NOVÝ PŘÍSTUP K URČENÍ OPTIMÁLNÍ DÁVKY SUPERPLASTIFIKÁTORŮ A JEJICH KOMPATIBILITY S CEMENTOVÝMI MATERIÁLY ▮ A NEW APPROACH FOR THE SATURATION POINT OF SUPERPLASTICISERS AND THEIR COMPATIBILITY WITH CEMENTITIOUS MATERIALS

Emili García-Taengua, Mohammed Sonebi, Su Taylor, Liberato Ferrara, Peter Deegan, Andrea Pattarini

Optimální dávka superplastifikátoru není pro všechny situace stejná a není stejná ani pro všechny superplastifikátory. Pro studium vlivu minerálních příměsí na superplastifikátory byla sledována reologie cementových past na základě výsledků zkoušek pomocí Marshova kužele. Tato studie představuje první krok k optimalizaci směsí samozhutnitelných betonů (SCC). ▮ The optimum superplasticiser dosage is not the same in all cases, and is not the same for all superplasticisers. To study the effect that mineral admixtures have on superplasticisers performance, the rheology of different grouts has been studied using the Marsh cone. This study represents the first step towards the optimisation of the self-compacting concrete (SCC) mixes.

CHARAKTERISTIKA INTERAKCE SUPERPLASTIFIKÁTORŮ A MINERÁLNÍCH PŘÍMĚSÍ

Nárůst užívání betonů vysoké užitné hodnoty (HPC) během posledních dvou dekád přitáhl pozornost k jemným materiálům, které slouží jako částečná náhrada cementu [1]. Užití minerálních příměsí, např. jemně mletého vápence jako filleru (LSP), popílku, mikrosiliky nebo mleté granulované vysokopecní strusky (GGBS), ovlivňuje interakci mezi superplastifikátorem (SP) a cementem [2]. Interakce mezi minerální příměsí a cementem je současně ovlivněna i typem a dávkou SP. Ve výsledku lze jen těžko vysvětlit vliv interakce mezi příměsí a cementem na vlastnosti čerstvého betonu, zvláště jsou-li v systému obsaženy minerální příměsi [3].

Při zkoušce pomocí Marshova kužele se měří čas, který je zapotřebí, aby vytekl zvolený objem cementové pasty ústím kužele. Vzhledem k její jednoduchosti a snadné vizuální interpretaci výsledků je široce užívána pro výzkum a je zkouškou pro výzkum často vybíranou.

LSP má obvykle pozitivní efekt na tekutost cementové pasty a zpracovatelnost čerstvého betonu, a proto umožňuje snížit dávku SP pro dosažení dobré úrovně zpracovatelnosti [4]. Nelze to však brát za obecně platné pro kteroukoliv minerální příměs, minerální moučky zlepšují kvalitativní hodnoty betonu, ale někdy mohou snižovat zpracovatelnost, protože jejich přidáním do směsi se, vzhledem k jejich jemnosti, pravděpodobně zvýší požadavek na množství vody [5]. Ze složitého systému interakce jednak vzájemně mezi různými minerálními příměsmi a jednak mezi nimi a SP vyvstává potřeba konceptu kompatibility mezi minerálními příměsmi a SP [2, 6, 7].

Všechny předem uvedené aspekty zdůrazňují potřebu dalšího výzkumu v této oblasti obecně stejně jako předběžného zkoušení minerálních příměsí a SP v cementové pastě jako prvního kroku pro vhodnou volbu poměrů a optimalizaci návrhu SCC směsí. Výzkum představený v tomto článku nabízí nový přístup, který využívá předností výsledků získaných ze zkoušky pomocí Marshova kužele a zkoumá kompatibilitu mezi dvěma minerálními příměsmi (LSP a GGBS) a dvěma superplastifikátory (SP1 a SP2).

EXPERIMENTÁLNÍ PROGRAM

Materiály

Cementová pasta byla připravena z cementu, LSP, GGBS, vody a SP. Ve směsi byl použit cement CEM I 42,5 R vyrobený v Irsku. Průměrná velikost částic LSP (d_{50}) byla 9,1 µm a částic GGBS 13,8 µm.

Tekutost cementových past závisí na kompozici a účinnosti SP, které se jeden od druhého liší [7]. Proto je třeba posuzovat více než jeden produkt. Byly tedy použity dva polykarboxylátové ether–based superplastifikátory SP1 a SP2. Jejich objemové hmotnosti byly 1,06, resp. 1,08 g/cm^3. Oba SP jsou podobné zhlediska obsahu vody (65, resp. 60 %), ne však z hlediska struktury polymerů, které obsahují.

Kompozice cementové pasty

Základním zaměřením výzkumu byla studie vlivu, který mají různé procentuální obsahy LSP a GGBS na čas průtoku odpovídajících cementových past ústím Marshova kužele. Za tímto účelem byly připraveny a zkoušeny pasty s různým procentuálním hmotnostním obsahem pevných složek. Připravené kombinace jsou uvedeny v tab. 1.

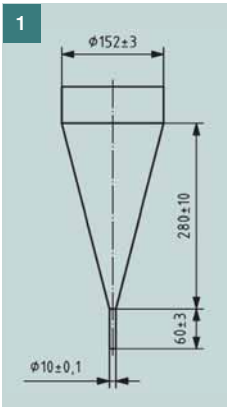
Protože se vliv LSP a GGBS pravdě-

Tab. 1 Procentní zastoupení pevných složek ve zkoušených kombinacích ▮ Tab. 1 Percentages of solids in the combinations tested

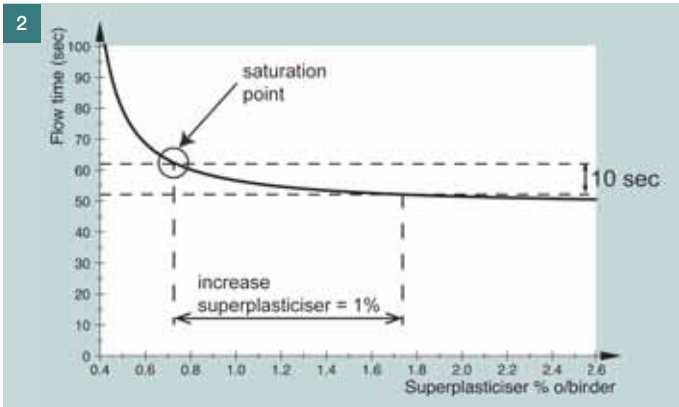
Malta	Cement [%]	Vápenec [%]	GGBS *) [%]
G-0	100	0	0
G-30L	70	30	0
G-25G	75	0	25
G-50G	50	0	50
G-30L35G	35	30	35

*) mletá granulovaná vysokopecní struska

1



2



Tab. 2 Výsledky zkoušek pomocí Marshova kuželu pro SP1 ▮
Tab. 2 Marsh cone test results for SP1

Obsah SP [% hmotnosti pojiva]	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Pasta	7-min časy průtoku [s]					
G-0	70	60	56	50	51	56
G-30L	51	54	39	42	38	-
G-25G	77	75	65	64	61	63
G-50G	84	68	70	71	69	65
G-30L35G	34	32	32	31	-	-

Tab. 3 Výsledky zkoušek pomocí Marshova kuželu pro SP2 ▮
Tab. 3 Marsh cone test results for SP2

Obsah SP [% hmotnosti pojiva]	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6
Pasta	7-min časy průtoku [s]					
G-0	174	90	87	-	72	59
G-30L	77	37	38	33	37	-
G-25G	141	-	97	95	89	89
G-50G	161	132	114	110	-	111
G-30L35G	63	46	38	-	39	-

podobně mění v závislosti na použitém SP, byly pasty z navržených kombinací složek vyrobeny dvakrát. První série obsahovala SP1 a druhá SP2.

Poměr vody a pevných složek byl 0,4 ve všech pastách.

Výroba a zkoušení cementových past

Tekutost všech past byla vyhodnocena na Marshově kuželu podle EN 445 na 7min výtokový čas. Jedná se o určení doby, po kterou trvá protečení 1,2 l cementové pasty otvorem kuželu o průměru 10 mm po předchozím 7min míchání.

Ve všech případech byla použita voda o teplotě 15 až 18 °C. Protože postup přidávání jednotlivých složek směsi do míchačky významně ovlivňuje spracovatelnost směsi [7, 8], byl pro přípravu všech zkoušených směsí použit stejný postup. SP rozmíchaný s vodou byl dávkován do míchačky před přidáním pevných složek.

ANALÝZA VÝSLEDKŮ: METODOLOGIE

Určení výtokových křivek pro pasty

7min výtokové časy získané pro různé dávky SP1 a SP2 vyjádřené pomocí hmotnosti SP vztažené k celkové hmotnosti pojiva jsou uvedeny v tab. 2 a 3.

Pro všechny zkoušené případy byly vynesenými experimentálními výsledky proloženy exponenciální křivky vyjádřené vztahem

$$t(x) = a\exp\left(\frac{1}{bx+c}\right),$$

kde x značí obsah SP vyjádřený v procentech hmotnosti pojiva, $t(x)$ je 7min čas průtoku a a, b a c jsou parametry získané během „ladění“ vhodného vztahu. Každá $t(x)$ křivka tak vyjadřuje křivku průtoku cementové pasty.

Tento přístup nabízí potenciální výhody v případě porovnávání s jinými postupy zvažovanými pro určení saturačního bodu: umožňuje další interpretaci experimentálních výsledků, protože tři parametry a, b a c definují pozici a tvar křivky průtoku cementové pasty. Parametr a je asymptotický čas průtoku, a proto informuje o maximálním účinku, který SP může mít na cementovou pastu určitého složení. Parametry b a c určují tvar křivky.

Tab. 4 Body nasycení a odpovídající časy průtoků ▮ Tab. 4 Saturation points and corresponding flow times

	Pasta	x^*	$t(x^*)$ [s]
SP1	G-0	0,73	62
	G-30L	0,68	48
	G-25G	0,77	71
	G-50G	0,62	76
	G-30L35G	0,26	41
SP2	G-0	1,78	63
	G-30L	1,22	33
	G-25G	1,26	93
	G-50G	1,02	114
	G-30L35G	1	43

Určení optimální dávky superplastifikátoru

Bod saturace neboli optimální dávka superplastifikátoru je bod, za kterým už další přidání SP nemá žádný přínos [9]. Tento bod je často stanovován vizuálně a existuje řada jeho definic založených na sklonu průtokové křivky [7]. Zde je však představena jasnější definice bodu saturace, nová definice založená na účinnosti zvyšujícího se množství superplastifikátoru. Poté, co je průtoková křivka $t(x)$ „vyladěna“ na experimentální data, je bod saturace neboli optimální dávky SP x^* definován jako bod, za kterým není již zvýšením dávky superplastifikátoru o 1 % hmotnosti pojiva snížen čas průtoku o více než 10 s. Toto kritérium je ilustrováno na obr. 2. Jeho hodnotu lze určit ze vztahu

$$t(x^*+1) - t(x^*) = 10\ [\mathrm{s}]\ .$$

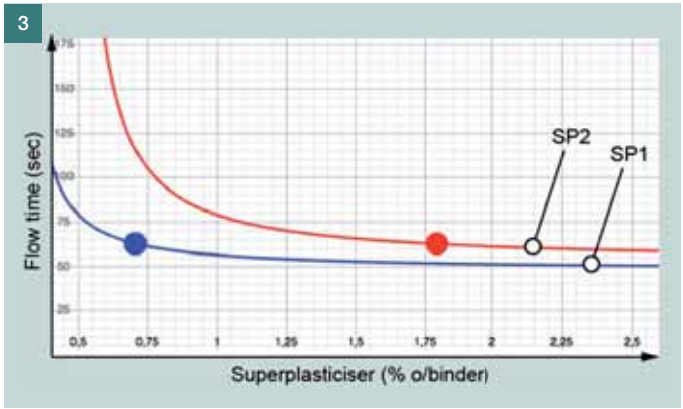
Hodnoty optimálních dávek x^* získané pro SP1 a SP2 společně s odpovídajícími 7min časy průtoků $t(x^*)$ jsou uvedeny v tab. 4.

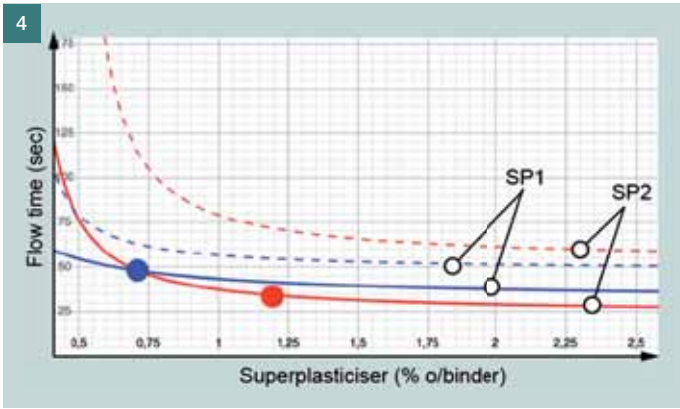
Obr. 1 Marshův kužel (zdroj: norma EN 445, rozměry v mm) ▮ Fig. 1 The Marsh cone (source: standard EN 445, dimensions in mm)

Obr. 2 Navržené stanovení bodu nasycení ▮ Fig. 2 Proposed definition of saturation point

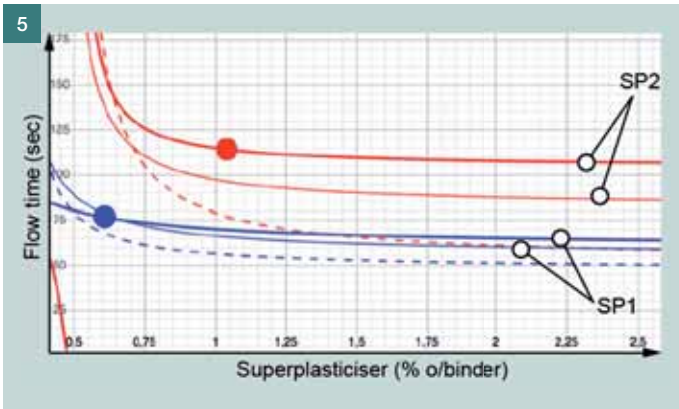
Obr. 3 Křivky průtoků pro referenční pasty (100% cement) ▮ Fig. 3 Flow curves for reference grouts (100% cement)

Obr. 4 Křivky průtoků pro pasty s obsahem 30 % LSP, (% hmotnosti pojiva) ▮ Fig. 4 Flow curves for grouts with 30% LSP

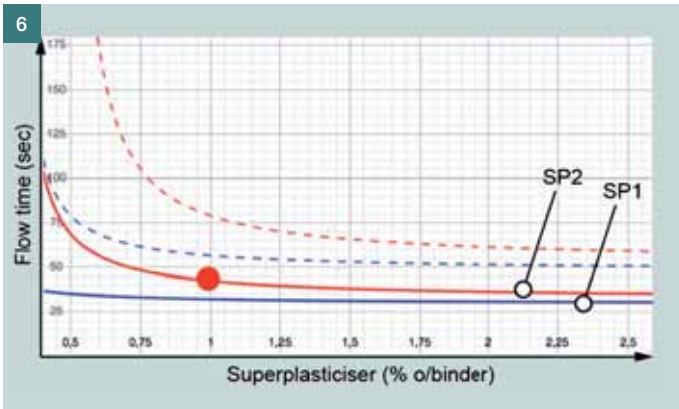




5



6



VÝSLEDKY A DISKUZE

Účinky SP1 a SP2 na 100% cementové pasty

Obr. 3 ukazuje křivky průtoku získané pro referenční pasty (obsah pevných složek je 100% cement) s přidanými SP1 a SP2. Bylo pozorováno, že asymptotický čas je velmi podobný pro obě přísady (*a* je 48 s pro SP1 a 53 s pro SP2), a proto jejich ideální, nejlepší působení na cementové pasty by mělo být velmi podobné. Avšak tvar těchto křivek jasně ukazuje, že SP1 je účinnější než SP2, protože čas průtoku pro určitou dávku SP je pro SP1 nižší než pro SP2. Dále bod saturace pro SP1 odpovídá nižší přidané dávce než pro SP2, a proto je optimálního působení dosaženo cenově výhodněji při použití SP1 než SP2.

Účinek jemně mletého vápence (LSP)

Již dříve bylo prokázáno, že použití jemně mletého vápence v množství vyšším než 20 % zvyšuje rozptýlení všech pevných složek a zlepšuje kompatibilitu cementu a SP [6]. Pojem „kompatibilita“ se odkazuje k interakci mezi pojivovým materiálem a superplastifikátorem: čím je vyšší kompatibilita, tím tekutější je výsledná pasta. Pokud jsou ve směsi použity cement nahrazující materiály nebo inertní moučky, kompatibilita mezi cementem a SP je pravděpodobně modifikována.

Výsledky zde prezentované jsou v souladu s předchozími závěry. Obr. 4 ukazuje křivky průtoku získané pro pasty s 30 % LSP a 70 % cementu (procenta hmotnosti) v porovnání ke křivkám past se 100% obsahem cementu. Je zřejmé, že použití LSP přináší obecně snížení průtokových časů.

Tato redukce je zvláště významná, když je použitý superplastifikátor SP2, který byl identifikován jako méně účinný. Závěrem, oba superplastifikátory jsou podobně účinné pro dávky nad 0,75 % hmotnosti pojiva, kdy 30 % pevných složek v pastě je nahrazeno jemně mletým vápencem. Takže přidání LSP je vhodné nejen z pohledu tekutosti cementové pasty, ale také proto, že může vyrovnávat případný nedostatek účinnosti superplastifikátoru.

Příčinou uvedených zjištění je skutečnost, že jemně mleté vápence doplňují nedostatek jemných částic cementu, zvyšují stabilitu čerstvé pasty a hrají roli lubrikantu mezi relativně hrubými zrny cementu [4].

Účinek mleté granulované vysokopecní strusky (GGBS)

Obr. 5 ukazuje průtokové křivky past s 25 a 50% obsahem (procenta hmotnosti) GGBS ve srovnání s křivkami 100% cementových past.

Je zřejmé, že nahrazení cementu mletou granulovanou vysokopecní struskou má negativní dopad na tekutost pasty, obecně zvyšuje průtokový čas, zejména pokud je použitý superplastifikátor SP2, u kterého byla prokázána nižší účinnost.

V tomto případě je jasné, že nahrazení cementu mletou granulovanou vysokopecní struskou způsobí významnou ztrátu kompatibility mezi cementem a superplastifikátorem SP2.

Existuje několik závažných aspektů, které mohou vysvětlit negativní dopad GGBS na průtokový čas popsaný v článku. Zaprvé, šupinkovitý charakter částic GGBS může zvyšovat tření v blízkosti ústí kužele, když pasta vytéká z Marshova kužele. Za druhé, je možné, že rozdíly mezi SP1 a SP2 zahrnují skutečnost, že část SP2 je pohlcována částicemi GGBS, zatímco u SP1 se to neděje. Může to být následkem různého chemického složení SP1 a SP2 a je třeba se tomu dále věnovat, např. při hledání možných změn v potenciálu zeta [10]. A konečně, pokud je v pastě použito pouze 50 % cementu, zvyšují se průměrné vzdálenosti mezi cementovými částicemi a SP molekulami. A všechny tyto aspekty mohou působit dohromady.

Interakce mezi LSP a GGBS

Z výsledků prezentovaných v předchozích odstavcích může být usuzováno, že užití LSP způsobuje obecně snížení průtokových časů, zatímco při použití GGBS byl ověřen opačný účinek. Proto by bylo pochopitelné očekávání, že se tyto účinky nějakým způsobem vyruší, pokud jsou obě minerální přísady použity současně.

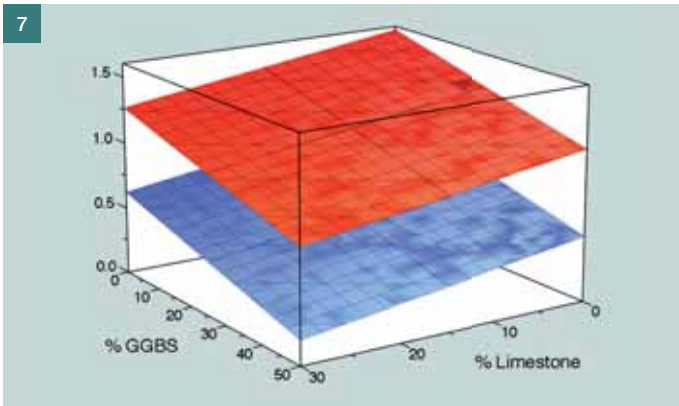
Avšak není to tak. Průtokové křivky získané pro pasty, kde byly použity oba fillery, jemně mletý vápenec a GGBS, dohromady s cementem (35 % cementu, 35 % GGBS a 30 % LSP, hmotnostní procenta) jsou ukázány na obr. 6. Je možno pozorovat, že při použití obou minerálních příměsí se obecně snižují časy průtoků, bez ohledu na použití SP.

Toto chování je následkem mnoha příčin působících současně, zejména:

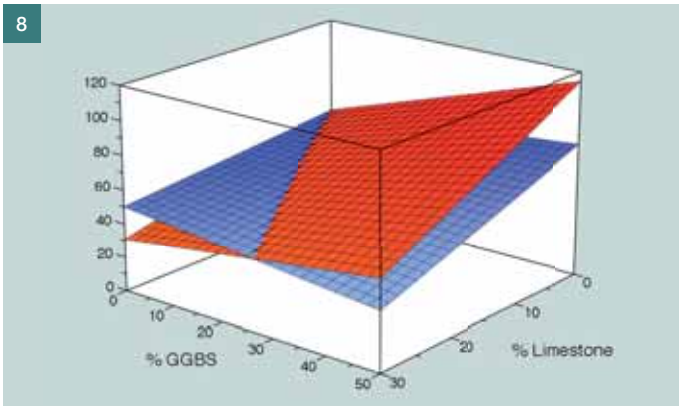
- křivka zrnitosti směsi dvou jemných složek je spojitější než každé složky zvlášť,
- jsou-li použity obě příměsi, pouze 35 % pevných částic pasty tvoří cement,
- poměry týkající se rozpustnosti různých iontů v roztoku cementu a adsorpce SP jsou modifikovány.

Proto lze usuzovat, že účinek těchto minerálních příměsí na časy průtoků není jednoduchý: jsou totiž v interakci nejen s cementem a superplastifikátorem, ale i mezi sebou navzájem. Tato interakce se stává výhodnou pro tekutost past. Avšak problém není triviální a nemůže být zobecňován, protože existuje mnoho odlišných případů, které byly popsány v článcích a zprávách [5]. Proto je, dříve než jsou vynášeny případné zobecněné domněnky, v první řadě nezbytné realizovat předběžné

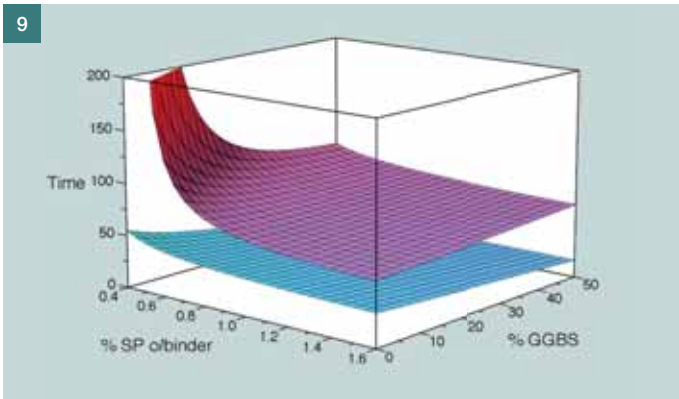
7



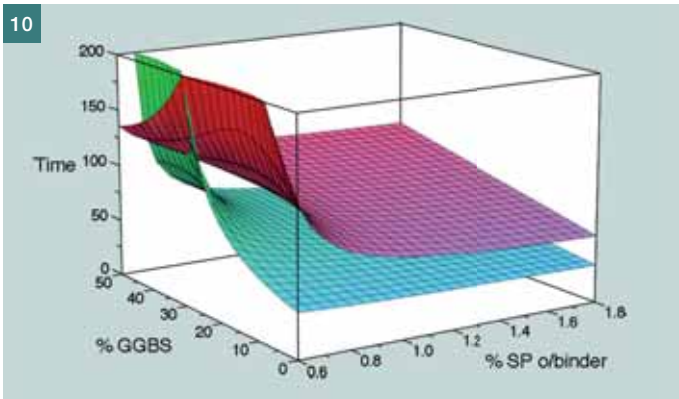
8



9



10



zkoušky potřebné ke studiu kompatibility mezi minerálními příměsmi a superplastifikátorem.

ÚČINNOST SUPERPLASTIFIKÁTORU VE VZTAHU K OBSAHU MINERÁLNÍCH PŘÍMĚSÍ

Optimální dávka superplastifikátoru

Vztah mezi optimální dávkou superplastifikátoru (bod nasycení), typem SP a procentním podílem LSP a GGBS z pevných složek bývá modelován průměry vícenásobné lineární regrese. Pro stanovení bodu nasycení SP byl vyvinutý vysoce přesný model (R^2 91,6 %). Je užíván k předběžným propočtům dávkování jak SP1, tak SP2 v různých scénářích, dokud tyto v rámci zkoušených intervalů (0 až 30 % LSP a 0 až 50 % GGBS) klesají.

Obr. 7 ukazuje reakční plochy získané uvedeným modelem. Je možno sledovat, že, v průměru, bod saturace SP2 je dvakrát výše než SP1. Jinými slovy: SP1 je, v průměru, dvakrát tak účinný jako SP2. V průměru užití 30 % filleru z jemně mletého vápence způsobí 30% průměrné snížení bodu saturace a užití GGBS způsobí průměrné snížení o 40 %.

To je významné z pohledu cenové efektivnosti superplastifikátorů. Oba použité superplastifikátory, SP1 a SP2, mají podobnou jednotkovou cenu. Výběr SP1 implikuje snížení nákladů za použitý superplastifikátor až o 50 % na optimální dávce a použití LSP vytváří prostor pro další snížení nákladů bez ústupků v účinnosti, dokud náklady v důsledku spotřeby LSP nejsou větší, než snížení nákladů vyvolané snížením spotřeby SP. Na základě těchto podkladů je možné připravit ekonomickou optimalizaci cementových past, v extrapolaci i samozhutnitelného betonu.

Průtokové křivky a optimální průtokové časy

Čas průtoku odpovídající bodu nasycení SP je vztažen k jeho nejúčinnější koncentraci ve směsi, dále už nemá význam zvyšovat použitou dávku SP. To se vztahuje k typu superplastifikátoru a procentnímu podílu LSP a GGBS z obsahu pevných složek (R^2 99,3 %). Odvozené vztahy jsou zřejmé z obr. 8. Některé specifické aspekty stojí za to zdůraznit.

Prvním z nich je skutečnost, že typ plastifikátoru ovlivňuje účinek minerální příměsi na průtokový čas. Pozitivní vliv LSP na čas průtoku je vždy výrazný, ale zvláště, když je použit SP2. Protože tento byl během popsaného výzkumu indentifikován jako méně účinný, může být tato skutečnost vysvětlována příspěvkem LSP ke kompatibilitě systému cement – SP.

Užití GGBS až do 50% podílu pevných částic v pastě neznamená žádné významné rozdíly ve srovnání se 100% cementovou pastou, pokud je použitý SP1, který se jeví jako vysoce kompatibilní s cementem. Na druhou stranu, pokud je použitý SP2, náhrada 50 % cementu GGBS znamená, že čas průtoku se při optimální dávce SP zdvojnásobí.

Metodologie popsaná v článku má velký potenciál jako nástroj k popsání interakce mezi superplastifikátorem a minerálními příměsmi (obr. 9 a 10). Reakční plochy vynesené v obrázcích jsou zobecněné průtokové křivky. Každá plocha umožňuje předběžně stanovit čas průtoku, který by byl určen ze zkoušky Marshovým kuželem (a z toho tekutost cementové pasty) pro jakoukoliv dávku SP a obsah minerálních příměsí. Na obr. 9 jsou vyneseny reakční plochy pro SP1 a na obr. 10 pro SP2. Podobné plochy, které lze sestavit pro jakýkoliv superplastifikátor a minerální příměsi, jsou dobrou obrazovou pomůckou pro zjišťování kompatibility mezi nimi, která soustřeďuje množství užitečných informací, které mohou být využity pro předběžné stanovení tekutosti cementových past za různých okrajových podmínek.

Interakce mezi obsahy LSP a GGBS má významný vliv na čas průtoku. Lze sledovat, že v případě 30% obsahu LSP v pastě nemá obsah GGBS vý-

Obr. 5 Křivky průtoků pro pasty s 25 a 50 % GGBS, (% hmotnosti pojiva) ▮ Fig. 5 Flow curves for grouts with 25% and 50% GGBS

Obr. 5 Křivky průtoků pro pasty s 30 % LSP a 35 % GGBS, (% hmotnosti pojiva) ▮ Fig. 6 Flow curves for grouts with 30% LSP and 35% GGBS

Obr. 7 Bod nasycení pro SP1 (modře) a SP2 (červeně), vztaženo k obsahu LSP a GGBS ▮ Fig. 7 Saturation point for SP1 (blue) and SP2 (red) related to LSP and GGBS contents

Obr. 8 Časy průtoků při optimálních dávkách SP1 a SP2, vztaženo k obsahu LSP a GGBS ▮ Fig. 8 Flow times at optimum dosage of SP1 and SP2 related to LSP and GGBS contents

Obr. 9 Časy průtoků pro různé dávky SP1 a GGBS s a bez přidání LSP ▮ Fig. 9 Flow times for different SP1 and GGBS contents with or without LSP

Obr. 10 Časy průtoků pro různé dávky SP2 a GGBS s a bez přidání LSP ▮ Fig. 10 Flow times for different SP2 and GGBS contents with or without LSP

Literatura:

[1] *Ferraris C. F., Obla K. H., Hill R.* (2000): The influence of mineral admixtures on the rheology of cement paste and concrete, Cement and Concrete Research, 31, 245–255

[2] *Burgos-Montes O., Palacios M., Rivill P., Puertas F.* (2012): Compatibility between superplasticizer admixtures and cements with mineral additions, Construction and Building Materials, 31, 300–309

[3] *Nehdi M., Mindess S.* (1996): Optimization of high strength limestone filler cement mortars, Cement and Concrete Research, 26(6), 883–893

[4] *Nehdi M.* (2000): Why some carbonate fillers cause rapid increases of viscosity in dispersed cement-based materials, Cement and Concrete Research, 30, 1663–1669

[5] *Sonebi M.* (2001): Factorial design modelling of mix proportion parameters of underwater composite cement grouts, Cement and Concrete Research, 31, 1553–1560

[6] *Jolicoeur C., Simard M. A.* (1998): Chemical Admixture-Cement Interactions: Phenomenology and Physico-chemical Concepts, Cement and Concrete Composites, 20, 87–101

[7] *Agulló L., Toralles-Carbonari B., Gettu R., Aguado A.* (1999): Fluidity of cement pastes with mineral admixtures and superplasticizer – A study based on the Marsh cone test, Materials and Structures, 32, 479–485

[8] *Bapat J. D.* (2012): Mineral Admixtures in Cement and Concrete, ed. by CRC Press, 310 pp.

[9] *Neville A. M.* (2011): Properties of Concrete (5th edition), ed. by Pearson, 846 pp.

[10] *Plank J., Hirsch C.* (2007): Impact of zeta potential of early cement hydration phases on superplasticizer adsorption, Cement and Concrete Research, 37(4), 537–542

znamný vliv na průtokové časy. Naopak, pokud je pasta vyrobena bez filleru z jemně mletého vápence, zvyšující se obsah GGBS jasně zvyšuje průtokové časy při optimálních dávkách superplastifikátoru. To posiluje přesvědčení, že užití jemně mletého vápence jako filleru v 30% dávkách podporuje kompatibilitu systému cement – přísada.

ZÁVĚRY

V článku je popsána studie kompatibility rychlého cementu, dvou minerálních příměsí (LSP a GGBS) a dvou superplastifikatorů (SP1 a SP2) realizovaná pomocí zkoušek průtokového času cementových past na Marshově kuželu.

Byla navržena exponenciální závislost pro analytické vyjádření získaných průtokových časů ze zkoušek na Marshově kuželu.

Byla navržena nová definice účinnosti SP vycházející z bodu nasycení neboli optimální dávky SP.

Ve svých nejlepších účincích jsou si SP1 a SP2 podobné. Avšak SP1 je účinnější a kompatibilnější s minerálními příměsmi než SP2.

Přidání LSP má pozitivní vliv: zlepší nejen tekutost pasty, ale současně vyrovnává možnou nedostatečnou účinnost SP.

Nahrazení cementu GGBS má negativní dopad na tekutost, obecně znamená zvýšení časů průtoků, zvláště je-li použit SP2.

Nahrazení cementu z 30 % LSP a současně z 35 % GGBS se ukázalo mnohem lepší než při použití pouze GGBS jako náhrady, bez ohledu na typ použitého SP.

Účinek minerálních příměsí jako LSP a GGBS na tekutost past není jednoduchý. Příměsi vstupují do interakce nejen s cementem a SP ale také vzájemně mezi sebou.

This research has been made possible by the funding received from the European Union, as part of the FP7-PEOPLE-2012-IAPP project „EiroCrete: Development of sustainable, lower carbon, pre-cast concrete infrastructure“. The authors wish to thank their industrial partners as well: Banagher Precast Concrete (Ireland) and Azichem (Italy).

Dr Emili García-Taengua
Queen's University of Belfast, UK
e-mail: e.garcia-taengua@qub.ac.uk

Dr Mohammed Sonebi
Queen's University of Belfast, UK
e-mail: m.sonebi@qub.ac.uk

Prof. Su Taylor
Queen's University of Belfast, UK
e-mail: s.e.taylor@qub.ac.uk

As. Prof. Liberato Ferrara
Politecnico di Milano, Italy
e-mail: liberato.ferrara@polimi.it

Peter Deegan
Banagher Precast Concrete Ltd, UK
e-mail: peterd@bancrete.com

Andrea Pattarini
Azichem, Italy
e-mail: a.pattarini@azichem.it

Článek byl poprvé publikován v časopisu BFT International, 10-2014, str. 44-53. Redakce Beton TKS děkuje všem autorům a redakci časopisu BFT International za laskavé svolení k přetisku českého překladu článku.

VÁŽENÍ ČTENÁŘI,

číslo časopisu, které máte právě rozečtené, je osmdesáté v pořadí, které pro Vás připravila redakce pod mým vedením od ledna 2002. To je vhodný čas na změnu. Další čísla už bude připravovat redakce v jiném obsazení. Loučím se s Vámi a přeji Vám do budoucna mnoho zajímavých článků a dalších informací o betonu a betonových konstrukcích na stránkách časopisu Beton TKS.

Jana Margoldová