

## BAREVNÝ SAMOZHUTNITELNÝ BETON - RECEPTURA A CHARAKTERIZACE COLOUR SELF-COMPACTING CONCRETE - MIX DESIGN AND CHARACTERISATION

A. LÓPEZ, J. M. TOBES,  
R. ZERBINO A B. BARRAGÁN

Článek se zabývá vlivem pigmentů na vlastnosti čerstvého betonu a charakter povrchu barveného samozhutnitelného betonu (coloured self-compacting concrete C-SCC). Použitá metoda pro návrh receptur je založena na složení malty a v práci jsou popsány případy záměsí malty a betonu s různými typy a velikostmi dávek pigmentů (žlutý, červený a černý na bázi oxidů železa a uhelná čern). Barva povrchu byla charakterizována u vzorků malty a SCC měřením hodnot trojbarevné souřadnice  $L^*$ ,  $a^*$  a  $b^*$  v chromatickém prostoru CIELab. Navíc jsou uvedeny i příklady povrchu vzorků malty a SCC odlitých ve formách z různých typů materiálů.

*This work presents the effect of pigments on fresh properties and surface characteristics of coloured self-compacting concrete (C-SCC). A mortar-based mix design method is applied and cases of mortar and concrete mixtures incorporating different types and dosages of pigments (iron oxides yellow, red and black, and black carbon) are included. Surface colour was characterised on mortar and SCC specimens through measures of tristimulus values  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ , represented in the chromatic space CIELab. In addition, surface finish examples from mortar and SCC specimens cast on moulds made of different types of materials, are presented.*

Pokrok v technologii betonu za poslední století přinesl komplexní pochopení chování tohoto materiálu po stránce chemické, fyzikální, mechanické a strukturální. Díky tomuto pokroku si beton našel využití v nejnáročnějších a nejneobvyklejších konstrukcích, u kterých jsou hranice dosažitelné formovatelnosti limitovány pouze představivostí. Estetická hlediska jsou však u nepoužívanějšího konstrukčního materiálu na světě zpravidla druhořadá a většinová společnost často tento materiál vnímá jen jako šedou, špinavou, těžkou a monotónní „věc“ – což je celkem přes-

ný popis vjemu mnoha staveb z betonu.

Použití barveného betonu představuje jednu z cest vedoucích k lepšímu přijetí moderních betonů z nedávné minulosti to potvrzují. Za zmínku stojí stavba e-Tower v São Paulo v Brazílii, kde vysokohodnotný červený beton ve sloupech dosáhl pevnosti v tlaku 125 MPa [1], pilíře mostu Ritto v Japonsku jsou odlité z béžového samozhutnitelného betonu [2] a Kitakyushu River Walk, kde je u pěti staveb z betonu elegantní barevné schéma kombinováno s nápaditými nepravidelnými tvary [3]. Obr. 1 představuje budovu kanceláří, která se staví v Barceloně, u níž jsou prefabrikované panely fasády vyrobeny z barveného betonu vyztuženého skelnými vlákny. Příklady prefabrikovaných uličních prvků z barveného betonu jsou na obr. 2.

Na druhou stranu je třeba říci, že hrubý

vzhled betonových staveb je často ospravedlněn praktickými možnostmi realizace. V tomto smyslu však může samozhutnitelný beton (SCC) posloužit jako katalyzátor pro výrobu lehčích a esteticky atraktivnějších staveb. SCC je bez pochyby nejvýznamnějším výsledkem vývoje technologie betonu za poslední desetiletí: tekutý beton, který je schopen bez zhutňování prostoupit výztuží, obalit ji a vyplnit formu, aniž by se rozměšoval.

K technickým, environmentálním a este-

Obr. 1 Pohled na fasádu z barveného betonu vyztuženého skelnými vlákny na Campus Audiovisual v Barceloně, architekt: David Chipperfield

Fig. 1 Views of the colour glass fibre reinforced concrete facades of the Campus Audiovisual in Barcelona (Architect: David Chipperfield)





2a



2b

Obr. 2 Uliční prvky z barveného betonu, výrobce a) Escofet, b) Mago (Badalos, Španělsko)

Fig. 2 Colour concrete street elements; produced by a) Escofet, b) Mago (Badalona, Spain)

Obr. 3 Pohled na fasády z barveného SCC v City of Justice v Barceloně, architekt: David Chipperfield

Fig. 3 Views of the colour SCC facades of the City of Justice of Barcelona. (Architect: David Chipperfield)

tickým výhodám SCC patří i lepší produktivita, snazší realizovatelnost prvků se složitou geometrií, odstranění vibrační fáze (významné snížení hluchosti) a zlepšení pracovního a životního prostředí, ekonomiky času a pracnosti staveb, zvýšení životnosti forem a možnost využití lehčích forem/bednění, zvýšení trvanlivosti, lepší povrch a celkové zvýšení kvality staveb obecně.

SCC se nyní v Evropě využívá ve značně míře v prefabrikaci. Jeho využití v oblasti transportbetonu ukládaného na stavbě

je podle současných statistik v počátcích [4]. Podíl na trhu však v posledních letech značně vzrůstá.

Uvážíme-li vlastní parametry SCC, je jeho vývoj výjimečnou alternativou pro nové aplikace barveného betonu, např. v případě náročných architektonických požadavků. Příkladem aplikace barveného samozhutnitelného betonu (C-SCC) je Justice City ve španělské Barceloně (obr. 3). Konstrukční beton použitý na fasády osmi budov je C-SCC v barvách červená, žlutá, oranžová, hnědá, černá a bílá [5].



3a



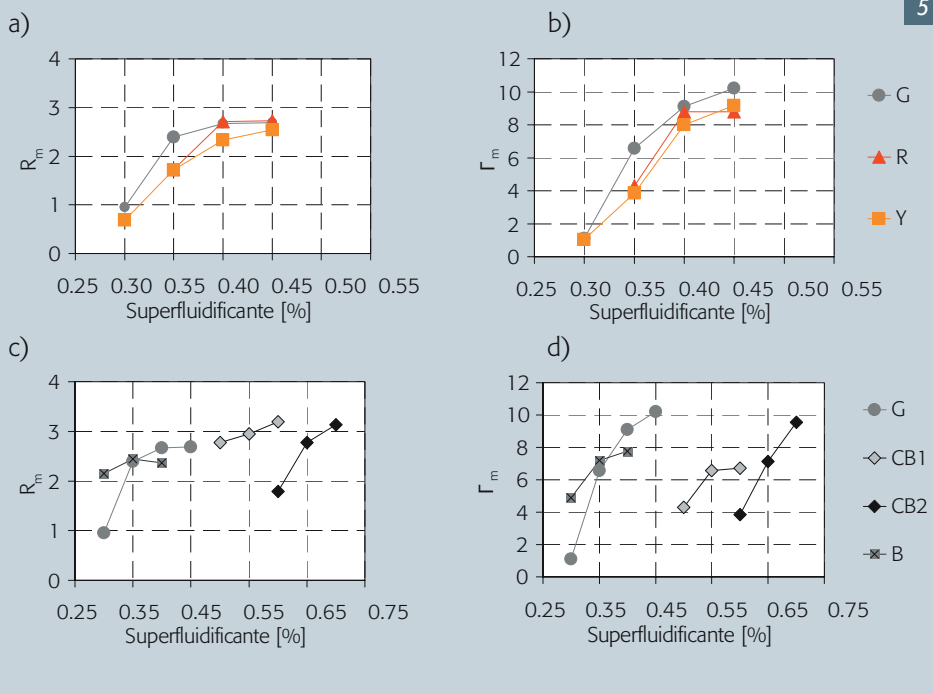
3b



Obr. 4 Zařízení na zkoušky malty mini-slump flow a V-funnel  
Fig. 4 Mini-slump flow and V-funnel apparatus for mortars

Obr. 5 Hodnoty  $\Gamma_m$  a  $R_m$  ze zkoušek mini-slump-flow a V-funnel ve srovnání s dávkou superplastifikátoru v maltě s pigmenty, a) červeně – R, b) žlutě – Y, oxidy železa, c) černí na bázi oxidů železa – B a d) uhelná čern – CB, G – malta bez pigmentů

Fig. 5  $\Gamma_m$  and  $R_m$  values from mini slump-flow and V-funnel tests versus superplasticiser dosage in mortars with pigments; a) red – R, b) yellow – Y, iron oxides; c) black iron oxide – B, and d) carbon black – CB, G – the mortars with no pigments



Obr. 6 Rozlití kužele (slump flow) a povrch C-SCC s pigmenty Y, R, CB a B po odlití do PVC trubek a ocelových hranolů

Fig. 6 Slump-flow and surface aspect in PVC tubes and steel prisms for C-SCC with pigments Y, R, CB and B

Obr. 7 Systém CIELAB  
Fig. 7 CIELAB System

Obr. 8 Barevné parametry měřené na betonech a maltách

Fig. 8 Colour parameters measured on concretes and mortars

Tab. 1 C-SCC  
Tab. 1 C-SCC

Tab. 2 Barevné parametry měřené v betonech (C) a maltách (M)  
Tab. 2 Colour parameters measured in concretes (C) and mortars (M)

Obsah přísad – malta [%]	C-SCC	Cement [kg/m <sup>3</sup> ]	Obsah přísad – beton [%]	Obsah hrubého kameniva [%]	D <sub>f</sub> [mm]	t <sub>50</sub> [s]	TV [s]	D <sub>j</sub> [mm]	D <sub>f</sub> - D <sub>j</sub> [mm]
0,4	G	330	0,4	30	625	3,5	8,9	615	10
0,4	Y		0,4	30	690	4	14,7	690	0
0,4	R		0,45	31	630	3,8	14,5	615	15
0,65	CB		0,65	27	695	2,8	14,7	690	5
0,35	B		0,35	30	660	4	12,6	655	5

Série	Pigment	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE*
Cy	Žlut	65	5	22	22	78	5,7
My		67	7	27	28	76	
Cr	Červeň	49	23	11	25	25	4,7
Mr		47	26	14	30	27	
Ccb	Uhelná čern	31	1	-1	1	298	2
Mcb		29	<0,5	-1	1	299	
Cb	Čern	45	<0,5	<0,5	1	203	5
Mb		50	<0,5	<0,5	1	153	

Aby SCC měl dostatečnou schopnost vyplňování, musí být vysoce tekutý a zároveň musí být mírně viskózní, aby se zabránilo segregaci hrubého kameniva. Zcela logický je předpoklad, že vlastnosti ztvrdlého betonu staveb z SCC budou záviset na charakteristikách materiálu v čerstvém stavu. Různost typů a poměrů jednotlivých složek, na níž je SCC obzvláště citlivý, má proto vliv na konečnou kvalitu betonových prvků.

Barvicí přísady do betonu ovlivní charakteristiku záměsi v čerstvém stavu. Výzkum malt provedený v [6] prokázal snížení zpracovatelnosti při použití žlutých nebo červených pigmentů, ne však v případě pigmentu černého. Reologický výzkum [7] prokázal zvýšení koheze při použití čer-

veného, žlutého a černého pigmentu na bázi oxidů železa. Díky pigmentům je však možné snížit obsah příměsí [8].

Distribuce pigmentu ve směsi je lepší díky příznačné tekutosti SCC, čímž se zlepší i barevná homogenita [9], přesto je důležité pečlivě zvolit typ bednění (texturu) a odformovací prostředek. Pokud jde o materiál formy/bednění, lepší jednotnosti barev lze dosáhnout s nepropustným bedněním, menšího výskytu bublinek se savými povrchy forem. Výskyt bublinek se snižuje s klesajícím objemem písku a zejména hrubších částic, avšak nízký obsah písku může způsobit větší barevnou variabilitu [10, 11]. Různé typy a kolísání složení cementu mohou taktéž ovlivnit výslednou barvu betonu, stejně jako jemné kamenivo a přísady. Superplastifikátory zvyšují homogenitu v důsledku lepší disperze cementu a pigmentových částic, avšak lignin-sulfonátové plastifikátory mohou způsobit ztmavnutí materiálu a tvorbu výkvětů [12]. Určujícími faktory jsou ošetřování a podmínky expozice, obecně dosáhneme světlejších barev při kratší době ošetřování [11].

#### NÁVRH BARVENÉHO SAMOZHUTNITELNÉHO BETONU

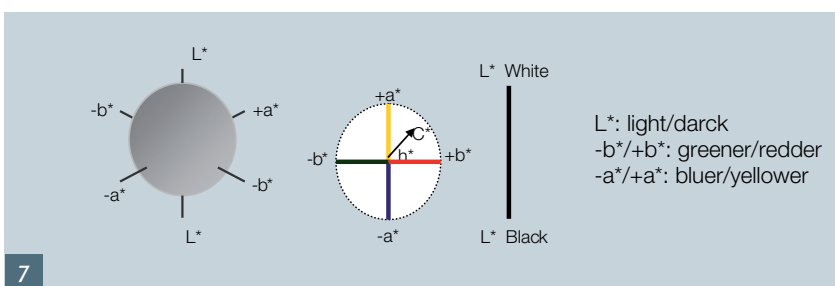
Z množství barev do betonu jsou nejvíce užívány syntetické pigmenty; požadavky na ně kladené jsou detailně popsány v normách a doporučeních [13 až 17]. Velikost částic pigmentu je srovnatelná s velikostí zrn cementu a má vliv na viskozitu pasty a potřebné množství vody nebo superplastifikátoru. Těchto jevů lze u kvalitní receptury využít a dosáhnout vyšší míry koheze.

Metodologie navrhování SCC založená na složení malty se ukázala jako adekvátní i pro C-SCC [18]. Úpravy maltové fáze směřují k dosažení takových charakteristik matrice, které jsou zárukou samozhutnitelnosti. Další výhodou je možnost odhadu požadované dávky superplastifikátoru, kompatibility mezi komponenty (včetně pigmentů) a časového intervalu zpracovatelnosti (během něhož je zachována samozhutnitelnost, což je kritický údaj pro transport a ukládání). Lze vyhodnotit i konečnou barvu ve ztvrdlém stavu, stupeň disperze pigmentu, intenzitu barvy a hlediska týkající se povrchu.

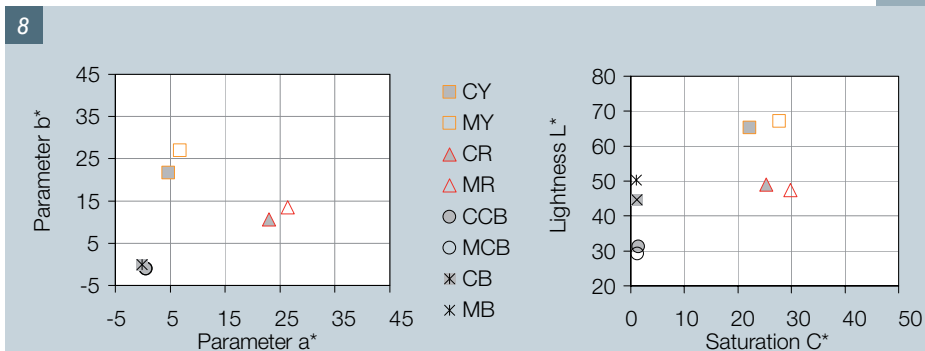
Metoda návrhu optimalizuje maltovou fázi za použití zkoušek mini slump-flow (rozlití kužele určené pro malty) a V-funnel (V-trychtýř), (obr. 4). Na základě série po sobě jdoucích měření se zvyšující se



6



7



8

dávku superplastifikátoru jsou vypočítány hodnoty relative flow area  $I_m$  (relativní oblasti toku) a relative flow time  $R_m$  (relativní doby výtoku) jako  $R_m = 10/FT$  a  $I_m = (SF/100)^2 - 1$ , kde  $FT$  je flow time (doba výtoku) zkoušky mini V-funnel (mini V-trychtýř) [s] a  $SF$  je mini slump-flow (rozliti kužele) [mm].

Jak je patrné z obr. 4, jsou tato zařízení jednoduchá, ekonomická a snadno se obsluhují. Při volbě vhodnější dávky přísad se berou v úvahu hodnoty  $SF$  a  $FT$  společně s hodnotami naměřenými v předcházejících případech s materiály podobného typu, vizuální aspekt malty (tendence k rozměšování) a doba zpracovatelnosti, a to tak, aby se zabránilo takové kombinaci materiálů, která by vedla k významné ztrátě tekutosti v prvních minutách. Hodnoty malty, které vedou k dosažení SCC, taktéž závisí na uvažovaných materiálech.

Jakmile dosáhneme tekuté a kohezivní maltové matrice, je posledním krokem upravení proporce hrubého kameniva. Jsou-li k dispozici různé frakce hrubého kameniva, obvykle se poměr přizpů-

sobí jednoduše tak, aby objem pórů byl co nejmenší. Při takovéto kombinaci lze použít největší možné množství hrubého kameniva při zachování požadovaných vlastností, jako je nezbytná tekutost, průstupnost a odolnost proti rozměšování.

**ZKUŠENOSTI S BARVENÝM SAMOZHUTNITELNÝM BETONEM**

Šedý (G) cement byl kombinován s vápencovým plnivem a různými pigmenty: žlutým (Y), červeným (R) a černým (B) na bázi oxidů železa a uhelnou černí (CB), v míře 3; 5,4; 5 a 3 % hmotnosti cementu. Díky superplastifikátoru na bázi polykarboxylátů bylo dosaženo malt s poměrem voda : cement : plnivo : písek 0,5 : 1 : 0,8 : 2,35 a různou dávkou pigmentů. Objem pasty byl udržován na konstantní hodnotě 56 %.

Dávka superplastifikátoru se měnila u každé série tak, aby bylo dosaženo odpovídajících hodnot  $R_m$  a  $I_m$ . Na obr. 5 jsou znázorněny typické křivky  $R_m$  a  $I_m$  ve vztahu k obsahu superplastifikátoru, z nichž lze získat obsah přísady, pokud uvážíme změnu sklonu křiv-

ky, vizuální aspekt a dobu zpracovatelnosti. V některých případech pigmenty nezpůsobují žádné důležité změny v reologii, v jiných případech však pozorujeme významné odchylky viskozity a potřeby superplastifikátoru, např. při použití uhelné černi (CB2). Na stejném obrázku jsou zobrazeny i výsledky série vzorků s pigmentem CB1 a menším objemem pasty (49 %). Je patrné, že bylo dosaženo hodnot vhodné tekutosti. V tomto případě jsou poměry voda : cement : plnivo : písek 0,5 : 1 : 0,36 : 2,71.

















C-SCC byly připraveny z těchto malt. V tab. 1 jsou uvedeny míšící poměry a vlastnosti v čerstvém stavu: slump-flow  $D_f$  (rozliti kužele) a spread  $T_{50}$  (doba, za kterou beton dosáhne rozliti 50 mm), čas naměřený při zkoušce V-funnel  $T_V$  (V-trychtýř), slump-flow s J-ring –  $D_J$  (rozliti kužele v kombinaci s J-Ringem) a rozdíl  $D_f - D_J$  jako reference blokování. C-SCC jsou označeny podle barev. V tabulce lze porovnat dávku superplastifikátoru použitého pouze v maltě a konečnou dávku použitou v SCC. Poměry míšení u všech SCC byly voda : cement : plnivo : písek 0,5 : 1 : 0,8 : 2,34 s mírnou úpravou podílu šterku. Bylo potvrzeno, že dávka přísady určená při testech malty byla vhodná pro SCC s výjimkou pigmentu Y, kde byl obsah přísady zvýšen o 0,05 %.

Rozměšování nebylo pozorováno, všechny SCC měly index vizuální stability  $VS_I = 0$  [22]. Obr. 6 znázorňuje beton po zkoušce slump-flow (rozliti kužele) a povrch ztvrdlého SCC odlitý do 1 m dlouhé trubky z PVC a kovového hranolu. SCC-B vykazoval akumulaci pigmentu v povrchových bublinkách, což bylo pozorováno už na úrovni malty.

Hodnoty  $D_f$  u C-SCC byly stejné nebo mírně vyšší než hodnoty SCC bez pigmentů, avšak za současného vzrůstu hodnoty  $T_V$ . Tento výsledek poukazuje na nárůst viskozity vytvářené pigmenty, který byl pozorován již při předchozích zkoumáních malty.

Obr. 9 Malty připravené z šedého cementu s různými obsahy žlutého pigmentu i bez něj, rozliti kužele (Slump-flow) a textura povrchu vzorků odlitých ve formách z oceli, dřeva a skla

Fig. 9 Mortars prepared with grey cement with and without different contents of yellow pigment; slump-flow and surface textures of specimens cast in steel, wood and glass moulds

Série malt				
	šedý	šedý + 2% žluti	šedý + 4% žluti	šedý + 6% žluti
Rozliti kužele (Slump flow)	 SF: 270 mm	 SF: 260 mm	 SF: 255 mm	 SF: 246 mm
Ocel	 L*C*h* → (74,6,78)	 L*C*h* → (73,24,81)	 L*C*h* → (72,33,78)	 L*C*h* → (71,38,77)
Dřevo	 L*C*h* → (70,6,84)	 L*C*h* → (68,17,81)	 L*C*h* → (65,25,77)	 L*C*h* → (67,31,78)
Sklo	 L*C*h* → (73,5,75)	 L*C*h* → (71,20,80)	 L*C*h* → (70,28,78)	 L*C*h* → (70,32,76)

Zajímavým aspektem C-SCC je hodnocení barvy a výzkumy malty jsou v tomto ohledu velmi přínosné. Studie zahrnují pozorování počáteční sytosti, světlosti a jasů při použití různých textur forem/bednění i vliv zrání a změny způsobené environmentálními vlivy.

Barva byla hodnocena pomocí kolorimetru, měření byla provedena na každém C-SCC a odpovídajících maltách. Metodologie je založena na systému CIE-LAB který je tvořen prostorovou reprezentací, v níž je barva tvořena třemi proměnnými; jas  $L^*$  (chromatické koordináty  $a^*$ ,  $b^*$  nebo  $L^*$ ), barevný tón  $h^*$  a sytost  $C^*$ . Obr. 7 znázorňuje jednoduché schéma s ortogonální osou  $a^*-b^*$  v horizontální rovině a  $L^*$  v ose vertikální. Představovaná barva je specifikována v legendě po straně.  $L^*$  indikuje rozptyl mezi bílou

(horní strana), šedou (střed sféry) a černou (spodní strana). Schéma na pravé straně ukazuje význam parametrů  $L^*$ ,  $h^*$  a  $C^*$ .  $C^*$  umožňuje hodnotit stupeň čistoty barvy a je znázorněn vektorem ze středu do příslušného bodu barvy v rovině  $a^*-b^*$ . Tento parametr může mít stejný počet pozic jako kvadrantů a je definován hodnotou úhlu barevného tónu ( $h^*$ ). Poslední parametr umožňuje vyhodnotit, zda barva kolísá mezi červenou, žlutou, zelenou a modrou s hodnotou  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  a  $270^\circ$  v uvedeném pořadí, nebo hodnotami ležící mezi nimi [22].

V tab. 2 jsou souhrnně uvedeny střední hodnoty parametrů  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  a  $h^*$ , určených na vzorcích betonu (C) a malty (M) ze strany vzorku přiléhající k formě (ocelová forma). Tážeb tabulka uvádí i celkový rozdíl barvy ( $\Delta E^*$ ) [23,

24] mezi betonem a odpovídající maltou. Tento parametr umožňuje vyhodnotit, zda jsou odchylky pozorovatelné pouhým okem. Bylo pozorováno, že hodnoty  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  a  $h^*$  jsou stejného řádu, avšak přestože  $\Delta E^*$  nepřekračuje hodnotu 6 (velmi nápadné), je pozorovatelná pouhým okem.

Na obr. 8 lze porovnat hodnoty  $b^*$  v závislosti na  $a^*$  (vlevo) u malt (prázdné symboly) a betonů (plné symboly) a umístění chromatických koordinátů  $L^*$  v závislosti na  $C^*$ . U malt i u betonů je umístění jednotlivých bodů ve stejných zónách, takže je pravděpodobně možné odhadnout barvu C-SCC na základě hodnocení barvy malty. Malty vykazují mírný nárůst hodnoty  $C^*$ , zatímco  $L^*$  zůstává neměnné. Zdá se, že pigment CB vytváří tmavší barvy než pigment B, což bylo

#### Literatura:

- [1] Helene P. and Hartmann C.: HPCC in Brazilian Office Tower, Concrete International – ACI, Vol. 25, N° 12, pp. 64–68, 2003
- [2] Nakajima Y., Nakazono A. and Mori S.: High Strength Self-Compacting Colored Concrete for Ritto Bridge Substructure, Proc. fib Congress 2002, pp. 137–146
- [3] Maeda Annual report 2003. <http://www.maeda.co.jp/english/maeda2003.pdf>
- [4] European Ready Mixed Concrete Organisation. Industry Statistics 2006, <http://www.ermco.eu>
- [5] García Dávila F., Sempere Vera M., Álvarez A. and Ainchil J.: Coloured Self-Compacting Concrete for the Justice City of Barcelona (Ciudad de la Justicia de Barcelona hormigón autocompactante coloreado), Proc. 1<sup>st</sup> Spanish Congress on Self-Compacting Concrete, Valencia, Spain, pp. 681–689, 2008. in Spanish
- [6] Lee H., Lee J., and Yu M.: Influence of Inorganic Pigments on the Fluidity of Cement Mortars, Cement and Concrete Research, Vol. 35, N° 4, pp. 703–710, 2005
- [7] López A., Tobes J. M., Torrijos M. C., Barragán B., Giaccio G. and Zerbino R.: Effect of pigments on the rheological properties of mortars for self-compacting concrete, 5<sup>th</sup> Int. RILEM Symp. on SCC, Ghent, Belgium, Vol. 1, pp. 309–314, 2007
- [8] Collepardi M. and Passuelo A.: The best SCC: stable, durable and colourable, IV Int. ACI/CANMET Conf. on quality of concrete structures and recent advances in concrete materials and testing – Furnas Centrais Elétricas S. A. Goiânia, Brazil, 2005
- [9] European Project Group 2005, The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use, <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>
- [10] Gómez Fernández J.: Estructura de concreto aparente, Simposio Int. sobre concretos especiais Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Brazil, 22 p, 2002
- [11] Mindess S., Franis Young J., and Darwin D.: Concrete, 2<sup>nd</sup>-ed. Edited by Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, USA. ISBN 0-13-064632-6, 629 p, 2003
- [12] Coelho F. d C.: Variación del color y textura superficial de hormigones vistos, con adición de pigmentos inorgánicos, sometidos a distintos estados de exposición ambiental, Doctoral Thesis, Universidad Politécnica de Madrid, 248 p, 2000
- [13] EN 12878:2005 (E). Pigments for the colouring of building materials based on cement and/or lime-Specifications and methods of test
- [14] ASTM C979 -05 Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete
- [15] BS 1014:1975 Specification for pigments for Portland cement and Portland cement products
- [16] DIN 53 237 Testing of pigments; pigments for colouration of building materials based on cement or lime
- [17] ACI 212.3R-91. Chemical Admixtures for Concrete, ACI Com 212, Chapter 6: Miscellaneous admixtures, p 25
- [18] Tobes J. M., López A., Barragán B., Giaccio G. and Zerbino R.: Effect of sand particle size distribution on fluidity and passing ability of highly flowable mortars, 5<sup>th</sup> Int. RILEM Symp. on SCC, Ghent, Belgium, Vol. 1, pp. 163–168, 2007
- [19] EFNARC, Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete, 2002, <http://www.efnarc.org/pdf/SandGforSCC.PDF>
- [20] Yahia A., Tanimura M. and Shimoyama Y.: Rheological properties of highly flowable mortar containing limestone filler – effect of powder content and W/C ratio, Cement and Concrete Research, 35, pp. 532–539, 2005
- [21] Brouwers, H. J. H. and Radix H. J.: Self Compacting Concrete: Theoretical and experimental study, Cement and Concrete Research, 35, pp. 2116–2136, 2005
- [22] ASTM Designation: C 1611/C 1611M – 2005. Standard Test Method for Slump Flow of Self-Consolidating Concrete

pozorováno u čerstvých záměsí a bylo potvrzeno i měřením barevnosti.

Za účelem zkoumání účinku materiálu formy a odformovacího činidla byly vytvořeny prvky ve tvaru U se stěnami z materiálů různých textur (ocel, dřevo a sklo). Povrchy z oceli byly předem ošetřeny odformovacím prostředkem na bázi oleje a dřevěné povrchy odformovacím prostředkem na vodní bázi. Tato činidla kromě jiných účinků zabraňují vytváření bublinek na povrchu. Studie byla provedena s maltami s šedým cementem (G) a kombinací 2, 4 a 6 % žlutého pigmentu (procenta hmotnosti cementu). Z obr. 9 je patrný pokles  $D_f$  s obsahem pigmentu a změna barvy, stejně jako homogenita, zrnitost a jasnost barev v závislosti na typu materiálu. Pokud jde o kolorimetrické parametry, bylo dosaženo hodnot  $L^*$  vyšších než 65 a hodnoty  $h^*$  se pohybovaly mezi 75 a 80°. Zajímavý je i vliv obsahu pigmentu na hodnotu nasycení: hodnota  $C^*$  se pohybovala kolem 7 jednotek v šedé maltě a dosahovala 38 jednotek při přidání 6% pigmentu. Vzorek nevykazoval povrchové bublinky ani jiné typy defektů, což nasvědčuje dobré funkci odformovacího činidla.

#### **ZÁVĚR**

V článku jsou uvedeny příklady použití metody návrhu receptury založené na vlastnostech malty pro barvený samozhutnitelný beton. Metoda vychází z dosažení požadovaných vlastností

malty a umožňuje odhad požadovaného množství superplastifikátoru, optimalizaci obsahu pasty s ohledem na jemné frakce písku a pigmenty (popř. jiné typy jemných podílů). Na úrovni malty lze tak vyhodnotit kompatibilitu mezi jednotlivými komponenty, interval zpracovatelnosti směsi, účinky ve vztahu k disperzi pigmentu, vlivu textury formy, odformovacího prostředku a barevných charakteristik.

Pokud jsou použity pigmenty, může být nezbytné zvýšení dávky superplastifikátoru, aby bylo dosaženo stejné míry koheze a tekutosti, jako u prostého SCC. Pigmenty však mohou zároveň zvýšit viskozitu betonu při stejné hodnotě slump-flow (rozliťí kužele). Tohoto faktu můžeme u vhodných receptur využít a získat záměsí s vyšší odolností proti rozměšování a vyšší robustností (menší citlivostí na malé změny mísicích poměrů jednotlivých materiálů).

Homogenní povrch vysoké kvality byl pozorován u vzorků z barvených malt a SCC při použití všech materiálů forem: PVC, ocel, dřevo i sklo. Odformovací činidla na olejové a vodní bázi použitá na ocelových a dřevěných površích do značné míry zabránila tvorbě povrchových bublin. Bylo pozorováno, že kolorimetrické testy na úrovni malty umožňují odhadnout barevné parametry u výsledného betonu.

Barvený samozhutnitelný beton tvoří velmi atraktivní alternativu již dostatečně flexibilnímu tradičnímu barvenému betonu pro náročné architektonické záměry

zejména při vyšší složitosti tvarů a barev. Tímto se novému a slibnému materiálu otevírá další pole působnosti.

*Autoři děkují za financování ze strany CONICET, CIC-LEMIT, španělskému ministerstvu pro vzdělávání a vědu (granty PSS 1-2005, PSE-380000-2007-1: "HABITAT 2030"; BIA2006-15471-CO2-01) a programu AlBan, (Program Evropské unie pro stipendia vysoké úrovně pro latinskou Ameriku, stipendium N° E04E047473AR). Autoři děkují společně s Cementos Avellaneda S.A., Cementos Cerro Blanco S. A, SIKA Argentina S.A., BASF S.A., WR GRACE Argentina S.A. a Meranol S.A., za laskavé dodání materiálu k provedení experimentálního výzkumu a výrobci dlaždic J.N. Blančino.*

*A. López  
 CONICET, GINTEMAC, NTU – Regional Córdoba,  
 Argentina*

*Juan M. Tobes, R. Zerbino  
 e-mail: juanmatobes@yahoo.com.ar*

*všichni tři: CONICET, LE MIT, NU of La Plata,  
 Argentina*

*Bryan E. Barragán  
 e-mail: bryan.barragan@gmail.com  
 Dept. of Construction Engineering  
 TU of Catalonia, Barcelona, Spain*

*Překlad článku prošel terminologickou korekturou. Zkrácená verze textu byla otištěna ve samostatné příloze časopisu v roce 2008.*



**ČVUT v Praze**  
**Fakulta stavební**  
**Katedra betonových a zděných konstrukcí**

**5. mezinárodní konference**

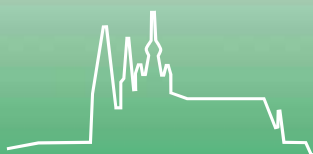
**Fibre Concrete 2009**



**17. – 18. 9. 2009**  
**Masarykova kolej**  
**Praha**

#### **Pokyny pro autory:**

**1. 4. 2009 – zaslání anotace příspěvku**  
**17. 6. 2009 – zaslání plného znění příspěvku**



**<http://concrete.fsv.cvut.cz/fc2009>**