



OPTIMALIZACE SLOŽENÍ ALUMOSILIKÁTOVÝCH MATERIÁLŮ PRO TRVANLIVÉ DOPRAVNÍ STAVBY

Zpracovali: Doc. Ing. Vít Šmilauer, Ph.D., Ing. Karolína Hájková (Fakulta stavební ČVUT v Praze)

Souhrn

Aluminosilikátové materiály hrají nepostradatelnou úlohu v dopravních stavbách. Mezi tyto materiály lze zařadit klasický Portlandský cement, který je však ve velké míře nahrazován směsnými cementy s odlišnými vlastnostmi. Tím vzniká prostor pro optimalizaci užitečných vlastností a možné prodloužení trvanlivosti železobetonových konstrukcí.

V technickém listu se porovnávají dva betony třídy C25/30, které jsou vyrobeny buď z Portlandského cementu či ze směsného cementu, kdy je slínek nahrazen 20 % úletového popílku. Porovnává se hydratační teplo v 7 dnech, indukční doba pro karbonataci, smrštění a dotvarování obou betonů.

Materiály

Porovnání vlastností betonů proběhlo na dvou materiálech, viz Tab. 1. Jsou vybrány často používané konstrukční betony s reálnými parametry a podobnou zpracovatelností.

Tab. 1 Složení porovnávaných betonů.

	C25/30-OPC	C25/30-20%FA
$f_{cm,28d}$	33 MPa	33 MPa
OPC	320 kg/m ³	288 kg/m ³
Úletový popílek	-	72 kg/m ³
Voda	160 kg/m ³	161 kg/m ³
Kamenivo	1920 kg/m ³	1830 kg/m ³
Vodní součinitel (w/c)	0,50	0,56
Pojivový součinitel (w/b)	0,50	0,45

Karbonatace

Pro výpočet karbonatace se použil software CarboChlorCon [1], který je založen na modelu karbonatace pro směsné cementy [2]. Uvažuje se beton bez trhlin, relativní vlhkost 50 %, krytí

výztuže 30 mm. Beton z Portlandského cementu vede na indukční dobu (počátek koroze) 83 let. Beton s úletovým popílkiem dává 87 let pro standardní český popílek s nízkým obsahem Ca (třída F dle ASTM). Pro kvalitnější úletový popílek třídy C vychází 111 let.

Účinek chloridů

Účinek chloridů se porovnal v prostředí s ostřikem slané vody (okolí vozovek během zimního provozu) [1]. Koncentrace Cl na povrchu betonů odpovídá přibližně ustálené povrchové koncentraci 1 % pojiva. Pro krytí výztuže 30 mm a beton bez trhlin vychází indukční doba 83 let a 2439 let. Poslední velká hodnota je způsobena velkým poklesem difuzivity v čase.

Hydratační teplo

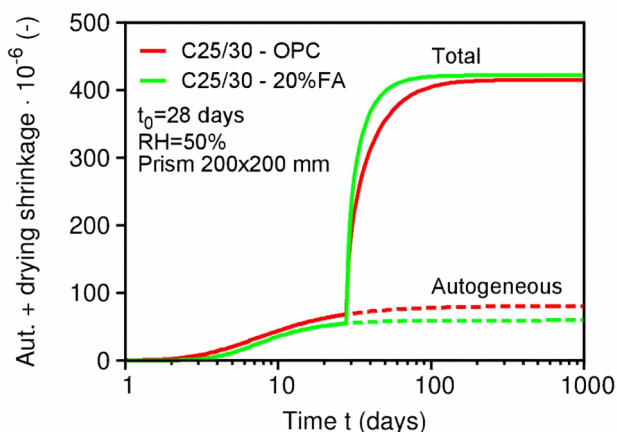
Hydratační teplo závisí na reakční kinetice cementu. Klasický český úletový popílek prakticky nereaguje prvních 7 dní, proto lze hydratační teplo získat přímo ze samostatné hydratace portlandského slínku [3]. Výsledkem jsou tepla v 7 dnech 96 MJ/m³ a 86 MJ/m³. Rozdíl je právě 10 % díky náhradě slínku popílkiem.

Smrštění

Pro výpočet smrštění se použil model smrštění a dotvarování B4, který zahrnuje vliv minerálních přísad v betonu [4]. Celková deformace se vypočte superpozicí účinků smrštění a dotvarování

$$\varepsilon(t) = J(t, t')\sigma + \varepsilon_{sh, total}(t, t_0) \quad (1)$$

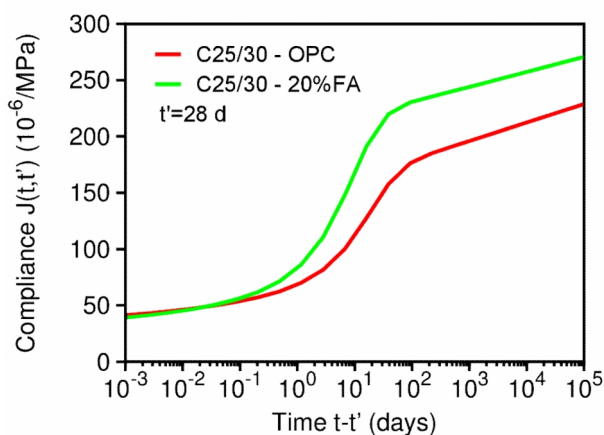
Obr. 1 shrnuje autogenní a celkové smrštění betonu, kdy se uvažuje hranol 200x200 mm s počátkem vysychání ve 28 dnech. Smrštění od vysychání je rozdíl obou hodnot. Z porovnání je zřejmé, že oba betony mají podobné charakteristiky.



Obr. 1 Autogenní a celkové smrštění betonů.

Dotvarování

Pro výpočet dotvarování se opět použil model B4 [4]. Výsledky na Obr. 2 ukazují mírně vyšší dotvarování betonu s úletovým popílčkem. To je příznivé v nepředjatých konstrukcích, kde vyšší dotvarování (a tím i relaxace) vede obecně k menšímu rozvoji trhlin.



Obr. 2 Dotvarování betonů.

Závěr

Oba konstrukční betony vykazují podobné charakteristiky pro karbonataci, autogenní smršťování, smršťování při vysychání i pro hydratační teplo.

Výrazně lépe se chová popílkový beton v prostředí s chloridy, kdy vlivem pucolánové reakce dochází k velkému poklesu difuzivity pro chloridy v čase a k řádovému prodloužení indukční doby. Použití úletového popílku také několikanásobně zpomaluje alkalicko-křemičitou reakci [5], a to už při substituci slínku 12,5%.

Uvedené poznatky se využijí v roce 2016 k optimalizovanému návrhu vybrané dopravní stavby ze železobetonu.

Literatura

- [1] Šmilauer, V., Pohl, K.: CarboChlorCon 1.0 - software for concrete carbonation and chloride ingress. [Software splňující podmínky RIV (dřív Autorizovaný)]. 2014.
- [2] Papadakis, V.G., Tsimas, S.: Supplementary cementing materials in concrete. Part I: efficiency and design, Cem. Concr. Res., 32(10): 1525–1532, 2002.
- [3] Šmilauer, V., Zobal, O., Bittnar, Z., Hela, R., Snop, R., et al.: Využití úletových popílků pro betonáž masivních konstrukcí. BETON-technologie, konstrukce, sanace, roč. 14, č. 2, s. 60-65, 2014.
- [4] Bažant, Z.P., Jirásek, M., Hubler, M., Wendner, R., Lepš, M., et al.: RILEM draft recommendation: TC-242-MDC multi-decade creep and shrinkage of concrete: material model and structural analysis. Materials and Structures, vol. 48, no. 4, p. 753-770, 2015.
- [5] Pertold, Z., Šachlová, Š., Šťastná, A., Bílek, V. ml., Krutilová, K., Bílek, V., Topolář, L.: Alkalicko-křemičitá reakce v české republice a možnosti její eliminace, BETON-technologie, konstrukce, sanace, roč. 14, č. 2, s. 34-41, 2014.