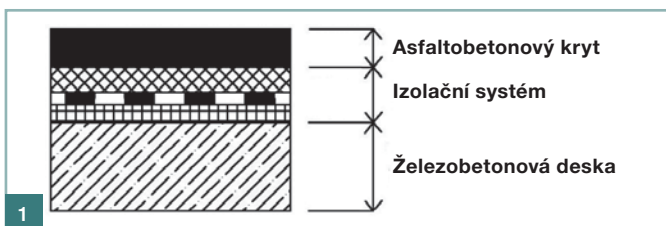


# PŘÍMO POJÍŽDĚNÁ MOSTOVKA Z VLÁKNOBETONU: PILOTNÍ APLIKACE ■ UNPROTECTED FIBRE-REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECK: PILOT APPLICATION

Petr Bílý, Josef Fládr, Pavel Ryjáček, Vojtěch Stančík

Tradiční skladba mostovky železobetonových mostů pozemních komunikací se v evropských podmínkách skládá z několika vrstev, z nichž každá má svou oddělenou funkci – nosnou, vyrovnávací, izolační a obrusnou. V severoamerických zemích je obvyklé řešení s tzv. přímo pojižděnou mostovkou (PPM), kde nosná konstrukce není chráněna proti vlivům povětrnosti ani dopravy žádným ochranným souvrstvím. Článek pojednává o vývoji a aplikaci materiálu pro pilotní konstrukci s PPM v České republice. Po zvážení požadavků na konstrukci a materiál byl jako vhodná alternativa zvolen vláknobeton vyztužený polymerními vlákny. Složení materiálu bylo optimalizováno při rozsáhlém experimentálním programu, který zahrnoval zkoušky zpracovatelnosti, obsahu vzduchu, pevnosti v tlaku, pevnosti v tahu za ohybu, odolnosti proti vodě a chemickým rozmrazovacím látkám (CHRL), odolnosti proti průsaku tlakové vody a smršťování. Vyvinutý materiál byl následně aplikován na mostu malého rozpětí na místní komunikaci. Byla provedena jednoduchá analýza nákladů pro odhad ekonomické náročnosti navrženého řešení. Pilotní konstrukce bude podrobena dlouhodobému sledování s cílem ověřit spolehlivost konceptu PPM z vláknobetonu vyztuženého polymerními vlákny a provést detailnější analýzu nákladů životního cyklu. ■ In European conditions, a deck of a concrete bridge usually consists of several layers with specialized functions: load-bearing reinforced concrete slab, adjusting, waterproofing and wearing. The concept where all the functions are integrated into one layer (called “unprotected concrete bridge deck – UCBD” in this paper) is popular in North America. The paper deals with development and application of the material for pilot UCBD structure in the Czech Republic. Considering the requirements on the structure and the material, polymer fibre reinforced concrete (PFRC) was selected as the most suitable alternative. The composition of the material was optimized during an extensive experimental program, which included the tests of slump, air content, compressive strength, flexural strength, resistance to water with deicing chemicals, depth of penetration of water under pressure and shrinkage. The developed material was then applied on a small-span bridge on a local road. A cost analysis was carried out to estimate the economic efficiency of the solution. The pilot structure will be subjected to long-term monitoring with the aim to verify the reliability of PFRC UCBD concept and to perform a more detailed life cycle cost analysis.



Obr. 1 Tradiční skladba mostovky železobetonového mostu pozemních komunikací ■ Fig. 1 Typical structure of reinforced concrete road bridge deck

Tradiční skladba mostovky železobetonových mostů pozemních komunikací se v evropských podmínkách skládá z několika vrstev, z nichž každá má svou oddělenou funkci (obr. 1) – nosnou, vyrovnávací, izolační (obvykle asfaltové nebo polymerní hmoty) a obrusnou (obvykle asfaltové souvrství).

V severoamerických zemích je obvyklé řešení s tzv. přímo pojižděnou mostovkou (PPM), kde nosná konstrukce není chráněna proti vlivům povětrnosti ani dopravy žádným ochranným souvrstvím. Podle US Federal Highway Administration (FHWA) National Bridge Inventory [1] bylo v roce 2016 v USA v provozu 426 tisíc mostů s betonovou mostovkou, z nichž 222 tisíc mělo PPM. Procentuální zastoupení mostů s PPM tedy činilo 52 % a bylo přitom velmi podobné ve všech klimatických pásmech.

V Evropě je koncept PPM využíván jen zřídka. Aktuální statistická data nebyla dohledána, avšak zpráva Transportation Research Board of the National Research Council [2] z roku 1996, která porovnávala severoamerickou a evropskou praxi v oblasti výstavby mostů, dospěla k závěru, že mostovky betonových mostů v Evropě jsou téměř vždy překryty ochranným izolačním a obrusným souvrstvím (sledovanými evropskými zeměmi byly Dánsko, Německo, Švýcarsko, Francie a Velká Británie). Nakolik je známo autorům tohoto článku, nedošlo v tomto směru v posledních dvaceti letech k žádnému významnému posunu.

V literatuře jsou zmiňovány pouze tři případy použití technologie PPM v České republice. V 80. letech byly postaveny dvě lávky pro pěší nad dálnicí D5 [3], v roce 1997 jeden dálniční most poblíž hraničního přechodu Rozvadov–Waidhaus [3] a v roce 2016 dva mosty malého rozpětí na okružní křižovatce na dálnici D47 u Bohumína [4].

Autorům tohoto článku není známa žádná konstrukce využívající pro PPM vláknobeton s polymerními vlákny, a to

v České republice, v Evropě ani jinde ve světě. Ve Spojených státech amerických a Kanadě byly v několika případech použity přímo pojižděné betonové s ocelovou rozptýlenou výztuží (UHPC) nebo UHPC spoje prefabrikovaných prvků [18].

Z technologického i ekonomického hlediska skýtá technologie PPM řadu výhod vyplývajících z její jednoduchosti. Díky eliminaci několika konstrukčních vrstev je výstavba jednodušší, rychlejší, méně náročná na mechanizaci a koordinaci dodavatelů. Odpadá také riziko řady vad a poruch, např. v důsledku delaminace jednotlivých konstrukčních vrstev nebo vyjíždění kolejí v asfaltobetonovém krytu.

Na druhou stranu je nutno vzít v úvahu některé nové technologické nároky vyplývající z absence ochranných vrstev nosné konstrukce. TKP 18 [5] v takovém případě požadují sekundární ochranu nosné výztuže proti korozi. Zvýšené požadavky jsou kladeny na kvalitu betonu, který kromě vysoké pevnosti musí vykazovat i velmi dobrou odolnost proti obrusu, mrazu, vodě v kombinaci s CHRL a průsaku vody. Je rovněž nutno vzít v úvahu potřebu vysoké technologické kázně, neboť případné vady nosné konstrukce (nerovnosti, lokální vady povrchu apod.) nelze kompenzovat v krycím souvrství.

## VLÁKNOBETON PRO PPM

Hlavním cílem prezentované práce byl vývoj a uplatnění vhodného materiálu pro PPM v českých podmínkách. Vláknobeton byl zvolen jako potenciálně velmi vhodný materiál pro PPM, neboť přítomnost rozptýlené výztuže vede k omezení šířky případných trhlin, a tedy k lepší odolnosti materiálu proti všem klimatickým vlivům a zimní údržbě rozmrazovacími prostředky. Vlákna zároveň činí materiál kompaktnějším a odolnějším proti obrusu.

Cílem bylo navrhnout směs vláknobetonu

Tab. 1 Receptury vláknobetonu pro PPM ■  
Tab. 1 Fibre-reinforced concrete mixtures for unprotected concrete bridge deck

Složka	Specifikace	Vzorová receptura [kg/m <sup>3</sup> ]	Použitá receptura [kg/m <sup>3</sup> ]
cement	CEM I 42,5 R	420	-
	CEM II/A 42,5 R	-	425
voda	-	176	170
vodní součinitel v/c	-	0,42	0,4
jemné kamenivo	frakce 0/4	800	800
střední kamenivo	frakce 4/8	250	160
hrubé kamenivo	frakce 8/16	610	490
	frakce 11/22	-	280
provzdušňovač	Centrament air 202	0,4	-
	Microporan 2	-	0,51
superplastifikátor	Stachment 2090	2,52	-
	Stachment S33	-	2,60
vlákna	Forta Ferro dl. 54 mm	3	3

Tab. 2 Splnění požadavků platných předpisů pro jednotlivé receptury. Požadovaná hodnota obsahu vzduchu závisí na maximálním zrně kameniva, proto je pro použitou recepturu nižší než pro vzorovou ■ Tab. 2 Accomplishment of relevant requirements for particular mixtures. The required air content depends on the maximum aggregate grain size, therefore it is lower for the applied mixture than for the prototype mixture

Požadavek	Požadovaná hodnota	Zdroj požadované hodnoty	Vzorová receptura		Použitá receptura	
			Naměřená hodnota	Splněno?	Naměřená hodnota	Splněno?
obsah cementu	min. 340 kg/m <sup>3</sup>	TKP 18	420 kg/m <sup>3</sup>	ANO	425 kg/m <sup>3</sup>	ANO
vodní součinitel v/c	max. 0,45	TKP 18	0,42	ANO	0,40	ANO
stupeň konzistence	min. S3	TKP 18	S3-140 mm	ANO	S4-190 mm	ANO
obsah vzduchu	min. 4,5 % (vzorová receptura) min. 4 % (použitá receptura)	TKP 18	5,86 %	ANO	4,2 %	ANO
pevnostní třída	min. C30/37	TKP 18	C35/45	ANO	C35/45	ANO
pevnost v tahu za ohybu	min. 3 MPa	TKP 18	3,43 MPa	ANO	4,7 MPa	ANO
odolnost proti obrusu	min. C30/37	ČSN EN 206-1/Z3	C35/45	ANO	C35/45	ANO
odolnost proti vodě a CHRL	max. 1 000 g/m <sup>2</sup> po 100 cyklech metodou A	TKP 18	695 g/m <sup>2</sup> po 100 cyklech metodou A	ANO	714 g/m <sup>2</sup> po 100 cyklech metodou A	ANO
odolnost proti průsaku vody	max. 35 mm	ČSN EN 206-1/Z3 (životnost 50 let)	32,6 mm	ANO	13 mm	ANO
	max. 20 mm	TKP 18 (životnost 100 let)		NE		ANO

betonu, která by vyhověla všem požadavkům platných předpisů, zejména TKP 18 [5]. Byly uvažovány požadavky kladené na nosné konstrukce bez vodotěsné izolace (řádek 12 v tabulce 18-2 TKP 18). Speciální předpis pro mosty s přímo pojižděnou mostovkou TP 260 [6] vydaný v lednu 2017 nebyl v době prvotního návrhu (rok 2015) k dispozici.

Postupnou optimalizací v laboratoři Katedry betonových a zděných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze byla stanovena vzorová receptura vláknobetonu (tab. 1), pro kterou bylo zkouškami ověřeno splnění všech relevantních požadavků platných předpisů (tab. 2). Navrženo bylo použití polypropylenových vláken Forta Ferro délky 54 mm. Od použití ocelových vláken bylo upuštěno s ohledem na obavy z možnosti povrchové koroze a nebezpečí poškození pneumatik vozidel přejíždějících po PPM. Postup ověřovacích zkoušek proběhl podle standardních normových postupů a byl blíže popsán v odborném článku [7].

Vzorová receptura nesplnila požadavek na průsak vody pro životnost 100 let, který je reálně dán nároky na ochranu výztuže proti korozi. Jelikož byla zároveň navržena ochrana výztuže povlakováním při horním povrchu PPM do hloubky 100 mm, je nesplnění požadavku na průsak irelevantní. Povlakování bylo na reálné konstrukci po dohodě s dodavatelem, společností LIKAL, provedeno termoplastickým povlakovým práškem Thermofix KPE 03 v tloušťce minimálně 0,3 mm.

Vzorová receptura byla pro aplikaci na reálné konstrukci mírně upravena po dohodě s dodavatelem směsi, společností ZAPA beton, betonárna Vlašim, a to s ohledem na materiály dostupné v daném závodě. Výsledné složení použité pro reálnou konstrukci mostu je uvedeno v tab. 1. Směs byla opět laboratorně ověřena, zkoušky byly provedeny podle normových postupů popsaných v [7]. Tab. 2 uvádí přehled požadavků dle platných předpisů a hodnoty dosažené u vzorové i použité re-

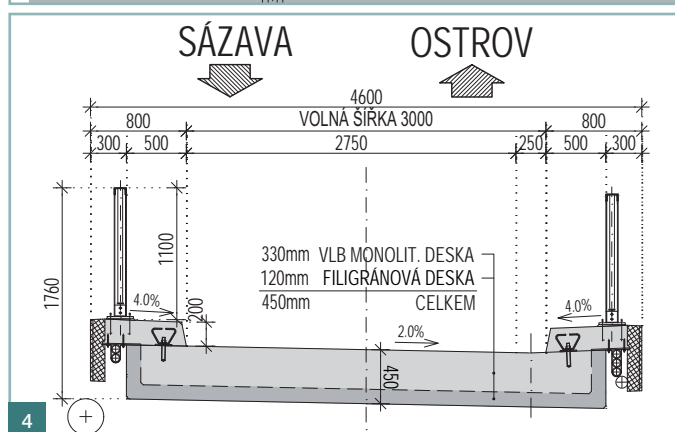
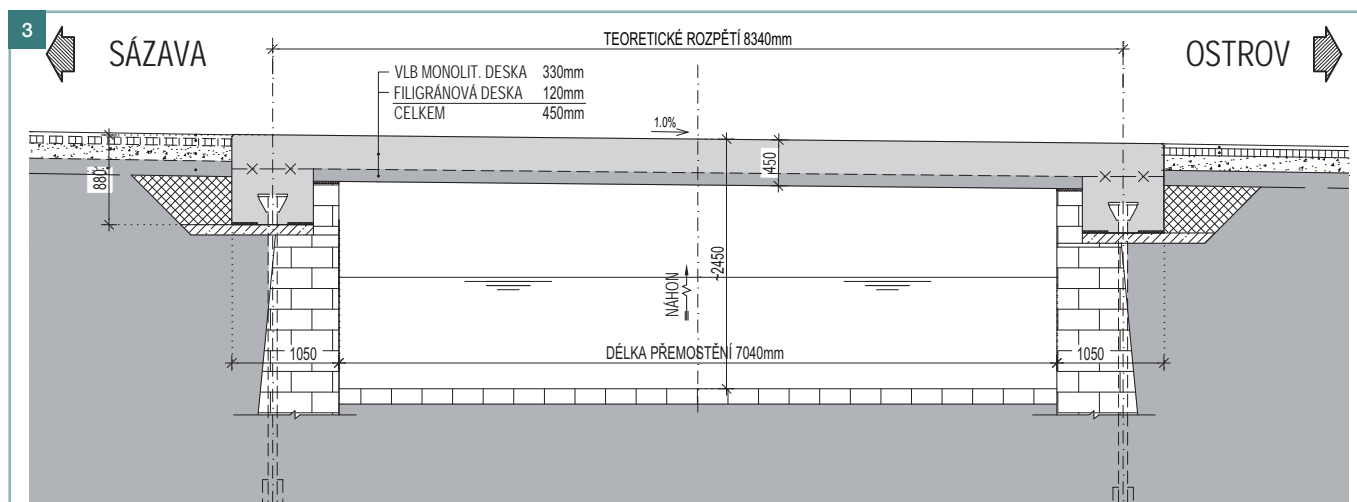
ceptury. Všechny relevantní požadavky byly splněny.

#### PILOTNÍ KONSTRUKCE

Po návrhu a laboratorním ověření byla vyvinutá technologie přímo pojižděné mostovky z vláknobetonu aplikována při opravě mostu SZ-001 Na Káčku ve městě Sázava, který byl v havarijním stavu. Řešenou konstrukcí byl jednopruhový most malého rozpětí spojující město Sázava s ostrovem na řece Sázavě, na kterém se nachází hotel s restaurací, kemp a různá sportoviště. Stávající konstrukce mostu byla značně poškozena při opakovaných povodních v průběhu předchozích 15 let (obr. 2), a bylo proto nutné její celkové odstranění a nahrazení konstrukcí novou.

Obr. 2 Původní konstrukce mostu SZ-001 Na Káčku: a) boční pohled na most, b) opěrná zeď po odstranění mostu ■ Fig. 2 Original structure of SZ-001 Na Káčku bridge: a) lateral view of the bridge, b) abutment after removal of the bridge





Obr. 3 Schematický podélný řez navrženou konstrukcí nového mostu ■ Fig. 3 Schematic longitudinal section of the new bridge

Obr. 4 Schematický příčný řez navrženou konstrukcí nového mostu ■ Fig. 4 Schematic cross section of the new bridge

Obr. 5 a) Celkový pohled na most před zhotovením monolitické dobetonávky z vláknobetonu, b) detail výztuže, horní výztuž desky je opatřena ochranným termoplastickým povlakem ■ Fig. 5 a) General view of the bridge before concreting of the fibre-reinforced concrete deck, b) detail of the reinforcement; reinforcement of the upper surface is covered by thermoplastic coating

Obr. 6 a) Vyrovnávání povrchu pomocí profilovaného prkna, b) povrch čerstvého vláknobetonu po provedení striáže ■ Fig. 6 a) Levelling of concrete surface by profiled board, b) surface of fresh concrete after scarification by a rough fabric

Obr. 7a,b Dokončený most ■ Fig. 7a,b The new bridge

Projekt nového mostu byl vypracován v první polovině roku 2015. Navržen byl deskový železobetonový most s přímo pojižděnou mostovkou z vláknobetonu s následujícími parametry: teoretické rozpětí 8,34 m, délka přemostění 7,04 m, celková šířka mostu včetně říms 4,6 m, šířka desky mostovky 4 m, volná šířka 3 m, tloušťka desky 450 mm. Konstrukce byla založena na dvou trojicích mikropilot délky 7,8 m (ocelové trubky TR89/10 S355 vyplněné cementovou injektážní směsí) s kořenem délky 5 m a průměrem 200 mm. Napojení desky mostu na mikropilotový základ bylo realizováno přes nadpodporový příčník průřezu 800 × 880 mm (obr. 3 a 4).

Pro statický výpočet dle ČSN EN 1992 [9], [10] byl uvažován model zatížení LM1, skupina pozemních komunikací 2 dle ČSN EN 1991 [11]. Přímou pojižděná železobetonová deska byla navržena jako prefa-monolitická, skládající se z filigránových panelů ztraceného bednění tloušťky 120 mm s bočnicemi a monolitické dobetonávky z vláknobetonu tloušťky 330 mm, a to především z důvodu urychlení výstavby a zkrácení doby omezení provozu ekonomických subjektů působících na ostrově. Prefabrikovaná a monolitická část byly spřa-

ženy prostřednictvím diagonál filigránových žebříčků. Hlavní výztuž desky z oceli B500B byla následující:

- spodní povrch:  
7 × Ø 25/bm v podélném směru, 7 × Ø 12/bm v příčném směru (výztuž umístěna v prefabrikátech),
- horní povrch:  
7 × Ø 12/bm v obou směrech, nad podporami přidavná výztuž 7 × Ø 14/bm v podélném směru,
- výztuž monolitické desky a příčníku do hloubky 100 mm pod horním povrchem byla opatřena povlakem z termoplastického povlakového prášku Thermofix KPE 03 v tloušťce minimálně 0,3 mm.

Realizace projektu proběhla po zajištění financování na jaře roku 2017. Objednatel byl město Sázava, projektantem doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D., zhotovitelem firma Silmex. Po odstranění původní poškozené konstrukce proběhla betonáž mikropilot, vyspravení opěrných zdí, osazení filigránových panelů a jejich montážní podepření, dobednění nadpodporových příčníků a vyvázání výztuže (obr. 5). Následovaly betonáž monolitické části desky – přímo pojižděné mostovky z vláknobetonu –, vyrovnání povrchu a jeho zdrsnění tažením jutou (striáž) (obr. 6). Vlákna

byla dávkována do směsi přímo v betonárně. Přítomen byl technolog, který dohlížel na správný postup míchání směsi. Aby nedošlo ke tvorbě shluků vláken, byla vlákna sypána do míchačky postupně v malých dávkách. Tvorba shluků vláken nebyla pozorována.

Povrch mostovky byl ošetřován po dobu tří dnů. Po dokončení mostovky a nezbytné technologické přestávce byly vybetonovány monolitické římsy a přípevněny lícni římsové prefabrikáty, bylo provedeno propojení mostu s navazujícími komunikacemi a bylo osazeno zábradlí. Výplňové panely zábradlí z ultra vysokohodnotného betonu dodala Skanska. Panely byly vyvinuty v rámci projektu CESTI v letech 2014 až 2016 ([12], užitiný vzor č. 30027 registrovaný u Úřadu průmyslového vlastnictví) a jedná se o jejich druhou aplikaci (po lávce pro pěší přes Opatovický kanál v obci Čeperka dokončené v roce 2016 (více v *Beton TKS 4/2016, pozn. redakce*)).

Most byl zkolaudován 9. června 2017. Z obr. 7a a 8b,c je patrné, že bylo u přímo pojižděné mostovky z vláknobetonu dosaženo vysoké kvality povrchu. Povrch je bez výraznějších nehomogenit a zcela bez trhlin. Drobné nehomogeneity spolu se striáží zajišťují drsnost po-



vrchu nezbytnou pro dosažení dostatečných protismykových vlastností. Na konstrukci bylo vytipováno několik míst, kde bude dlouhodobě vizuálně sledován účinek klimatických a dopravních zatížení na PPM (obr. 8a).

#### KONTROLA SPLNĚNÍ POŽADAVKŮ TP 260

V lednu 2017 byl vydán speciální předpis pro přímo pojižděné mosty pozemních komunikací TP 260 [6]. Tento dokument nebyl k dispozici při vývoji technologie a zpracování projektu mostu v roce 2015. Dodatečně však byla provedena kontrola projektu a navržené

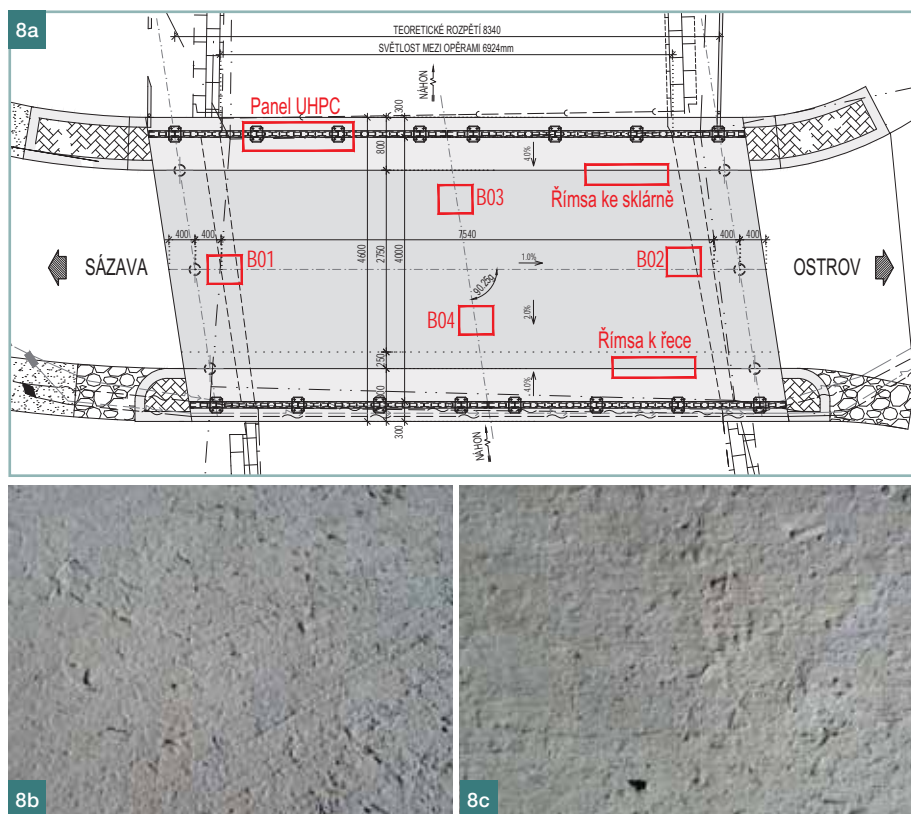
technologie přímo pojižděné mostovky z vláknobetonu podle tohoto předpisu.

V prvním kroku byl most zaříděn do klasifikace podle TP 260 jako PPM III m; TC1; P50; resp. TP 260 (most skupiny III (obslužná místní komunikace), malý (plocha do 150 m<sup>2</sup>), s možností tahového namáhání pojižděné plochy u podpor (TC1), návrhová životnost 50 let, před dosažením životnosti proběhne překrytí stávající mostovky novou pojižděnou vrstvou (P)).

Dále bylo zkontrolováno dodržení požadavků, které předpis TP 260 [6] definuje nově nebo přísněji oproti předpisu TKP 18 [5]:

- množství cementu: požadováno je minimálně 350 kg/m<sup>3</sup>, použitá směs obsahovala 425 kg/m<sup>3</sup>,
- kontrola smrštění: pro typ namáhání TC1 se požaduje rozdíl smrštění prefabrikované a monolitické části po 28 dnech maximálně 150 μm/m. Na třech zkušebních tělesech rozměru 100 × 100 × 500 mm odebraných při betonáži bylo zkuškou podle ČSN 73 1320 [13] v laboratoři Katedry betonových a zděných konstrukcí Fakulty stavební ČVUT v Praze stanoveno smrštění vláknobetonu po 28 dnech 289 μm/m. Výpočetem v programu CaS [14] založe-





Obr. 8 a) Lokalizace míst na mostě určených pro dlouhodobé sledování, b) detail plochy B01, c) detail plochy B04  
 Fig. 8 a) Localization of areas on the bridge selected for long-term monitoring, b) detail B01, c) detail B04

ném na výpočetním modelu B3 [15] byla pro tyto vzorky při uvažování relativní vlhkosti prostředí 50 % stanovena hodnota smrštění 273  $\mu\text{m}/\text{m}$  (obr. 9). Tím byla ověřena shoda chování materiálu s modelem B3 a bylo možné pomocí programu CaS stanovit smrštění monolitické části desky mostu po 28 dnech (hodnoty smrštění vzorku a reálné konstrukce se značně liší s ohledem na odlišný poměr průřezové plochy a obnaženého obvodu vystaveného vysychání). Výpočtem byla stanovena hodnota smrštění po 28 dnech 52  $\mu\text{m}/\text{m}$ , která vyhovuje stanovenému požadavku,

- třída agresivity prostředí: požadována je odolnost vůči stupňům XC4, XD3, XF4, XM2, použitý vláknobeton splňuje stupně XC4, XD3, XF4, XM3, je tedy vyhovující,
- chloridová propustnost:

pro případ povlakované uhlíkové výztuže se požaduje difúzní součinitel prostupu chloridů betonem  $D_{c,3650} < 2,5 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ . Výpočtem v programu CarboChlorCon [16] založeném na modelu podle Kwona [17] bylo pro použitý vláknobeton stanoveno  $D_{c,3650} = 1,2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ . Tato hodnota je vyhovující, vyhověla by i pro nepovlakovanou výztuž,

- vodní součinitel: požadována je hodnota vodního součinitele maximálně 0,4, použitá směs měla vodní součinitel přesně 0,4,
- kontrola šířky trhlin: pro typ namáhání TC1 se požaduje šířka trhliny přímo pojezděné vrstvy (PPV) od časté kombinace maximálně 0,15 mm. (Pozn.: PPV je dle TP 260 část PPM, kterou bezprostředně pojezdějí dopravní prostředky. V případě vícevrstvých typů PPM se jedná o nejsvrchnější vrstvu). Výpočtem

byl zjištěn podporový moment od časté kombinace 55,9 kNm/m, který je menší než moment na mezi vzniku trhlin 112,5 kNm/m. Trhliny od časté kombinace tedy nevzniknou,

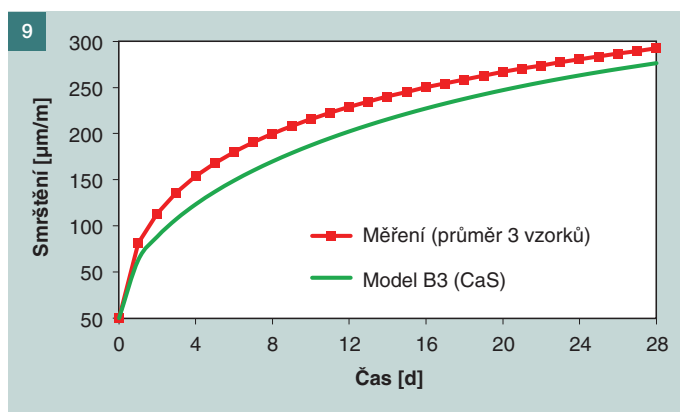
- minimální tloušťka PPV: požadována je tloušťka minimálně 130 mm, monolitická dobetonávka měla tloušťku 330 mm,
- výztuž PPV na účinky smršťování: požadována je výztuž minimálně  $\varnothing 12$  à 150 mm v obou směrech. Deska byla při horním povrchu vyztužena pruty  $7 \times \varnothing 12/\text{bm}$  v obou směrech. Vyztužení je vyhovující,
- římsy: požaduje se výška římsy minimálně 150 mm (doporučeno 200 mm), pracovní spáry maximálně po 6 m. Výška římsy byla 200 mm, maximální vzdálenost pracovních spár byla 5,2 m. Římsy jsou vyhovující.

### ANALÝZA NÁKLADŮ

V porovnání s tradičním řešením s izolačním a obrusným souvrstvím bylo na vzorové stavbě mostu Na Káčku dosaženo následujících úspor (ceny jsou uvedeny s DPH a byly stanoveny podle běžných cen u projektů obdobného rozsahu v čase realizace vzorového mostu):

- vynechání priméru a izolačního souvrství: 29300 Kč,
- vynechání asfaltobetonového krytu, ložné vrstvy a litého asfaltu jako ochrany izolace: 41 107 Kč,
- eliminace budoucích oprav asfaltobetonového krytu (v dalších 50 letech se uvažuje 2x výměna obrusné vrstvy): 19240 Kč,
- zkrácení doby výstavby o 15 dnů (při uvažování fixních nákladů zhotovitele na udržení stavby 10 % ceny díla): 32550 Kč.

Naproti tomu vznikly náklady, které by při použití tradičního řešení nastaly:



Obr. 9 Vývoj smrštění – porovnání dat z měření a predikce modelu B3  
 Fig. 9 Development of shrinkage – comparison of measured data and B3 prediction

## Literatura:

- [1] *National Bridge Inventory ASCII files 2016* [online]. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. ©2016. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/nbi/ascii.cfm?year=2016>
- [2] *Report on the 1995 Scanning Review of European Bridge Structures*. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. ISBN 0-309-05717-5.
- [3] POSPÍŠIL, K. *Přímo pojezděné mostovky* [online]. 2003. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/clanek-primo-pojizdene-mostovky/>
- [4] FIŠER, V. *Přímo pojezděné mostovky – možnosti ich uplatnění v rámci výstavby pozemných komunikácií na Slovensku*. Zpráva pro Slovenskou správu ciest. Brno, 2016.
- [5] Technické podmínky (TKP 18). *Technické kvalitatívni podmínky staveb pozemných komunikácií – Kapitola 18 – Betonové konstrukce a mosty*. Praha: Ministerstvo dopravy, aktualizována k datu 15. 1. 2016.
- [6] Technické podmínky (TP 260). *Přímo pojezděné mosty pozemných komunikácií*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2017.
- [7] FLÁDR, J., BÍLÝ, P., RYJÁČEK, P., VODIČKA, J. Development of special fibre reinforced concrete for exposed concrete pavements on bridges. In: *Proceedings of Fibre Concrete 2015 – Technology, Design, Application*. Praha, 2015.
- [8] ČSN EN 206-1/Z3. *Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. Praha: ÚNMZ, 2008.
- [9] ČSN EN 1992-1-1. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: ÚNMZ, 2011.
- [10] ČSN EN 1992-2. *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*. Praha: ÚNMZ, 2007.
- [11] ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ÚNMZ, 2015.
- [12] SLÁNSKÝ, B., ŠEVČÍK, S., PEŠKA, J., TICHÝ, J. Panely mostního zábradlí z UHPC. *Materiály pro stavbu*. 2016, č. 1, s. 44–46.
- [13] ČSN 73 1320. *Stanovení objemových změn betonu*. Praha: Úřad pro normalizaci a měření, 1987.
- [14] VRÁBLÍK, L. CaS – Výpočetní program pro stanovení účinků a parametrů smršťování a dotvarování betonu dle modelu B3 [online]. 2006. Dostupný z: <http://people.fsv.cvut.cz/www/vrabluk/Veda.htm>
- [15] BAŽANT, Z. P., BAWEJA, S. Creep and Shrinkage Prediction Model for Analysis and Design of Concrete Structures: Model B3. In: *Adam Neville Symposium: Creep and Shrinkage – Structural Design Effects*. ACI. Farmington Hills, Michigan, USA. 2000.
- [16] ŠMILAUER, V., POHL, K. *CarboChlorCon 1.0 – software for concrete carbonation and chloride ingress* [online]. 2014. Dostupné z: <https://mech.fsv.cvut.cz/~smilauer/index.php?id=software>
- [17] KWON, S. J., NA, U. J., PARK, S. S., JUNG, S. H. Service life prediction of concrete wharves with early-aged crack: Probabilistic approach for chloride diffusion. *Structural Safety*. 2009, Vol. 31, No. 1, s. 75–83.
- [18] RUSSELL, H. G., GRAYBEAL, B. A. *Ultra-High Performance Concrete: A State-of-the-Art Report for the Bridge Community*. FHWA report no. FHWA-HRT-13-060. USA: FHWA, 2013.

- opatření výztuže horního povrchu PPM termoplastickým povlakem: 35950 Kč,
- použití vláken Forta Ferro v množství 3 kg/m<sup>3</sup>: 19239 Kč.

Ve výsledku dosáhla úspora na dané stavbě 67008 Kč, což odpovídá úspoře cca 5 % z celkové ceny díla. Podobnou úsporu lze očekávat i u jiných mostů obdobného typu. U jiných typů mostů může být ekonomická bilance odlišná v závislosti na podílu nákladů na realizaci mostovky k celkové ceně díla.

Zkrácení výstavby se ekonomicky příznivě odrazilo i na snížení ekonomických ztrát okolních subjektů (ubytovacích a restauračních zařízení na Sázavském ostrově, pořádání akcí na ostrově). Tento vliv z důvodu neznalosti nákladů nebyl zahrnut, může ale být ještě vyšší než výše uvedený přímý přínos.

Konstrukce bude dlouhodobě sledována, aby mohly být vyhodnoceny náklady na její údržbu, provoz a opravy a aby mohla být provedena analýza celkových nákladů životního cyklu konstrukce.

## ZÁVĚRY

Technologie přímo pojezděné mostovky z vláknobetonu je využitelná při výstavbě nebo rekonstrukci mostovek železobetonových mostů pozemných komunikací. Zvláště vhodná je pro deskové mosty menších rozpětí na nižších třídách pozemných komunikací, vhodná je i pro lávky pro pěší.

Přes řadu technologických i ekonomických výhod není technologie PPM v Česku ani jinde v Evropě běžně využívána, a to zejména kvůli prakticky nulovým zkušenostem s ní. Realizace vzorové stavby mostu Na Kácku přispěje k získání praktických zkušeností a umožní větší rozšíření této technologie, výhledově i na stavby větších mostů.

Článek byl připraven za podpory grantů TAČR č. TE01020168 „Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)“ a GAČR č. 17-19463S „Analýza závislostí mezi mikrostrukturou a makroskopickými vlastnostmi ultravysokohodnotných betonů“.

Ing. Petr Bílý, Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra betonových a zděných konstrukcí

e-mail: petr.bily@fsv.cvut.cz



Ing. Josef Fládr, Ph.D.

Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra betonových a zděných konstrukcí

e-mail: josef.fladr@fsv.cvut.cz



doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.  
Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

e-mail: pavel.ryjacek@fsv.cvut.cz



Ing. Vojtěch Stančík

Fakulta stavební ČVUT v Praze  
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

e-mail: vojtech.stancik@fsv.cvut.cz



Text článku byl posouzen odborným lektorem.  
The text was reviewed.

PROFESIONÁLNÍ ŘEŠENÍ  
výzkum ■ vývoj ■ výroba ■ obchod ■ poradenství  
pro sanace betonových konstrukcí

Redrock Construction s.r.o.  
Újezd 40/450, Michnuv palác  
Praha 1, Malá Strana  
Telefon: +420 283 893 533  
Fax: +420 284 816 112  
E-mail: info@redrock-cz.com  
www.redrock-cz.com

**REDROCK**  
CONSTRUCTION