

BAREVNÝ SAMOZHUTNITELNÝ BETON – NÁVRH SMĚSI A VLASTNOSTI



| 1a |



| 1b |

**ANAHÍ LÓPEZ, JUAN MANUEL TOBES,
RAÚL ZERBINO A BRYAN E. BARRAGÁN**

Užití barevného betonu představuje možný způsob, jak zvýšit hodnotu objektu po estetické stránce. Hodnocení estetiky objektu navrženého z betonu obvykle přichází na řadu až po posouzení mechanických vlastností materiálu nosné konstrukce. U veřejnosti pojem beton stále vyvolává představu šedé, špinavé, masivní (tj. hmotné) a monotónní stavby. Příklady moderních betonových konstrukcí z posledních let, např. e-Tower v brazilském Sao Paulu (červený HPC

beton s tlakovou pevností 125 MPa), pilíře japonského mostu Ritto z béžového samozhutnitelného betonu, pět různobarevných betonových budov neobvyklých tvarů obchodního a kancelářského komplexu Kitakyushu River Walk nebo právě dokončované administrativní budovy v Barceloně s obkladem z růžového sklovláknobetonu, ukazují, že to může být jinak. Na druhou stranu, existuje řada příkladů, kdy si technologické postupy výstavby betonové konstrukce a požadavky proveditelnosti vynutily úpravy projektu, které vedly k nárůstu objemu nosných prvků. V tomto směru je samozhutnitelný beton (SCC – tekutý beton se schopností beze zbytku vyplnit celý objem vymezený bedněním bez následného hutnění) vhod-



121

nou alternativou, která umožňuje výstavbu štíhlých a esteticky atraktivních konstrukcí.

SCC prošel v posledním desetiletí rozsáhlým vývojem, jehož výsledky podpořily použití SCC na mnoha zajímavých stavbách. V Evropě je poměrně široce užíván ve výrobě betonových prefabrikátů, ale běžným se postupně stává i při výstavbě monolitických betonových konstrukcí. Uvážíme-li základní vlastnosti SCC dané jeho konzistencí, je další výzkum a vývoj směrem k barveným betonům mimořádnou výzvou. Ve španělské Barceloně je dokončováno nové Soudní centrum: osm budov s fasádami z barevného samozhutnitelného betonu (červená, žlutá, zelená, oranžová, hnědá, černá a bílá) [1].

Barevné pigmenty mohou ovlivňovat vlastnosti čerstvého betonu. Studie cementové malty ukázaly snížení zpracovatelnosti [2] po přidání žlutého nebo červeného pigmentu, ale ne v případě černého. Reologické studie [3] potvrzují zvýšení koheze po přidání červených, žlutých nebo černých pigmentů

1a, b Barevné fasády z SCC betonu „City of Justice“ v Barceloně, architekt David Chipperfield | 2 Barevné fasády z SCC betonu „Campus Audiovisual“ v Barceloně, architekt David Chipperfield



3a



3b

na bázi oxidů železa. Přidáním pigmentů je tedy možno snížit obsah fillerů v čerstvém betonu [4].

Tekutost SCC umožňuje na jedné straně lepší distribuci pigmentových zrněk v čerstvém betonu, a tím stejnoměrnost barvy [5], na druhé straně je třeba věnovat zvýšenou pozornost výběru typu a povrchu bednění a odbedňovacím přípravkům. Vyšší stejnoměrnosti barvy lze dosáhnout při použití nepropustného bednění, méně vzduchových pórů zůstane na povrchu, jsou-li do bednění vloženy nasávkavé vložky. Bublin v čerstvém betonu ubývá se snižováním obsahu písku, zvláště hrubých zrn, ale nízký obsah písku zvyšuje barevnou nestejnou [6, 7]. Typ cementu a jeho variabilita má také vliv na výslednou barvu betonu, stejně jako jemné kamenivo, příměsi a přísady. Superplastifikátory zvyšují zpracovatelnost a homogenitu, umožňují lepší disperzi cementových a pigmentových zrn, výsledný beton má však tmavší odstín a je náchylnější k tvorbě vápenných výkvětů [8]. Ošetřování čerstvého betonu a podmínky jeho trvalé expozice jsou určující faktory pro dlouhodobý vzhled barveného betonu; obecně platí: ošetřujeme-li beton po kratší dobu, získáme světlejší odstín žádané barvy [7].

Z látek používaných k barvení betonu ve hmotě jsou nejčastější syntetické pigmenty. Požadavky na jejich užití jsou detailně specifikovány v několika normách a doporučeních [9 až 13]. Zrnka pigmentu mají velikost řádově srovnatelnou se zrnky cementu a jejich přidáním lze ovlivnit viskozitu cementové pasty a požadavky na obsah vody a množství přidaného superplastifikátu. Na druhé straně vhodným návrhem betonové směsi s přidáním pigmentů můžeme získat materiál lepších vlastností.

Zkoušky potvrdily, že osvědčená metodologie návrhu SCC je použitelná i pro C-SCC. Úpravy složení cementové malty byly zaměřeny na zajištění samozhutnitelnosti betonu. Posledním krokem po vyladění tekuté a kohezivní maltové matrice byl výběr vhodné velikosti a barvy zrn kameniva. Jsou-li možné různé frakce kameniva, je vhodná jejich kombinace vedoucí k maximálnímu vyplnění betonovaného objemu strukturou kameniva.

Byly zkoušeny vzorky čerstvého C-SCC betonu: šedý cement byl kombinován s fillerem z mletého vápence s přidáním různých pigmentů, žlutého, červeného a černého na bázi oxidů železa a uhlíkové černi. Obsah pasty v objemu SCC byl držen konstantní. Výsledky ukázaly, že pro udržení stejné koheze

a tekutosti jako v případě základního SCC, jsou-li přidány pigmenty, je třeba zvýšit dávku superplastifikátoru. Přidání pigmentů však současně zvýšilo viskozitu betonu při zkoušce rozlitím. Pro návrh směsi požadovaných vlastností může být tento fakt výhodou, která umožní dosáhnout robustnější směsi (méně citlivé na malé změny v proporcích jednotlivých složek) a s vyšším odporem k segregaci kameniva.

Jednotný a vysoce kvalitní konečný povrch byl získán na všech vzorcích barvené malty i barveného samozhutnitelného betonu odlitých v různých formách, PVC, ocel, dřevo a sklo. Pro ocelové a dřevěné formy byly použity odbedňovací prostředky na olejové nebo vodní bázi, které zabránily vytvoření velkého množství bublinek na povrchu betonovaných vzorků. Na maltových i betonových vzorcích byly provedeny colorimetrické testy s porovnáním barevných parametrů vzorků C-SCC.

Projekt potvrdil, že barvený samozhutnitelný beton je velmi atraktivní alternativou pro architektonickou tvorbu jak v možných tvarech, tak barvách oproti tradičnímu pojetí návrhu betonové konstrukce. Otvírá se zde nové pole pro aplikaci velmi slibného materiálu.

Se souhlasem autorů uvádíme zkrácenou verzi překladu originálního textu článku. Jeho plná verze bude zařazena do některého z příštích čísel časopisu Beton TKS.

Tab. 1 Parametry barev měřené na vzorcích betonu (C) a malty (M), systém CIELAB

Série	Pigment	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE*
Cy	žlutý (y)	65	5	22	22	78	5,7
My		67	7	27	28	76	
Cr	červený (r)	49	23	11	25	25	4,7
Mr		47	26	14	30	27	
Ccb	uhlíkový černý (cb)	31	1	-1	1	298	2,0
Mcb		29	<0,5	-1	1	299	
Cb	černý (b)	45	<0,5	<0,5	1	203	5,0
Mb		50	<0,5	<0,5	1	153	

3 Prvky pouličního parteru z barevného SCC betonu, produkce a Escofet, b Mago (Badolona, Španělsko) | 4 Test rozlití a okraje „koláčů“ čerstvých betonových směsí s různými pigmenty (červený, žlutý, uhlíková černá a černý), povrchy vzorků betonovaných do forem z PVC trubky a ocelového hranolu | 5 System CIELAB | 6 Malty připravené z šedého cementu s různým podílem žlutého pigmentu; zkoušky rozlití a kolorimetrické měření povrchů vzorků z ocelových, dřevěných a skleněných forem | 7 Barevné parametry měřené na betonech a maltách

Literatura:

[1] Garcia Davila F., Sempere Vera M., Álvarez A., Ainchil J.: Coloured SCC for Justice City of Barcelona, Proc. 1st Spanish Congress on SCC, Valencia, Spain, pp. 681–689, 2008, in Spanish

[2] Lee H., Lee J., Yu M.: Influence of inorganic pigments on the fluidity of cement mortars, Cement and Concrete Research, Vol. 35, N°4, pp. 703-710, 2005

[3] López A., Tobes J. M., Torrijos M. C., Barragán B., Giacchio G., Zerbino R.: Effect of pigments on the rheological properties of mortars for SCC, 5th Int. RILEM Symp. on SCC, Ghent, Belgium, Vol. 1, pp. 309–314, 2007

[4] Collepardi M., 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. Goiania, Brazil, 2005

[5] European Project Group 2005, "The European Guidelines for Self-Compacting Concrete Specification, Production and Use", <http://www.efnarc.org/pdf/SCCGuidelinesMay2005.pdf>

[6] Gómez Fernández J.: Estructura de concreto aparente, Simposio Internacional sobre concretos especiais Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Brazil, 22 p, 2002

[7] Mindess S., Fris Young J., Darwin D.: Concrete, 2nd-ed. Edited by Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, USA. ISBN 0-13-064632-6, 629 p, 2003

[8] 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

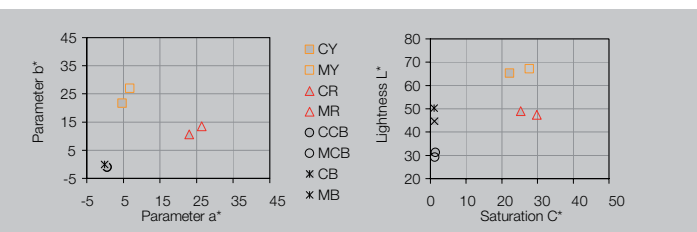
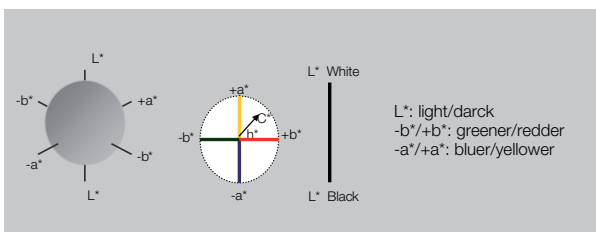
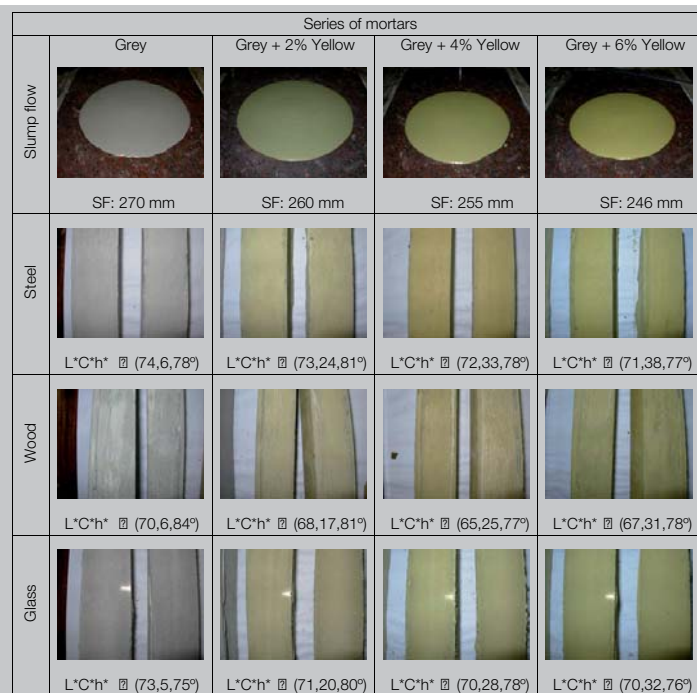
[9] EN 12878:2005 (E). Pigments for the colouring of building materials based on cement and/or lime-Specifications and methods of test

[10] ASTM C979 -05 Standard Specification for Pigments for Integrally Colored Concrete

[11] BS 1014:1975 Specification for pigments for Portland cement and Portland cement products

[12] DIN 53 237 Testing of pigments; pigments for colouration of building materials based on cement or lime

[13] ACI 212.3R-91. Chemical Admixtures for Concrete, ACI Com 212, Chapter 6: Miscellaneous admixtures, p 25



14 |

16 |

15 |

17 |