

ZKOUŠKY SE SAMOZHUTNITELNÝM BETONEM TESTS WITH SELF-COMPACTING CONCRETE

PETR HOLUŠA,
BŘETISLAV VAŘEKA

S výrobou samozhutnitelného betonu neexistují problémy, pokud máme dostatek finančních prostředků. Zcela jinak je tomu většinou, chceme-li vyrobit samozhutnitelný beton pouze ze vstupních složek, které máme k dispozici. Popis řešení takové situace.

Production of self-compacting concrete is problem-free as long as there are sufficient funds. However, when self-compacting concrete is to be manufactured only from the input components which are available, the situation is very different. This article describes the solution in such a case.

Výroba samozhutnitelných betonů podle receptur využívajících osvědčených přísad a příměsí není v současné době již žádnou novinkou a tato technologie začíná být běžně používanou. Nutno však dodat, že tento způsob provádění betonových konstrukcí má svá omezení z hlediska objemu, což je způsobeno většinou vyšší cenou takto vyrobeného betonu.

Snaha autorů tohoto příspěvku k dané tématice byla zaměřena na návrh složení samozhutnitelného betonu při dodržení všech technických parametrů a na redukci jeho výrobních nákladů. Snížení nákladů se pokusili dosáhnout použitím běžně dostupných materiálů z místních zdrojů. Spolu s tímto cílem bylo materiálových testů využito k ověření účinku přísad od několika firem, viz tab. 1.

Tab. 2 *Kombinace přísad a příměsí*
Tab. 2 *Compositions of additives and admixtures*

Poř. č.	Přísada	% z C	Příměs	Rozlítí [mm]	Pevnost [MPa]
1	Addiment FM 34	1,8	popílek Nová huť	730	43,1
2	Addiment FM 39	1,9	popílek Nová huť	660	64,2
3	Addiment FM 39	1,9	jemně mletá struska	620	70,6
4	Addiment FM 39	2,3	jemně mletá struska	680	71,4
5	Woerment FM 396	2,5	jemně mletá struska	630	67,8
6	Sika ViscoCrete 5-N	2,8	jemně mletá struska	620	77,6
7	Sika ViscoCrete 5-N	1,9	jemně mletá struska	610	63,4
8	Sika ViscoCrete 3-N	2,8	popílek Nová huť	680	48,4
9	Sika ViscoCrete 3-N	2,8	jemně mletá struska	650	69,8
10	Sika ViscoCrete 5-800	3,3	jemně mletá struska	660	84,3

Dávka cementu byla konstantní u všech pokusů a činila 300 kg/m³. Dávka příměsí byla rovněž konstantní v množství 200 kg/m³ a vodní součinitel byl udržován okolo hodnoty 0,35.

Kombinací přísad a příměsí bylo v laboratoři provedeno celkem třicet šest pokusných záměsí, které se lišily pouze druhem příměsí, při stejném množství, a druhem i množstvím přísady.

Jako srovnávací beton byly zamíchány pouze základní vstupní složky s popílkem, bez přísad, v konzistenci S 2 (sednutí kužele 90 mm). Tento beton dosáhl po 28 dnech pevnosti v tlaku 34,5 MPa.

DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

K prvnímu posouzení vhodnosti navržených kombinací přísad a příměsí docházelo již při provádění pokusných záměsí. Vzhled čerstvého betonu z hlediska jeho homogenity a soudržnosti, spolu s vhodnou konzistencí, již předem vyloučily některé zkoušené kombinace jako nevhodné, nebo nepoužitelné pro samozhutnitelné betony.

Hlavními sledovanými parametry v této fázi testů byla konzistence měřená rozlítím a soudržnost čerstvého betonu. Tyto parametry byly sledovány v časové posloupnosti, aby bylo možno určit dobu zpracování. Následně byly prováděny zkoušky objemové hmotnosti, pevnosti v tlaku, odolnosti proti průsaku vody a odolnosti vůči působení solí a chemických rozmrazovacích látek.

Z původních třiceti šesti navržených a vyzkoušených receptur bylo tímto způsobem vybráno deset návrhů, u nichž výsledky zkoušek dávaly předpoklad pro použití ve výrobě. V tabulce 2 jsou uvedeny možné kombinace přísad a příměsí,

Kamenivo:	0 až 4 mm- drobné těžené kamenivo z Tovačova,	52 %
	2 až 8 mm- hrubé těžené kamenivo-odpad vznikající při výrobě suchých maltových směsí,	18 %
	8 až 16 mm – hrubé drčené kamenivo z Bohučovic,	30 %
Cement:	CEM I 42,5R z Hranic	
Příměsí:	– elektrárenský popílek z Nové huti Ostrava	
	– granulovaná vysokopecní jemně mletá struska ze Štramberka	
	– dva druhy použitých slévárenských písků	
Přísady:	Addiment FM 34, FM 37, FM 38, FM 39, FM 396	
	Woerment FM 396, FM 375	
	Chysofluid Premia 100, Optima 200	
	Sika ViscoCrete 5-N, ViscoCrete 3-N, ViscoCrete 5-800	
	Mapei Mapeifluid X 524, Viscofluid SCC	

Tab. 1 *Vstupní složky*
Tab. 1 *Input components*

konzistence a dosažené pevnosti v tlaku po dvaceti osmi dnech.

Porovnáním výsledných pevností v tlaku srovnávacího betonu s betony obsahujícími přísady, zjišťujeme dvě pevnostní hladiny. Nárůst pevností samozhutnitelných betonů obsahujících jako příměs elektrárenský popílek je v průměru o 15 MPa, kdežto betony obsahující jemně mletou vysokopecní strusku vykazují nárůst v průměru až o 37 MPa. Betony s příměsí strusky dosahovaly také poměrně vysokých pevností v tlaku již po sedmi dnech.

Odolnost betonů proti účinkům chemických rozmrazovacích látek se rovněž liší podle použité příměsí. U betonů s elektrárenským popílkem je odolnost většinou ještě vyhovující normě pro 100 cyklů, kdežto betony s příměsí strusky vyhoví s velkou rezervou i po 150 cyklech.

Zlepšení vodotěsnosti betonů je účinkem obou použitých příměsí srovnatelné. Průsaky podle ČSN 73 1321 se pohybovaly okolo 10 mm.

Účinek použitých přísad ve vybraných pokusných záměsích byl dosti podobný. Množství dávkovaných přísad, které je většinou vyšší než distributoři uvádějí, bylo pravděpodobně ovlivněno druhem použitých příměsí a možná i původem cementu. Betony s uvedenými přísadami si zachovávaly dlouhou dobu původní konzistenci, a přestože nedosahovaly vždy rozlítí 700 mm, ještě po 90 minutách zaplňovaly dobře vzdálená místa v kon-



Obr. 1 Pohled na část základové konstrukce při odbedňování
Fig. 1 View of a part of the foundation structure during demoulding



Obr. 2 Povrch betonu v nejvzdálenějším místě konstrukce od místa ukládní
Fig. 2 Concrete surface in the place of the structure farthest from the placing site

strukci. Konzistence se za tuto dobu změnila asi o -100 mm.

Abyste bylo možno laboratorní výsledky ověřit v praxi, bylo rozhodnuto provést poloprovodní zkoušku. Po dohodě s investorem byl vybrán objekt základu rodinného domku o objemu cca 16 m³, s poměrně složitým půdorysem.

K poloprovodní zkoušce bylo použito dvouřetenové horizontální míchačky Schwing-Stetter 1,5 m³ a běžný autodomíchač o objemu 4,5 m³. Do směsi bylo použito těžené kamenivo frakcí 0 až 4 a 2 až 8 mm a drcené kamenivo frakce 8 až 16 mm. Jako pojiva bylo použito cementu CEM I 42,5R z Hranic. Příměsí byl popílek z Nové huti Ostrava a jako přísada byl použit superplastifikátor FM 39 Addiment. Voda byla z místního zdroje

vyzkoušené užitkové vody. Receptura byla modifikací receptur odzkoušených v laboratorních podmínkách, tab. 3.

Beton byl zamíchán za přímého dozoru pracovníků Betotechu. Přísada byla dávkována přímo do míchačky a míchací doba byla prodloužena o 60 sekund.

Konzistence čerstvého betonu ihned po zamíchání dosáhla 710 mm rozlitém a během přepravy, která trvala asi čtyřicet pět minut, nedošlo prakticky ke změně. Po devadesáti minutách dosahovalo rozlité 600 mm.

Čerstvý beton se vizuálně jevil jako homogenní, bez náznaků rozměšování a tak se také choval při ukládání do konstrukce. Beton byl v celém objemu uložen z jediného místa a délka toku v poměrně složité základové konstrukci přesáhla 15 metrů. Zkušební tělesa zhotovená z betonu odebraného z nejvzdálenějšího místa konstrukce byla na řezech srovnávána s tělesy zhotovenými na betonárně po zamíchání. Ve struktuře nebylo shledáno rozdílu. Pevnost v tlaku po 28 dnech dosáhla 50 MPa.

Zkušební tělesa zhotovená při tomto

Tab. 3 Použité vstupní složky při poloprovodní zkoušce

Tab. 3 Used input components in the pilot test

Složka	Množství [kg/m ³]
cement	320
kamenivo 0–4 mm	910
2–8 mm	307
8–16 mm	530
popílek	180
přísada (1,8 % z C)	5,76
voda	110

poloprovodním pokusu byla zkoušena v ostravské laboratoři Betotechu a také v laboratoři ŘSD ČR v Brně. Výsledky obou pracovišť byly ve shodě.

ZÁVĚR

Laboratorní zkoušky se samozhutnitelným betonem, popsané v příspěvku, mají přispět k rozšíření poznatků o možnostech využití dalších materiálů k výrobě směsí se specifickými vlastnostmi.

Cílem práce bylo ověření možnosti výroby samozhutnitelného betonu s využitím stávajícího sortimentu základních vstupních složek doplněných druhotnými surovinami, které mají výskyt v ostravské oblasti. Zkoušky byly také využity k ověření kompatibility použitého cementu, kamene, příměsí a hlavně přísad od různých distributorů. Uplatnění druhotných surovin z místních zdrojů jako příměsí bylo vyvoláno snahou o zlepšení ekonomického efektu výroby.

Zkoušky v laboratoři ukázaly na některé nerealizovatelné záměry spotřeby použitých druhotných surovin pro výrobu samozhutnitelných betonů. Oba druhy zkoušených degradovaných slévárenských písků způsobovaly problémy s dosažením potřebného stupně tekutosti a zvyšovaly náchylnost betonu k rozměšování. Aby bylo možno tohoto materiálu, jehož výskyt je poměrně značný, využít, bude třeba provést ještě další zkoušky, které nebyly zahrnuty do ukončené etapy.

Podobně byly pro konečnou fázi zkoušek vyloučeny i některé přísady. Ve většině případů byla hlavním důvodem jejich vysoká spotřeba pro dosažení potřebné konzistence a tudíž i příliš vysoká cena betonu.

Zkoušky betonu proběhly s variantou, u níž byly jemné částice doplňovány elektrárenským popílkem. Technické parametry a výrobní náklady hotového betonu odpovídají třídě C30/37. V případě použití jemně mleté strusky by došlo ke zvýšení výrobních nákladů asi o 150 Kč, ale zároveň by technické parametry splňovaly požadavky pro třídu C35/45, včetně odolnosti vůči vlivu prostředí.

Ing. Břetislav Vařeka, CSC.
BETOTECH, s. r. o., zkušební laboratoř Ostrava
Místecká 1121, 703 83 Ostrava
tel./fax: 069 6781 800
e-mail: bretislav.vareka@betotech.cz
Ing. Petr Holub
(t.č. voják základní služby)