektu.

V důsledku nekvalitně a nedostatečně připravené projektové dokumentace a uzavírání smluv o dílo se zhotoviteli před vydáním stavebního povolení dochází ke změnám staveb v průběhu jejich realizace a navýšení stavebních nákladů o vícepráce.

H/ Neexistence institutu nepřiměřeného zisku zhotovitele.

Ve vyspělých zemích existuje zákon, který umožňuje v případě, že má veřejný zadavatel pochybnosti o přiměřeném zisku zhotovitele, vyžádat si předložení všech interních účetních výkazů a dokumentů k dané zakázce. V případě, že zhotovitel řádně nespolupracuje se zadavatelem na objasnění ekonomiky projektu, má veřejný sektor možnost odebrání veřejné zakázky. V podmínkách České republiky se pouze předpokládá, že trh je schopen vyřešit objektivní cenu zakázky a tedy i přiměřenost zisku zhotovitele samovolnými mechanismy.

V letošním roce byla vytvořena odborná monografie přinášející nové výsledky a příspěvek na mezinárodní konferenci:

Vondruška, M. *Krizové řízení stavebních projektů*. 1. vyd. Brno: CERM, 2013. 110 s. ISBN 978-80-7204-847-2.

Schneiderová Heralová, R. *Life Cycle Cost Analysis in Public Procurement*. In: Central Europe towards Sustainable Building 2013. Praha: Grada, 2013, p. 781-784. ISBN 978-80-247-5015-6.

Literatura

[1] *Dopravní politika ČR pro období 2014 - 2020 s výhledem do roku 2050*, 1st ed.; Ministerstvo dopravy České republiky: Praha, 2013.

[2] *Informace z kontrolní akce NKÚ č. 12/18. Peněžní prostředky určené na výstavbu dálnic a rychlostních komunikací*, 1st ed.; Nejvyšší kontrolní úřad: Praha, 2013.

[3] *Zpráva o stavu a činnosti Ředitelství silnic a dálnic*, 1st ed.; Ředitelství silnic a dálnic: Praha, 2012.

JEDNÁNÍ ŘÍDÍCÍHO VÝBORU, VĚDECKÉHO VÝBORU A PRŮMYSLOVÉHO VÝBORU

Zpracoval: Ing. Petr Bílý (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

První zasedání všech výborů dne 11. 4. 2013 v Praze bylo spojeno s úvodním zasedáním CESTI. Druhá schůze vědeckého výboru se uskutečnila ve dnech 7. – 8. 10. 2013 v Brně. Druhé zasedání řídícího výboru se uskutečnilo 7. 11. 2013 v Praze. Ze všech schůzí jsou pořízeny řádné zápisy.

1. Úvodní zasedání CESTI

Úvodního zasedání na Fakultě stavební ČVUT v Praze, které bylo svoláno jako společné zasedání Řídícího výboru, Vědeckého výboru a Průmyslového výboru, se zúčastnily všechny klíčové osoby zapojené do projektu a řada dalších významných osobností ze zúčastněných firem a institucí. Celkem bylo přítomno 34 osob, počty osob s právem hlasovacím v Řídícím výboru, Vědeckém výboru i Průmyslovém výboru překročily počty nutné pro platnost hlasování, tudíž všechny výbory byly usnášeníschopné.

Manažerka projektu, která zasedání řídila, v úvodní prezentaci ocenila činnost všech partnerů při přípravě projektu a zdůraznila nejdůležitější cíle projektu. Vyzvala k těsné spolupráci založené jednak na přímé komunikaci mezi partnery, jednak na operativním kontaktu s vedením CESTI. Představila tajemníka CESTI Ing. Petr Bílého, který bude koordinovat veškeré činnosti včetně administrativních a finančních.

Řídící výbor poté schválil tyto důležité dokumenty a návrhy na personální obsazení klíčových osob:

- Statut a organizační řád Řídícího výboru, ve kterém jsou obsaženy i zásady a pravidla činností Vědeckého výboru a Průmyslového výboru. Konečné znění, ve kterém byly zahrnuty připomínky a návrhy na změny parterů, obdrželi všichni účastníci v předstihu.
- Obsazení předsedy a dvou místopředsedů Řídícího výboru.
- Podrobný plán práce obsahující přehled plánovaných výzkumných aktivit a výsledků a termíny jejich plnění, který vychází z návrhu projektu. Tento interní dokument je vodítkem pro časovou i věcnou náplň projektu. Všechny změny v Podrobném plánu práce budou schvalovány řídícím výborem.

Vědecký výbor a Průmyslový výbor schválili návrh na obsazení funkce předsedy a místopředsedy každého z výborů.

Tajemník projektu podal informaci o důležitých organizačních, administrativních a finančních záležitostech:

- Zřízení webových stránek www.cesti.cz a vytvoření a tisk propagačního letáčku. Webové stránky mají i interní část, která slouží k interní komunikaci všech účastníků projektu. Je zde prostor pro nahrávání dokumentů každým z účastníků, zejména plánovaných výstupů každý rok. Na interních stránkách mohou účastníci najít základní dokumenty projektu i důležité pokyny týkající se administrativy a financování.
- Konání a obsah Workshopu 2013. Na něm budou moci všichni účastníci získat přehled o aktivitách, které se odehrály v minulém období ve všech WP, předkládat náměty a připomínky i diskutovat o dalším nasměrování výzkumných aktivit. Jednání bude sloužit jako podklad pro činnost Vědeckého výboru. Na seminář budou přizváni i zástupci dalších institucí a firem,

které by mohly mít zájem odebírat výsledky výzkumu.

- Administrace věcná a finanční, schvalování změn, termíny odevzdání věcné a finanční zprávy za rok 2013.
- Pravidla pro publicitu v rámci projektu.

V průběhu zasedání **vedoucí pracovních balíčků** stručně představili obsahovou náplň.

2. Zasedání Vědeckého výboru č. 2

Jednání na půdě CDV v Brně se zúčastnilo 11 osob. Byly podrobně prezentovány a diskutovány probíhající aktivity, plánované výstupy a výsledky v rámci jednotlivých WP včetně vzájemného propojení a nejbližších úkolů. Zasedání mělo výrazně pracovní charakter, což ocenili všichni přítomní. Diskutovány a kriticky rozebírány byly dosavadní výzkumné aktivity. Podrobně byly probrány další plánované aktivity. Velká pozornost byla věnována vzájemným vazbám mezi WP a konkrétní spolupráci na jednotlivých úkolech v uplynulém i budoucím období. Výraznou snahou je nejen důsledné propojování WP, ale zejména vyloučení duplicit v činnostech i výstupech. Důraz byl kladem na uplatnitelnost výsledků.

3. Zasedání Řídícího výboru č. 2

Zasedání 7. 11. 2013 řídila manažerka projektu, která v úvodu shrnula činnost v prvním (necelém) roce fungování centra, zdůraznila klíčové úkoly a zapojení do dalších výzkumných struktur. Na zasedání byly schváleny tyto důležité body programu:

- Dílčí změny Podrobného plánu práce.
- Návrhy na přesuny z neinvestičních prostředků do investičních, které předložili někteří účastníci projektu a které podléhají schválení nejen Řídícího výboru, ale musí být také schváleny poskytovatelem.

Řídící výbor vzal na vědomí:

- Změnu na pozici člena Řídícího výboru za SDS Exmost.
- Informaci ke konání Workshopu dne 21. 11. 2013.
- Informace k administraci projektu po stránce obsahové i finanční.

Dále byly prezentovány a diskutovány po věcné stránce probíhající výzkumné aktivity v jednotlivých WP. Zasedání byla přítomna zástupkyně TAČR paní Lenka Pilátová, která podala vysvětlující informace k uznatelným výsledkům výzkumu projektu.

Zápisy z jednotlivých zasedání včetně všech příloh jsou k dispozici všem účastníkům na interních stránkách www.cesti.cz.

PARTICIPACE NA PRAVIDELNÝCH KONFERENCÍCH

Zpracoval: Ing. Petr Bílý (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Důležitým bodem agendy WP8 je propagace CESTI navenek. 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 sedmi akcích

Oblast použití

Prezentace přispějí k lepšímu povědomí odborné veřejnosti o aktivitách projektu CESTI. Zvýší jeho renomé a napomohou tak 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.

Důležitým nástrojem pro zviditelnění projektu a komunikaci s potenciálními partnery získanými na koferencích a jiných jednáních je webová stránka www.cesti.cz.

Obr. 1 Web www.cesti.cz.

Kromě prezentací je projekt na konferencích propagován i pomocí informačního letáčku CESTI.

Obr. 2 Informační letáček CESTI.

Výsledky

V této části bude následovat přehled akcí, na kterých byl celkově prezetován projekt CESTI.

Dne 4.10.2012 doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc. hovořil na sympoziu Mosty v Ostravě na téma „Zapojení Fakulty stavební ČVUT do výzkumné činnosti v oboru Mosty“ a podrobně informoval o náplni tehdy ještě připravovaného projektu CESTI.

Na mezinárodní konferenci „Podzemní stavby Praha 2013“ konané ve dnech 22. – 24. dubna 2013 byl projekt představen formou letáčku v anglickém jazyce, který obdrželi účastníci konference. Osobně projekt zastupovali doc. Dr. Ing. Jan Pruška a Ing. Libor Mařík.

V květnu 2013 Ing. Jan Valentin, Ph.D. hovořil o začínajících aktivitách Centra CESTI na International Road Federation World Meeting v

Rijádu v Saudské Arábii. V příštích letech budou na setkáních prezentovány výsledky práce projektu, což zvýší potenciál jejich využití za hranicemi ČR.

Dne 12.7.2013 Ing. Petr Bílý prezentoval projekt na mezinárodním setkání zástupců ČVUT a korejských technických specialistů „GIST International Workshop Prague“. Korejští partneři přislíbili informovat o aktivitách centra své kolegy ze stavební sféry.

Dne 18.11.2013 Ing. Petr Bílý prezentoval projekt na mezinárodní konferenci „Vývoj česko-ruských vědecko-výzkumných záměrů stavebního klastru“, která se konala v Českém domě při Velvyslanectví České republiky v Moskvě. Příspěvek byl přednesen v ruském jazyce a u ruských protějšků vyvolal kladný ohlas. Zájem vzbudily zejména aktivity CESTI v oblasti bezpečnosti a diagnostiky staveb, což jsou v ruském prostředí ožehavá témata. V květnu 2014 je plánováno další větší setkání, v mezidobí budou probíhat konzultace s cílem najít konkrétní témata společného zájmu. Účast Ing. Bílého byla plně hrazena z prostředků Fakulty stavební ČVUT, nijak nezatížila rozpočet Centra CESTI.

Dne 4.12.2013 prof. Ing. Zdeněk Bittnar, DrSc. představil projekt a jeho výsledky v prvním roce činnosti v rámci Valné hromady Asociace pro rozvoj infrastruktury.

Dne 18.12.2013 Ing. Jan Valentin, Ph.D. prezentoval projekt CESTI na setkání s marockou velvyslankyní v Praze. Marocké partnery aktivity projektu zaujaly a vyžádali si bližší informace k některým tématům.