

## **VLIV MNOŽSTVÍ STRUSKY V CEMENTU NA DLOUHODOBÉ VLASTNOSTI BETONU**

*Jiří Adámek<sup>1</sup>, Vlasta Juránková<sup>2</sup>, Iveta Plšková<sup>3</sup>*

*Obsah vysokopecní granulované strusky v cementu zlepšuje řadu vlastností betonů z těchto cementů vyráběných, především dlouhodobých. Řada prací z posledních let publikovaných v renomovaných časopisech se zabývala zhodnocením vlivu struktury v cementech na trhliny betonu [1]. Protože jde vesměs o dlouhodobé zkoušky uplatňuje se struska v betonech značně pozitivně. V příspěvku jsou popsány některé výsledky poměrně rozsáhlého programu prací s pěti cementy s přesně definovaným množstvím strusky. Vliv vyššího obsahu strusky v cementech CEM III/A a CEM III/B se projevil nejlépe ve výsledcích po 1 roce zrání betonu.*

### **ÚVOD**

Otázkami trvanlivosti staviv a především betonů se v posledních dvou dekádách zabývá řada významných pracovišť nejen v Evropě, ale na celém světě. Že jde o problematiku náročnou, svědčí skutečnost, že RILEM doposud nevydala závaznou metodiku, jak trvanlivost zkoušet a hodnotit. Řada států má zpracovány standardy, jak zkoušet některými trvanlivostními metodami změny, ke kterým dochází ve struktuře povrchové vrstvy betonových konstrukcí jako cestě k působení degradujících vlivů na betonářskou výztuž. Názory co patří mezi metody sledování trvanlivosti se liší především podle převládajících klimatických podmínek a podle množství nebezpečných zplodin ve vzduchu. Jednoznačně je konstatováno, že právě kvalita povrchové vrstvy betonu rozhoduje o stavu konstrukce v průběhu jejího využívání.

Celá řada metod zkoušení propustnosti struktury povrchové vrstvy pro kapaliny a plyny se snaží popsat změny ve sledované struktuře bez toho, že by byla k dispozici kritéria pro hodnocení těchto změn. Jde o velmi náročné, dlouhodobé zkoušky především inženýrských konstrukcí vystavených vlivům změn v průběhu celé řady let. Jen velmi málo autorů některou z mnoha zkušebních metod získali tolik výsledků, že, jako výsledek svých výzkumů, stanovili kritéria posuzující aktuální stav struktury povrchových vrstev betonu. Při těchto zkouškách je velmi často konstatováno, že použití některých jemných příměsí, především těch, které jsou latentně hydraulické – jako struska, popílek, mikrosilika a dalších - přispívají k značnému zlepšení všech vlastností betonu, které jsou z hlediska trvanlivosti důležité.

---

<sup>1</sup>ADÁMEK Jiří, Prof.Ing.,CSc., BUT-FCE, Institute of Building Trstiny, adamek.j@fce.vutbr.cz

<sup>2</sup>JURÁNKOVÁ Vlasta, Ing., CSc., BUT-FCE, Institute of Physics, jurankova.v@fce.vutbr.cz

<sup>3</sup>PLŠKOVÁ Iveta, Mgr., Ph.D., BUT-FCE, Institute of Physics, plskova.i@fce.vutbr.cz

### **LABORATORNÍ PŘÍPRAVA CEMENTŮ**

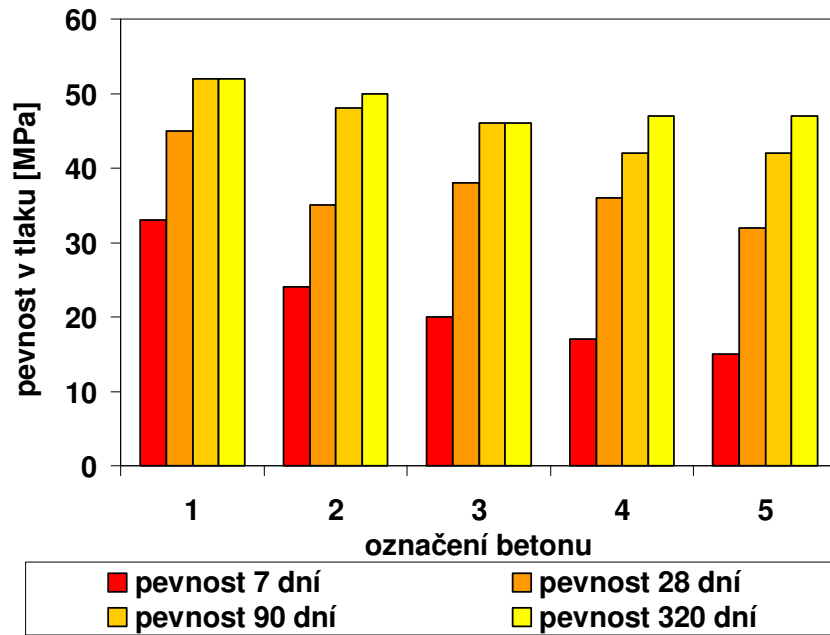
Při spolupráci tří institucí – Českomoravský cement, cementárny Mokrá, VUSTAH Brno a stavební fakulty VUT v Brně – vznikl projekt, který měl potvrdit vliv přesných dávek strusky přidané k portlandskému slinku na základní vlastnosti betonů, především na tzv. trvanlivostní vlastnosti. V laboratorních podmínkách bylo připraveno 5 cementů, lišících se obsahem granulované strusky. Byl použit čistý portlandský cement jako ekvivalent k CEM I bez strusky, cement CEM II/B-s s 30 % strusky, CEM III/A s 50 % strusky a dva cementy CEM III/B se 70 % strusky ze dvou různých zdrojů. Veškeré údaje o přípravě, výrobě a vlastnostech těchto cementů budou uvedeny v samostatném článku předneseném na této konferenci.

### **VÝROBA A OŠETŘOVÁNÍ BETONŮ**

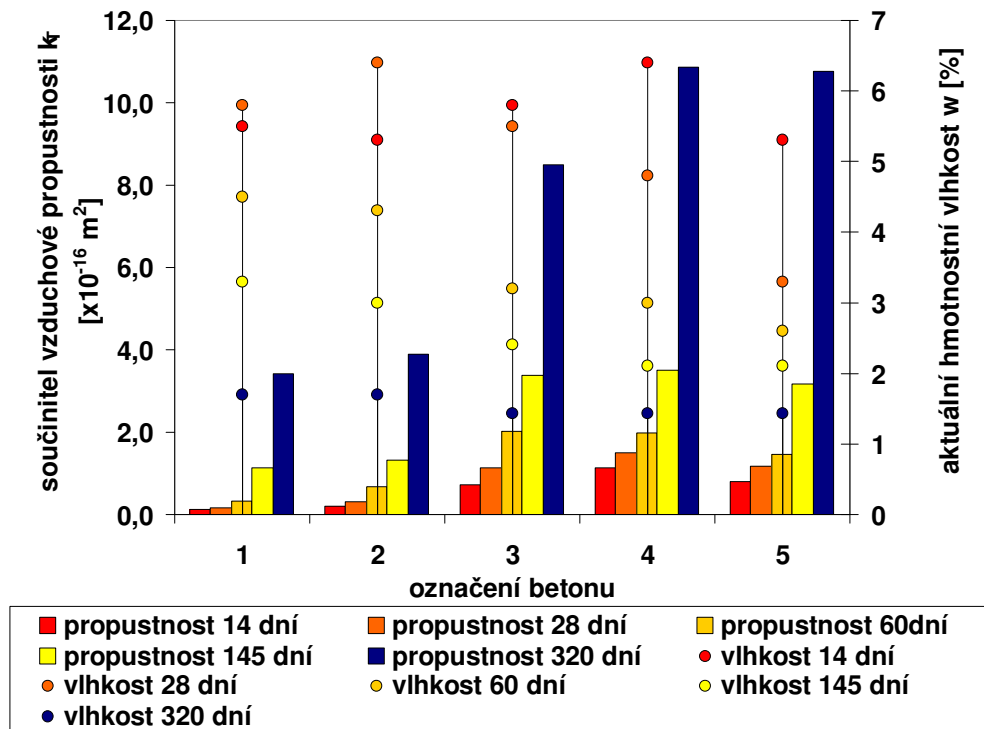
Z uvedených 5 cementů označených 1-5 byla vyrobena a ošetřována zkušební betonová tělesa různých tvarů v rozsahu umožňujícím zkoušet převážnou většinu vlastností těchto betonů po 7, 28, 90 a 320 dnech. Některé zkoušky trvanlivostních vlastností se měřily i v mezidobí, podle aktuálních výsledků měření. Všechny betony měly identické složení kamenných součástí, shodné dávky cementu a superplastifikátoru a shodnou zpracovatelnost. Některé základní vlastnosti betonů byly současně stanoveny na pracovišti zkušebny betonárny Betotech s.r.o v Brně.

### **NĚKTERÉ VLASTNOSTI ZKOUŠENÝCH BETONŮ**

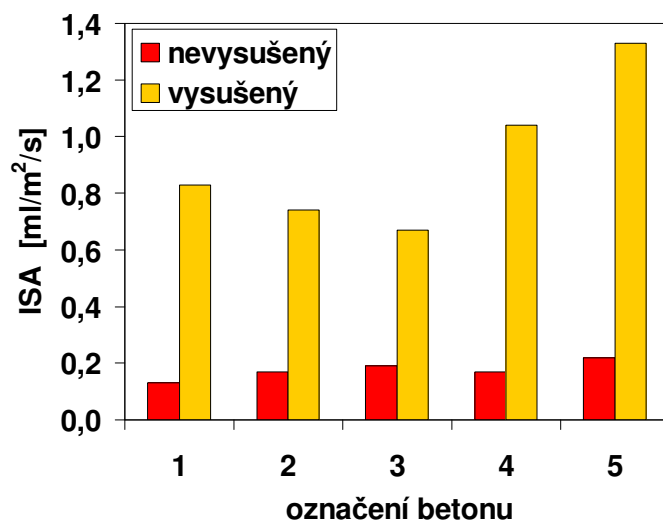
Vzhledem k rozsahu článku uvádíme některé vlastnosti zkoušených betonů. Na obr.1 jsou znázorněny rozdíly v pevnostech betonů v tlaku po dobu téměř 1 roku. Na obr. 2 jsou porovnány nárůsty hodnot součinitele vzduchové propustnosti  $k_T$  měřené metodou TPT ve stáří 14, 28, 60, 145 a 320 dnech v závislosti na hmotnostní vlhkosti. Na obr.3 jsou porovnány hodnoty počáteční povrchové nasákavosti měřené po 10 minutách působení tlakové vody (0,2 bar) na vysušených a nevysušených vzorcích. Na obr.4 jsou porovnány hodnoty difúzního odporu struktury betonu vůči působení oxidu uhličitého.



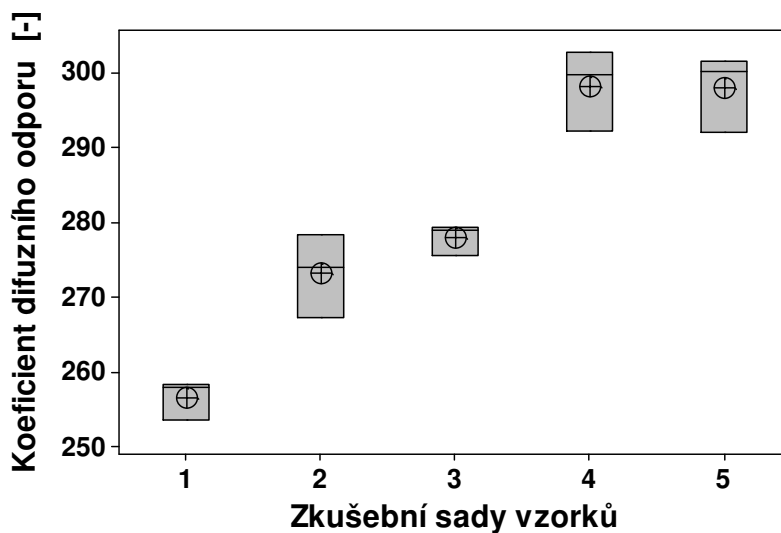
Obr.1. Nárůst pevnosti v tlaku v závislosti na době zrání



Obr.2. Nárůst hodnot součinitele vzduchové propustnosti v závislosti na době zrání



Obr.3. Hodnoty počáteční povrchové nasákavosti



Obr.4. Hodnoty difúzního odporu struktury betonu vůči působení oxidu uhličitého

## **ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ**

Nárůsty pevností betonů od 7 do 320 dní se u jednotlivých betonů liší především u betonu 1 a 4 a 5. Ze sloupcového grafu je zřejmá vysoká počáteční pevnost betonu 1 oproti betonům zbývajícím a v podstatě ukončením hydratačních procesů u betonu 1 po 90 dnech zrání. Tento jev je shodný i u betonů 2 a 3, kdežto u betonů 4 a 5 s vysokým obsahem strusky pevnost stále roste, hydratace díky amorfárnímu oxidu křemičitému ve strusce a jeho reakcí s hydroxidem vápenatým pokračuje tvorbou dalších slinkových minerálů. Pevnosti betonů 4 a 5 po 320 dnech dosahují téměř stejných hodnot jako betony 1 a 2. Přitom v betonu 1 byl použit portlandský cement bez strusky odpovídající třídě 52,5 MPa, kdežto cementy 4 a 5 odpovídaly třídě 32,5 MPa.

Uvedené výsledky vedly k očekávání, že hodnoty součinitele vzduchové propustnosti  $k_T$  stanovené metodou Torrent Permeability Tester (TPT) budou u betonů s vyšším obsahem strusky menší. Tento předpoklad se nepotvrdil, a nižší propustnost vykazuje beton 1. Hodnota propustnosti je zásadně ovlivněna vlhkostí zkoušeného betonu, ty však byly téměř shodné. Tyto zkoušky budou dále pokračovat a jejich ukončení předpokládáme po 2 nebo 3 letech, potom se vzorky vysuší v sušárně a stanoví se závěrečná hodnota  $k_T$ .

Na obr.3 se prokazuje stejná tendence, to znamená, že betony s vyšším obsahem strusky vykazují vyšší počáteční povrchovou absorpci, jsou tedy propustnější.

Hodnoty difúzního odporu na obr. 4 vykázal nejnižší beton 1 a nejvyšší betony 4 a 5.

## **ZÁVĚR**

Poměrně rozsáhlý soubor získaných výsledků různých vlastností umožnil hodnotit tyto výsledky:

- pevnosti betonu v tlaku u všech betonů se téměř po 90 dnech vyrovnaly, ačkoliv vlastnosti použitých cementů se diametrálně lišily,
- u dalších vlastností se původní předpoklad o snížení pevnosti betonů se struskou nepotvrdil, nicméně ve zkouškách se bude pokračovat.

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tento článek vznikl za vydatné podpory projektu MŠMT č. 1M06005 – CIVAK a projektu GAČR č. 103/05/2683.

## **Literatura**

- [1] BIJEN, J. *Blast Furnace Slag Cement for Durable Marine Structures*, Association of the Netherlands Cement Industry, 1996