

# VYUŽITÍ VHODNÉ KOMBINACE PŘÍMĚSÍ A PŘÍSDAD DO BETONU NA VÝZNAMNÝCH STAVBÁCH ■ USING SUITABLE COMBINATIONS OF CONCRETE DOPANTS AND ADDITIVES IN SIGNIFICANT STRUCTURES

Tomáš Ťažký, Rudolf Hela,  
Martin Ťažký

Článek prezentuje možnosti využití kombinací pojiv na bázi portlandského cementu a aktivních příměsí či směsných cementů v kombinaci superplastifikačních přísad na významných stavbách realizovaných v České republice v nedávné době. V podstatě odráží současný celosvětový trend alternace tradičního pojivového systému aktivními příměsí většinou na bázi druhotných surovin, což přináší nejen ekonomické úspory spojené s pozitivním dopadem na životní prostředí, ale také ukazuje technologické pokroky a s tím spojené výhody. Mnoho z těchto staveb by bez využití uvedených materiálů bylo mnohem náročnější realizovat. ■ This paper presents some possibilities of using different combinations of binders and different admixtures in constructions of prominent buildings which have been recently implemented in the Czech Republic. It basically reflects current global trend of alternation of the traditional binder system. This provides not only economic savings associated with a positive impact on the environment, but it also shows significant technological advances and their major benefits. Many of the designers' requirements would be far more difficult to meet without the use of these alternative binders.

## VÝSTAVBA PROJEKTU NOVÁ KAROLINA OSTRAVA

Nová Karolina se nachází pouhých 500 m od historického středu města. Výstavba byla zahájena v centru Ostravy na místě bývalé koksovny (obr. 1), na ploše cca 32 ha 6. června 2008. Areál zahrnuje multifunkční centrum, rezidenční objekty, kancelářské prostory, oddechová, zábavní a sportovní zařízení, rozsáhlé parkovací a zelené plochy (obr. 2 a 3). Dvě historické budovy chráněné jako památky průmyslové architektury jsou zachovány a mají připomínat průmyslovou minulost Karoliny. Ve zrekonstruované podobě budou poskytovat prostory pro kulturní, společenské, sportovní a vzdělávací akce přístupné veřejnosti.

Celý projekt byl rozvržen do čtyř etap, s úplným dokončením v roce 2016. Poté by se tato lokalita měla stát nejrozsáhlejším projektem regenerace vnitřního města v České republice. Jen náklady na I. etapu se pohybovaly ve výši 7 mld. Kč (byla dokončena v roce 2010).

Celková investice je přes 15 mld. Kč. Hlavní investor na celkovém koncepčním návrhu spolupracoval s renomovanou nizozemskou architektonickou kanceláří Rem Koolhaas OMA z Rotterdamu.

Stěžejní a nejrozsáhlejší byla výstavba největšího obchodního centra v ČR – Forum Nová Karolina. Přibližná plocha obchodního centra (OC) je cca 58 000 m<sup>2</sup> a má dvě podzemní a čtyři nadzemní podlaží. V říjnu 2008 byla výstavba, v důsledku celosvětové finanční krize, přerušena a znovu restartována na přelomu února a března 2010. Výstavba OC byla dokončena a zároveň i předána k užívání dne 21. března 2012 a dne následujícího již přivítala první návštěvníky.

Budova OC se nachází na místě, které bylo po desítky let využíváno různými provozy těžkého průmyslu a bylo ovlivněno důlní činností. Větší část stavební parcely prošla v předchozích letech rekultivací, část ale nikoliv. Při výstavbě budovy bylo nutné vypořádat se s doznívajícími vlivy poddolování, samovolným únikem metanu z podloží, různorodým podložím, základovou spárou cca 5 m pod hladinou spodní vody proudící ve vrstvách říčního štěrkopísku, velkým množstvím starých základových konstrukcí až do hloubky cca 6 m od terénu, kontaminovanou půdou a kontaminovanou spodní vodou.

Objekt má pravidelný půdorys o rozměrech 170 × 170 m. Obě podzemní podlaží jsou využita zejména pro podzemní parkoviště. Na části půdorysu je prostor hypermarketu se zásobovacím dvorem. V nadzemních podlažích jsou umístěny převážně obchodní jednotky a pasáže. Podzemní parking a zásobovací dvůr jsou komunikačně propojeny dvěma vjezdovými rampami.

Nosná konstrukce budovy byla navržena s ohledem na architektonicko-dispoziční řešení, funkční náplň, ekonomiku celé stavby, statické požadavky a výrobní technologii jako železobetonový monolitický skelet s částečně předpjatými průvlaky na větší rozpory.

V půdorysu je objekt rozdělen na pět dilatačních celků. Ve skeletové konstrukci jsou dilatační spáry řešeny pomocí kloubů ve stropních konstruk-

cích bez zdvojování sloupů. Zavětrování všech dilatačních částí je zajištěno ztužujícími stěnami kolem komunikačních jader, které spolupůsobí s celou nosnou konstrukcí. Základová deska je navržena a rozdělena na pět dilatačních celků.

Založení stavby bylo navrženo na základové desce podporované velkopříměrovými pilotami. Spodní stavba je izolovaná povlakovou bitumenovou izolací, přesto byla navržena systémem „bílá vana“ se změkčenými požadavky na šířku trhlin. V případě defektu v betonu nebo porušení bitumenového pásu by pomocí injektážního rastru hadiček, které jsou vyvedeny do sloupů, došlo k clonové hydroinjektáži pouze jednoho dilatačního celku.

Vzhledem k výše uvedenému se technologicky nejnáročnější stala betonáž spodní stavby, a to jak pilotového založení a podkladního betonu, kdy bylo nutné se vypořádat s velkou a proměnnou agresivitou spodní vody, tak i betonáž „bílé vany“. Celou stavbu ještě ovlivňovalo výrazné kolísání hladiny spodní vody, které zde bývá způsobeno zejména kolísáním hladiny nedaleké řeky Ostravice během silných dešťů, které přišly i v době realizace (obr. 4).

Beton na stavbu byl dodáván z několika provozoven dvou dodavatelů.

## Betony použité na spodní stavbu

Celá konstrukce je založena ve velice složitých základových poměrech. Dle HGP (hydrogeologického průzkumu) a IGP (inženýrsko-geologického průzkumu) je beton pilot a podkladní beton vystaven středně agresivnímu chemickému prostředí.

Vysoký byl zejména obsah SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, kdy jeho koncentrace byla cca 1 000 až 2 500 mg/l podzemní vody. Z tohoto důvodu musel být do betonu použit síranovzdorný cement CEM III B/S 32,5 N SVC Dětmárovice, beton použitý do pilot byl navržen jako C25/30; XA2; S3; Dmax22. Jako podkladní beton byl použit COM, C25/30; XA2; F5; Dmax16, což je lehce zhutnitelný beton s podobnými vlastnostmi jako SCC, který byl čerpán až na vzdálenost 250 m.

Základová deska (obr. 5) s celkovými rozměry 170 × 170 m rozdělená na pět dilatačních celků, byla navržena jako



Obr. 1 Areál bývalé koksovny před započatím výstavby ■ Fig. 1 Site of a former coking plant before the start of construction



Obr. 2 Forum Nová Karolina, počítačová vizualizace [1] ■ Fig. 2 Forum Nová Karolina, computer visualization [1]

Obr. 3 Forum Nová Karolina, počítačová vizualizace leteckého pohledu [1] ■ Fig. 3 Forum Nová Karolina, computer rendering of an aerial view [1]



bezespárá. V každém dilatačním celku byl navržen pouze jeden smršťovací pruh o šířce cca 1 m, který byl vždy zabetonován až před koncem výstavby, aby bylo maximálně zohledněno smrštění betonu v těchto plochách. Celá konstrukce byla navržena na celkové konečné smrštění betonu max. 0,6 %. Při překročení této hodnoty hrozilo velké riziko porušení pojistné hydroizolace, která je natavena na podkladním betonu. Beton základové desky byl navržen se specifikací C25/30; XC3; 90d; S3; Dmax22 s tím, že všechny mechanické vlastnosti měly být dosaženy až ve stáří 90 dnů od betonáže.

Požadavky na beton byly následující – vedle dosažení pevnosti v tlaku i tahu za ohybu ve stáří 90 dnů musel zajistit vodonepropustnost s max. hloubkou průsaku 35 mm, statický modul pružnosti min. 31 GPa, max. celkové smrštění po 120 dnech 0,6 %. Jelikož se jednalo o betonáž masivních prvků v letním období, nesměla být teplota betonu při hydrataci uprostřed desky vyšší jak 55 °C. Beton bylo nutné čerpat až na vzdálenost cca 250 m.

Výzkum a vývoj receptury probíhal ve spolupráci s VUT v Brně, ústavem THD. Bylo jasné, že veškeré požadavky nelze splnit, pokud by beton byl navr-

hován standardním postupem. V tomto komplikovaném případě se muselo vycházet z možnosti využití kombinací portlandského cementu a různých typů příměsí za spolupůsobení účinných superplastifikačních přísad.

V konečném návrhu byla jako nejlepší hodnocena kombinace cementu CEM I 42,5 R Dětmárovice, velmi jemně mleté strusky Dětmárovice a jemně mletého vápence Carmeuse Mokrý. Jako plnivo bylo použito drobné těžené kamenivo frakce 0/4 mm Dětmárovice, hrubé těžené kamenivo frakce 4/8 mm taktéž z lokality Dětmárovice, hrubé těžené kamenivo frakce 8/16 a 11/22 mm z lokality Bohučovice. Byla použita kombinace superplastifikačních přísad na bázi polykarboxylátů (CX Isoflex 833) a na bázi lignosulfonátu (Isola BV) z důvodu nižšího vývinu hydratačního tepla a vodní součinitel byl cca 0,45. Konzistence betonu byla měřena pomocí Abramsova kužele a pohybovala se na betonárně v rozmezí 150 až 165 mm.

Konečné hodnoty sledovaných mechanických vlastností ve stáří 90 d se pohybovaly v rozmezích 38 až 42 MPa u pevnosti betonu v tlaku, pevnost v tahu za ohybu 4,5 až 5,4 MPa a statický modul pružnosti betonu byl 31 až 33 GPa. Hloubka průsaku tlakovou vo-

dou se pohybovala mezi 7 až 23 mm. Maximální teplota betonu měřená uprostřed desky byla 52,3 °C při denní venkovní teplotě 24 °C, konečné smrštění betonu (zaměřeno geodeticky) bylo v rozmezí 0,45 až 0,55 %.

<b>Nová Karolina Ostrava</b>	
Hlavní investor	Multi Development
Koncepční arch. návrh	Rem Koolhaas OMA, Rotterdam
<b>OC Forum Nová Karolina</b>	
Projekt a TD	K4, a. s., Brno
Generální dodavatel, vč. projektové dokumentace	GEMO Olomouc, spol. s r. o.
Externí konzultace	VUT v Brně, ČVUT v Praze
Návrh konstrukce	PPP, spol. s r. o., Pardubice
Návrh betonu	Fakulta stavební VUT v Brně, UTHD
Dodavatel betonu	Cemex Czech Republic, s. r. o., provozovna Ostrava-centrum, Šenov, Dětmárovice, Stonava Frischbeton, s. r. o., provozovna Ostrava – Mariánské Hory
Přísady	kombinace superplastifikačních přísad CX Isoflex 833 na bázi polykarboxylátů a Isola BV na bázi lignosulfonátu, výrobce obou Cemex Czech Republic, s. r. o.
Realizace	červen 2008 až březen 2012 (přerušení výstavby říjen 2008 až březen 2010)



Obr. 4 Celkový pohled na staveniště | Fig. 4 General view of the construction site

Obr. 5 Základová deska před betonáží | Fig. 5 Base plate before casting

Obr. 6 Konečná podoba – Forum Nová Karolina | Fig. 6 Forum Nová Karolina – final appearance

Obr. 7 Systém ÖBB-PORR, základní deska | Fig. 7 System ÖBB-PORR – base plate

Obr. 8 Řez konstrukcí pevné jízdní dráhy | Fig. 8 Sectional view of a solid railway construction

## REKONSTRUKCE STŘELENSKÉHO TUNELU

Střelenský tunel se nachází na železniční trati Púchov – Hranice na Moravě. Zároveň s rekonstrukcí samotného ostění tunelu proběhla také obnova kolejí v úseku státní hranice se Slovenskem – Horní Lideč [3, 4, 5 a 6].

První zkušební úsek konstrukce pevné jízdní dráhy byl v ČR realizován v roce 2005 v železničním tunelu Krasíkov u České Třebové, který byl ovšem proveden starším systémem Rheda 2000.

Rekonstrukce Střelenského tunelu je důležitou referenční stavbou nejmodernější vysokorychlostní trati pomocí pevné jízdní dráhy a jde o jedinou svého druhu, která byla vybudovaná na území ČR během roku 2013.

### Stručný popis systému

Stěžejním prvkem systému je pružně

uložený vyztužený betonový prvek prefabrikované výroby o standardních rozměrech: délka 5,16 m, šířka 2,4 příp. 2,1 m, a hmotnosti 5 t (*podrobně viz Beton TKS 6/2014, str. 35, pozn. red.*).

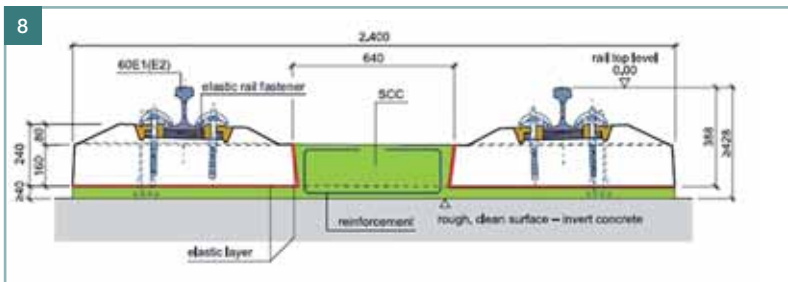
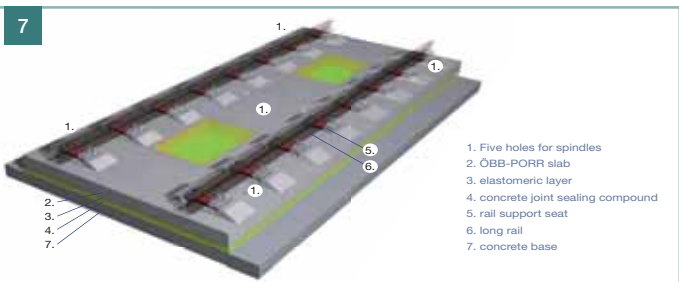
Každá deska (obr. 7) má osm párů integrovaných kolejových podpor v osové vzdálenosti 0,65 m. V podélném směru jsou dva otvory trapézového průřezu, které slouží k zalití samozhutnitelným betonem SCC a fixaci desky do předepsané polohy. Spodní strana desky a stěny otvorů jsou pokryty elastickou vrstvou, která společně s pružnými podložkami pod patou kolejnice zajišťuje nezbytnou deformaci pod zatížením a tlumí vznikající hluk i vibrace přenášené do podkladních vrstev.

Prefabrikovaná deska se ukládá na dřevěné distanční bloky. K přesné rektifikaci slouží trny, kterými se na-

stává přesná vertikální i horizontální poloha před zabetonováním a následně proběhne postupné vyplnění SCC betonem pomocí otvorů v desce (obr. 8).

Převýšení koleje je zajištěno různou mocností SCC, jehož tloušťka je největší pod převýšeným kolejnicovým pasem a minimální pod pasem vnitřním.

Výhodou uvedeného systému je prakticky bezúdržbová konstrukce s velmi dlouhou životností, až 80 let, a zároveň zachování geometrické a prostorové polohy koleje po celou dobu životnosti konstrukce. Při použití tohoto systému je možnost zřízení většího převýšení kolejí z důvodu vyšší příčné stability, využití menších poloměrů oblouků nebo vyšších rychlostí ve stávajících poloměrech. Je možná i úspora konstrukční výšky průřezu tunelové roury u tunelů ražených technologií





9

Obr. 9 Zabudované železniční pražce před zalitím SCC ■  
Fig. 9 Built-in railway sleepers before casting SCC

Obr. 10 Pohled na vjezd do Střelenského tunelu po uložení a zmonolitnění panelu od stanice Horní Lideč ■ Fig. 10 View of the entrance to the Střelenský tunnel from the Horní Lideč station after the deposit and monolithing of the panel



10

NRTM (Nová rakouská tunelovací metoda). Dochází k eliminaci vibrací, a tím ke klidnějšímu chodu vozidel a vyššímu komfortu pro cestující.

K nevýhodám systému se řadí vyšší pořizovací náklady než u standardní konstrukce koleje s delší dobou výstavby, vysoké technologické požadavky a náročná úprava železničního spodku na zemním tělese. Problematiké je i jeho zřízení na stávajících tratích při zachování provozu po soušední koleji.

### Použitý SCC beton a technologie jeho ukládání

Dlouhý výzkum a vývoj postupně optimalizoval samozhutnitelnou betonovou směs a také konstrukční metody k dosažení jednoduššího a kompletního vyplňování tak, aby se eliminoval vznik dutin a byla zajištěna maximální vazba mezi deskou a betonovým základem.

Projektantem dodané podklady k požadavkům na vlastnosti SCC byly dle rakouské normy ÖNORM B 4710 – 1 Prüfung Beton a bylo nutné převést veškeré požadavky na českou legislativu a vycházet z dostupných vstupních surovin. *Pokračování článku na str. 22*

## OCENĚNÍ *fib* PRO MLADÉ INŽENÝRY AAYE2015



Od roku 2001 uděluje v dvouletém intervalu mezinárodní betonářská organizace *fib* ocenění AAYE (Achievement Award for Young Engineers) mladým inženýrům (více viz *Beton TKS 5/2014, str. 59, pozn. red.*). Cena pro rok 2015 ve výši 2 000 Euro a certifikát o uděleném ocenění budou vítězům v obou kategoriích, Výzkum a Projekt a realizace stavby, předány 18. května na zvláštní slavnostní ceremonii v rámci programu *fib* symposia 2015 v dánské Kodani.

### VÍTĚZOVÉ PRO ROK 2015

V polovině letošního března zveřejnila organizace *fib* vítěze soutěže pro rok 2015 vybrané odbornou mezinárodní porotou.

V kategorii **Výzkum** vybrala odborná porota dva vítěze: **Dr Joao Pedro Santose** z Portugalska za jeho PhD práci „Smart structural health monitoring techniques for novelty identification in civil engineering structures“ a **Dr Yuguang Yanga** z Nizozemska za výzkumnou práci „Shear behaviour of reinforced concrete members without shear reinforcement – A new look at an old problem“.

Vítězem kategorie **Projekt a realizace stavby** se stal **Luca Cargino** z Itálie za svůj podíl na projektu a realizaci silničního mostu Queensferry Crossing ve Skotsku. **Kare Flindt Jorgensenovi** z Dánska se porota rozhodla udělit zvláštní cenu za jeho účast na projektu a realizaci Bella Sky Hotelu v Kodani.

*zdroj: tisková zpráva fib 6. 3. 2015*

## ALKALICKÁ REAKCE KAMENIVA

Federal Highway Administration, U. S., Department of Transportation připravil a vydal začátkem roku 2013 zásadní publikaci o problematice AAR – ASR: **Alkali-Aggregate Reactivity (AAR) – Facts Book**. Publikace se zevrubně věnuje problematice AAR a jejích podmnožin, jako např. ASR – alkalicko-křemičité reakci nebo ACR – alkalicko uhlíkové reakci kameniv v betonu a jejich následkům a řadě dalších. Autoři ve svých textech čerpají z bohatého archívu zkušeností vedeného v rámci FHWA. Po historickém úvodu o prvních identifikacích těchto typů „vnitřního“ poškození betonu se diskuze zaměřuje zejména na chemické procesy spojené s reakcemi, jejich symptomy, používané a vyvíjené zkušební metody, prevenci, specifikaci, diagnostiku, prognózování a zmírnění následků na zasažených konstrukcích.

Publikace je doplněna bohatým obrazovým materiálem a dlouhými seznamy literatury a referencí za každou kapitolou. Publikace je k dohledání na webu a ke stažení ve formátu PDF (*Distribution statement: No restriction. This document is available to the public through the National Technical Information Service*).

Thomas M. D. A., Fournier B., Folliard K. J.: Alkali-Aggregate Reactivity (AAR) Facts Book, FHWA-HIF-13-019, March 2013

Dostupná ve formátu PDF je i další publikace FHWA vydaná jako referenční manuál v lednu 2013 **Alkali-Aggregate Reactivity (AAR) – workshops for Engineers and Practitioners**.

Původně navržený beton byl C25/30/B3 GK16/SCC (XC3/XD2/XF3/XA1 L / SB (A)). Doporučené materiály ze staveb v Rakousku byly – CEM II / A-M 42,5 N, příměs Fluamix C, plastifikační přísada Duriment LZF, provzdušňující přísada Duriment LP 100, kamenivo frakce 0/1, 0/4, 4/8, 8/16 mm. Požadavky na čerstvý beton byly: zpracovatelnost max. 60 min od namíchání, teplota čerstvého SCC  $\leq 27$  °C, rozlité po 10 min od namíchání 600 mm, obsah vzduchu po 10 min 3 až 5 % a po 60 min 3 až 5 %, účinné množství pórů 1,2 %, obsah částic pod 0,125 mm min. 500 kg a pevnost betonu v tlaku po 28 dnech na krychli min. 39 MPa.

Dle původního technického řešení ukládky betonu se předpokládalo, že autodomíchávač bude v železniční stanici Horní Lideč naložen na železniční vagon a zavezen do tunelu, kde bude probíhat ukládka přímo z něj do panelů. Bohužel nebyla dojednána tak dlouhá úplná výluka provozu a jedna kolej musela nakonec zůstat v provozu. Na poslední chvíli tedy došlo k přehodnocení technologie a návrhu ukládky čerpáním betonu na vzdálenost cca 350 m. S čerpáním SCC betonu na takovou vzdálenost a dodržáním veškerých reologických a jiných vlastností i „za čerpadlem“ bylo bohužel poměrně málo zkušeností. Tato skutečnost se musela řešit až přímo při realizaci, protože dodavatel betonu s ní nebyl předem seznámen. Maximální zrnno kameniva muselo být zredukováno z 16 na 8 mm, a tak byl dodáván pouze dvoufrakční beton.

Na stěžejní podbetonování prefabrikovaných panelů byl použit beton SCC, v kterém byl jako pojivo použit směsný struskoportlandský cement CEM II B/S 32,5 R Horné Srnie. Použitý SCC beton byl označen dle české legislativy jako SCC; C25/30; XF3; Dmax 8 mm s obsahem Cl<sup>-</sup> max. 0,2 g/m<sup>3</sup> betonu. Konzistence betonu byla měřena pomocí rozlitého obráceného Abramsova kužele a pohybovala se na betonárně v rozmezí 750 až 820 mm. Jako plnivo bylo použito drobné těžené kamenivo frakce 0/4 mm Spytihněv a hrubé těžené kamenivo frakce 4/8 mm taktéž z lokality Spytihněv. Použitá superplastifikační přísada byla na bázi polykarboxylátů (Dynamon SX14) a provzdušňující přísada Mapeplast PT1, vodní součinitel byl 0,44.

Vzhledem k občasné vysoké teplotě okolí při betonáži (květen 2013) se

muselo sáhnout i ke kombinaci plastifikačních přísad. Příklad na bázi polykarboxylátů (Dynamon SX14) se kombinovala s přísadou na bázi lignosulfonátu (ISOLA BV), která sloužila v betonu hlavně jako částečný retardér tuhnutí betonu, ale nebyla sama schopná zajistit požadovanou reologii betonu při nízkém vodním součiniteli.

Betonáž probíhala na stavbě pomocí stabilního čerpadla, které jako jediné mohlo vjet do tunelu. Konzistence SCC betonu a obsah vzduchu v něm byly průběžně kontrolovány investorem. Konzistence se „za čerpadlem“ pohybovala v intervalu 600 až 670 mm a obsah vzduchu byl 4 až 5 %.

Musela být rovněž zajištěna funkční komunikace mezi stavbou a betonárnou, aby nedošlo k překročení doby zpracování, která byla velice přísně hlídána investorem a projektantem, a také naopak, aby nezůstalo čerpadlo bez betonu, protože by mohlo dojít k jeho ucpání, což by byl zásadní problém. Pokud by se celý úsek nedobetonoval, muselo by dojít k jeho úplnému vybourání.

Kontrola úplnosti vyplnění prostoru pod panely byla prováděna vizuálně. Bednění je od panelů odsazeno na vzdálenost, která umožňuje vytlačení vzduchových kapes, byla tedy možná kontrola vystoupaní betonu nad spodní hranu panelu.

#### Rekonstrukce Střelenského tunelu s použitím Systému ÖBB-PORR

Projekt	Porr AG
Dodavatel betonu	Cemex Czech Republic, s. r. o., provozovna Valašské Klobouky
Použité přísady	Dynamon SX14 – superplastifikační, na bázi polykarboxylátů, Mapeplast PT1 – provzdušňující, obě od Mapei, a. s. Isola BV na bázi lignosulfonátu, Cemex Czech Republic, s. r. o.

#### ZÁVĚR

Příspěvek je zaměřen na příklady vhodného využití příměsí nebo směsných cementů a výhod možného kombinování přísad do betonu na již dokončených významných stavbách. Je zde uvedena jedna realizace, kde byly příměsi dávkovány jako samostatné suroviny, a druhá, kde příměs byla dávkována v namíchaném produktu jako směsný cement.

Zadání vlastností betonů od projektantů a investorů na těchto stavbách bylo takové, že jejich realizace bez využití vhodných příměsí a přísad by byla mnohem složitější a současně ekonomicky náročnější, protože zde by

ly vyžadovány kombinace protichůdných požadavků na beton. Bez využití těchto surovin by nebylo možné reálně uspokojit současné požadavky, např. na vysokou dávku pojiva, čerpání na velkou vzdálenost a zároveň na pomalý vývin hydratačního tepla, pozvolný nárůst pevností a velkou redukcí smrštění.

This paper has been worked out under the project No. LO1408 „AdMaS UP - Advanced Materials, Structures and Technologies“, supported by Ministry of Education, Youth and Sports under the „National Sustainability Programme I“.

#### Literatura:

- [1] Architektonická vizualizace – Forum Nová Karolina – Multi Development, 2009
- [2] <http://www.konstrukce.cz/clanek/zacala-stavba-nove-karoliny/>
- [3] Mikulášek P.: Rekonstrukce Střelenského tunelu, Časopis Tunel, 2014, č. 1, str. 63–70
- [4] Fenske J., Kuo A.: BA PORR, Technobau und Umwelt AG, Railway Division, Vídeň, Rakousko, Konstrukce pevné jízdní dráhy systému „ÖBB-PORR“ použití v tunelech, 16. konf. Železniční dopravní cesta 2010
- [5] Macháček T.: Zřízení pevné jízdní dráhy systémů ÖBB-PORR ve Střelenském tunelu. Silnice – železnice, Česká republika, 2012, ISSN: 1803 – 8441
- [6] Nejezchleb M.: Prezentace ŽPSV OHL Group – Prvky pro pevnou jízdní dráhu, železniční pražce z pohledu evropské legislativy, 2011

Ing. Tomáš Ťažký  
Cemex Czech Republic, s. r. o.  
Siemensova 2716/2, 155 00 Praha 5  
e-mail: tomas.tazky@cemex.com



prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.  
e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz



Bc. Martin Ťažký  
e-mail: tazkym@study.fce.vutbr.cz



všichni: ÚTHD  
Fakulta stavební VUT v Brně  
Veveří 95, 602 00 Brno