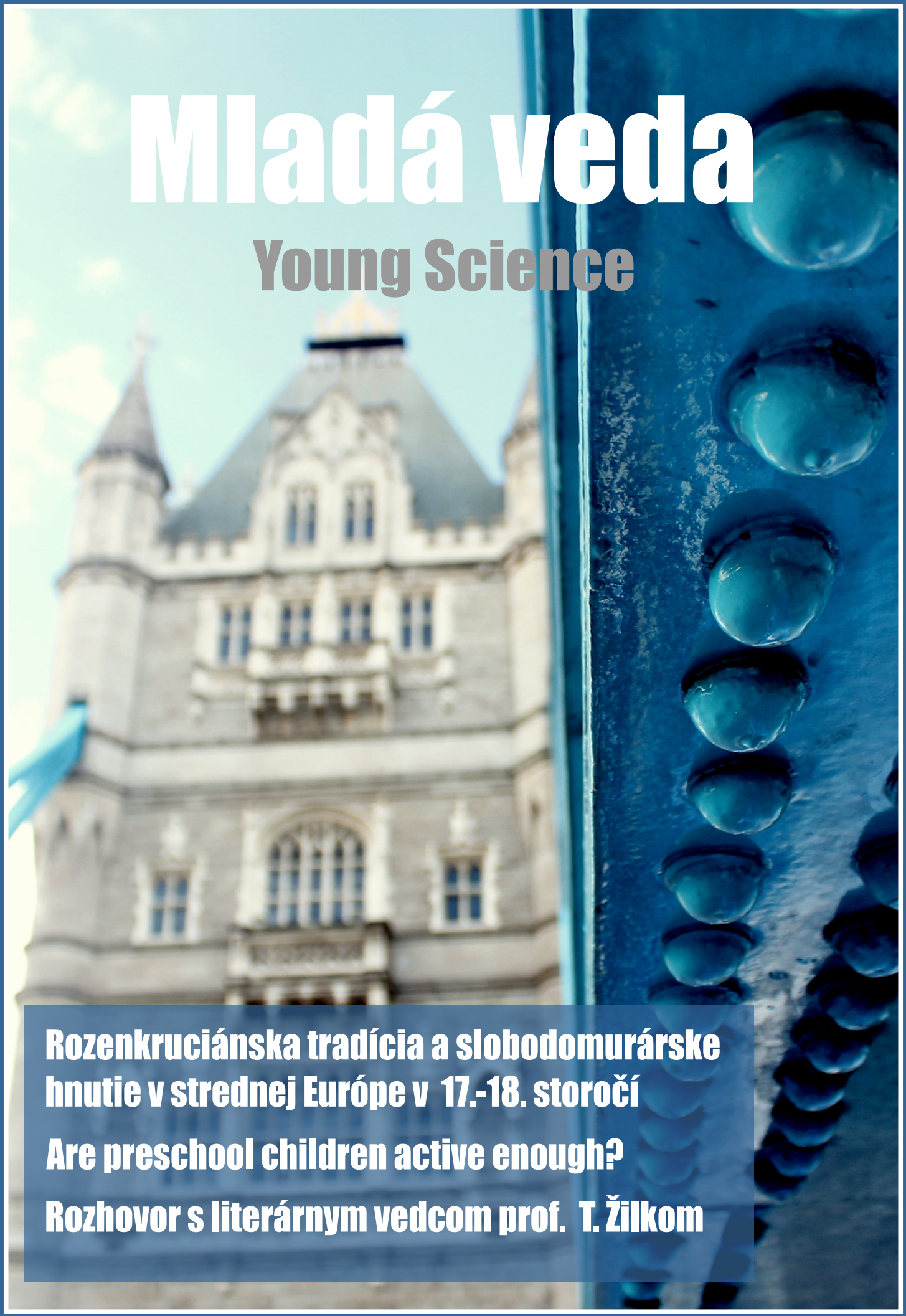
ISSN 1339-3189

Jún 2014

Mladá veda

Young Science



Rozenkruciánska tradícia a slobodomurárske hnutie v strednej Európe v 17.-18. storočí

Are preschool children active enough?

Rozhovor s literárnym vedcom prof. T. Žilkom

www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Jún 2014 (číslo 2)
Ročník druhý
ISSN 1339-3189
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Londýn 2013. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA
doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
doc. PaedDr. Peter Čuka, PhD. (Katedra cestovního ruchu, Slezská univerzita v Opavě)
prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of UkrainianStudies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos, s. r. o., Prešov)
prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA
Mgr. Richard Nikischer (Sociologický ústav Akademie věd ČR, Praha)
Mgr. Branislav A. Švorc, PhD. šéfredaktor (Katedra turizmu a hotelového manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ
Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r.o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 2 (1), pp. 45-53

ÚČINOK EXPANZNÉHO CEMENTU DENKA NA ZMRAŠŤOVANIE CEMENTOVÝCH KOMPOZITOV

EFFECT OF EXPANSION CEMENT DENKA ON SHRINKAGE OF CEMENT COMPOSITES

Ing. Valéria Gregorová[1]

Autorka pôsobí ako interný doktorand na Stavebnej fakulte STU v Bratislave. Vo svojom výskume sa venuje ľahkým tepelnoizolačným betónom na báze plastov a problematike zmrašťovania cementových kompozitov.

Author acts as an internal doctoral student at the Faculty of Civil Engineering STU in Bratislava. In her research deals with the lightweight thermal insulating concrete on base of plastics and problematic of shrinkage of cement composites.

Abstract

Shrinkage is a result of chemical and physical processes in concrete. The results of these are volume changes that may cause cracking, deformation, decrease in strength and especially durability of a construction. The factors effecting shrinkage of concrete are the amount of water in concrete, contents of fine particles, dimension of construction, method of curing of fresh concrete and environmental conditions (temperature, moisture). The paper deals with reduction shrinkage of the cement composites by addition of expansive cement DENKA CSA. The additive was used in an amount of 10 % of the original weight of cement. The results of experiments showed different impact of this additive to volume changes and strength of cement composites.

Key words: composite cement, volume changes, shrinkage, expansive cement

Abstrakt

Zmrašťovanie je dôsledkom chemických a fyzikálnych procesov prebiehajúcich v betóne. Výsledkom sú objemové zmeny, ktoré môžu spôsobiť vznik trhlín, deformácií, znižovanie pevnosti a hlavne životnosti konštrukcie. Množstvo vody v betóne, obsah jemných častíc, rozmery konštrukcie, spôsob ošetrovania čerstvého betónu a podmienky prostredia (teplota, vlhkosť) predstavujú niektoré činitele ovplyvňujúce zmrašťovanie betónu. Príspevok sa zaoberá redukovaním zmrašťovania cementových kompozitov prímesou expanzného cementu DENKA CSA. Prímes bola použitá v množstve 10 % z pôvodnej hmotnosti cementu. Výsledky experimentov preukázali vplyv tejto prímesí na objemové zmeny a pevnosti cementových kompozitov.

[1]Adresa pracoviska: Katedra materiálového inžinierstva, Stavebná fakulta STU v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, E-mail: valeria.gregorova@stuba.sk

Kľúčové slová: cementový kompozit, objemové zmeny, zmrašťovanie, expanzný cement

Úvod

Kompozitný materiál je materiál tvorený z dvoch prípadne viacerých zložiek s rozdielnymi vlastnosťami. Tieto zložky dávajú výslednému materiálu nové vlastnosti, ktoré nemá sama o sebe žiadna z jeho súčastí.

Prvé zmienky o kompozitných materiáloch nachádzame už v antike. Medzi najbežnejšie kompozity patrí betón. V dnešnej dobe, kedy dochádza k produkcií moderných materiálov, patrí vďaka svojim mechanickým, fyzikálnym, chemickým a štrukturálnym vlastnostiam k najpoužívanejším stavebným materiálom sveta.

Kompozitné materiály pozostávajú hlavne z plniva a spojiva. Spojivá môžu byť rôzne, najčastejšie sa však jedná o cementové kompozity na báze portlandského slinku. Výsledná kvalita materiálu súvisí predovšetkým s výrobou, dopravou, ukladaním, zhutňovaním, ošetrovaním a zrením betónu.

Pri návrhu a realizácií betónových prvkov a konštrukcií sa treba zamerať aj na objemové zmeny vznikajúce v betóne. Majú podstatný vplyv na neskoršie vlastnosti. Ide o zmrašťovanie, napučiavanie, dotvarovanie a objemové zmeny od vplyvu teploty. Zmrašťovanie a dotvarovanie betónu ovplyvňuje napätosť a deformácie konštrukcie. Napučiavanie a zmrašťovanie vzniká bez vplyvu zaťaženia na rozdiel od dotvarovania, ktoré je závislé na namáhaní betónu.

Prirodzenou vlastnosťou každého betónu i ďalších cementových kompozitov je jeho zmrašťovanie. Objemové zmeny vznikajúce v betóne spôsobujú poruchy v jeho štruktúre, čím dochádza k znižovaniu pevnosti a hlavne životnosti konštrukcie.

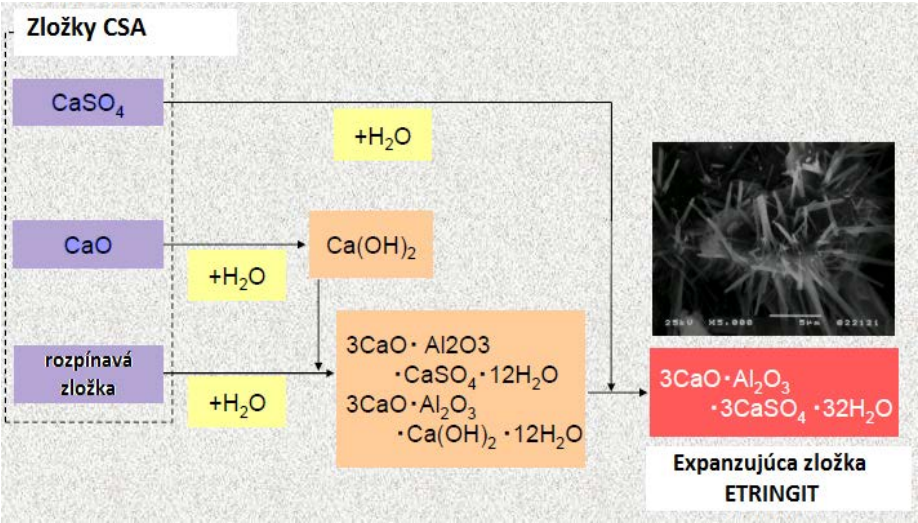
Zmrašťovanie cementového kompozitu možno charakterizovať ako dôsledok zmenšovania obsahu vlhkosti v jeho pórovej štruktúre. Závislosť ovplyvňujú hlavne kapilárne sily uplatňujúce sa v kompozite. Tieto sily stláčajú cementový kompozit zo všetkých strán, čo má za následok jeho zmrašťovanie [1].

Zmrašťovanie vo všeobecnosti závisí od množstva vody v betóne, obsahu jemných častíc, rozmeru konštrukcie resp. prierezu prvku, spôsobu ošetrovania čerstvého betónu a od podmienok prostredia (teplota, vlhkosť, tlak). Neprehliadnuteľný je i vplyv chemických látok ako sú napr. alkálie a sírany [2].

Rozlišujeme štyri druhy zmrašťovania. Vzájomne sa odlišujú najmä začiatkom a dĺžkou doby priebehu. Môžu nastať v rôznych fázach zrenia betónu. Jedná sa o plastické zmrašťovanie, zmrašťovanie od účinkov vysychania, autogénne zmrašťovanie a karbonatizačné zmrašťovanie. Uvedené typy zmrašťovania môžu prebiehať aj súčasne. Podiel jednotlivých typov zmrašťovania na celkovej objemovej zmene závisia predovšetkým od druhu betónu (obyčajný betón, vysokohodnotný betón) [3].

Účinky zmrašťovania možno eliminovať použitím expanzných cementov, ktoré redukujú zmrašťovanie prostredníctvom rozpínavých zložiek. Tie na základe chemických reakcií zväčšujú svoj objem. Dôležitým faktom je, že pri použití rozpínavých cementov neodstraňujeme zmrašťovanie, iba redukujeme jeho negatívne prejavy na konštrukcii – znižuje sa možnosť vzniku zmrašťovacích trhlín.

Expanzný cement DENKA CSA je kalciumsulfohlinitanový cement (CSA). Vyvinutý bol ako prostriedok zmenšujúci zmrašťovanie cementových kompozitov. V Japonsku sa táto technológia využíva už viac ako 40 rokov. Vyrobený je zo špeciálneho slinku a mletý na jemnosť cementu. Minerálne zložky cementu reagujú so zámesovou vodou za vzniku veľmi malých ihličiek etringitu (Obr. 1). Postupne sa z ihličiek etringitu vytvárajú väčšie kryštály, čo ma za následok zväčšenie objemu. Expanzný cement redukuje zmrašťovanie v priebehu vysýchania, zlepšuje vodotesnosť, prídržnosť k podkladu i k výstuži a zvyšuje pevnosti. Používa sa napr. pri liatych betónoch a poteroch, samonivelačných hmotách a kotviacich maltách a pri maltách a betónoch s vyššou nepriepustnosťou [4].



Obr. 1 – Hydratácia cementu DENKA CSA [6]

Príspevok sa zaoberá problematikou zmrašťovania cementových kompozitov. Cieľom práce je experimentálne overiť možnosť redukcie zmrašťovania použitím expanzného cementu DENKA CSA. Prímes bola použitá v množstve 10 % z pôvodnej hmotnosti cementu.

POUŽITÉ MATERÍÁLY

Cement

Laboratórne skúšky sa vykonali na cementových maltách z portlandského troskového cementu CEM II A-S 42,5 R od výrobcu Cemmac a.s. - Horné Srnie. Vybrané vlastnosti použitého cementu sú: normálna hustota 31,2 %, začiatok tuhnutia 200 min, koniec tuhnutia 250 min, objemová stálosť 7,2 mm, pevnosť v tlaku po 2 dňoch 21,6 MPa a po 28 dňoch 49,7 MPa.

Kamenivo

Na výrobu cementovej malty bolo použité prírodné ťažené kamenivo z lokality Veľké Úľany – Nové Osady zložené z troch frakcií. Kamenivo bolo laboratórne rozdelené sitovým rozborom na frakcie 0/1, 1/2 a 2/4 mm.

Popolček

Ďalšou zložkou malty je popolček z Elektrárne Nováky. Ide o aktívnu minerálnu prímes klasifikovanú ako prímes druhu II. Producentom deklarované vlastnosti popolčeka sú: sypná hmotnosť 700 až 900kg/m^3, index aktivity min 75 % po 28 dňoch a min 85 % po 90 dňoch, objemová stálosť – rozpínavosť max 10 mm, strata žíhaním max 5 % hmotnosti.

Plastifikačná prísada

Na zlepšenie tekutosti cementových mált bola aplikovaná prísada na báze modifikovaných polykarboxilátov *MS 4-12* s nasledujúcimi vlastnosťami: hustota pri 20°C: 1060 kg/m^3 ± 20 kg/m^3; pH pri 20 °C: 6,0 ± 2,0; obsah sušiny: 20 % ± 1 %; obsah chloridov: max. 0,10 % z hmotnosti prísady. Ďalej bol použitý stabilizátor *BR stabilizátor 101* (hustota 1,026 g/ml, obsah sušiny 3,6 % a hodnota pH 9,5).

Expanzný cement DENKA CSA bol použitý na redukciu zmrašťovania. Vyznačuje sa nasledujúcimi vlastnosťami: špecifická hmotnosť cca 2,86 g/cm^3, voľná sypná hmotnosť približne 0,9 g/cm^3, sypná hmotnosť po strasení cca 1,43 g/cm^3 a jemnosťou mletia podľa Blaina cca 3700 cm^2/g. Základnou expanznou zložkou je $C_4A_3\bar{S}$. Mineralogické zloženie cementu je uvedené v Tab. 1.

CaO	$C_4A_3\bar{S}$	C_4AF	C_3S	$C\bar{S}$	ostatné
20 %	30 %	2 %	5 %	40 %	2 %

Tab. 1 Mineralogické zloženie expanzného cementu DENKA CSA

↓

rozpínavá zložka cementu

$$C_4A_3\bar{S} \longrightarrow 4CaO.3Al_2O_3.SO_3$$

Voda

Množstvo vody použitej v receptúre je konštantné pre všetky zmesi a dané vodným súčiniteľom (pomer hmotnosti zámesovej vody k hmotnosti cementu) V/C = 0,55.

ZLOŽENIE ZÁMESÍ

V Tab. 2 sa uvádza základné zloženie referenčnej malty a malty modifikovanej prímesou rozpínavého cementu DENKA CSA v množstve 10 % z pôvodnej hmotnosti cementu.

Zložka malty	Dávka zložky	
	Referenčná malta	Modifikovaná malta
Cement	300 g	270 g
DENKA CSA	-	30 g
Popolček	190 g	190 g
Kamenivo		

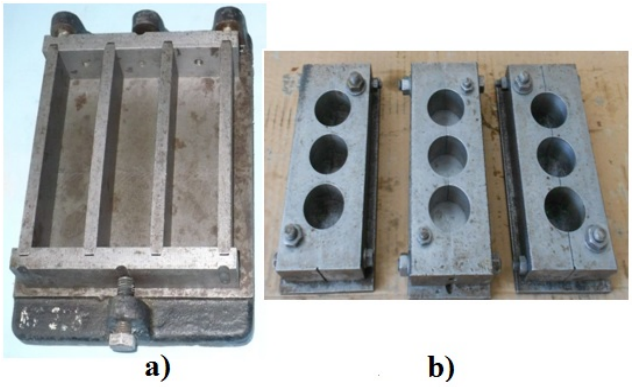
• frakcia 0/1 • frakcia 1/2 • frakcia 2/4	640 g 256 g 384 g	640 g 256 g 384 g
Prísady • plastifikátor • stabilizátor	 7,4 ml 7,7 ml	 7,4 ml 7,7 ml
Voda V/C = 0,55	270 ml	270 ml

Tab. 2 Základné zloženie cementových mált

VÝROBA A OŠETROVANIE SKÚŠOBNÝCH VZORIEK

Miešanie jednotlivých zložiek cementovej malty prebiehalo podľa STN EN 196-1 [5] v normovej laboratórnej miešačke. Po skončení miešania sa stanovili vlastnosti: konzistencia čerstvej malty priemerom rozliatia bez striasania na Haegermannovom rozlevovom stolíku (Obr. 3); objemová hmotnosť čerstvej a zatvrdnutej cementovej malty; zmrašťovanie a pevnosť v tlaku.

Na skúšku zmrašťovania sa vyrobili vzorky - trámce o rozmeroch 40 x 40 x 160 mm, ktoré mali v čelách osadené sklenené kontakty, na skúšku pevnosti v tlaku vzorky tvaru valca s priemerom a výškou 30 mm. Cementová malta bola zhutňovaná prepichovaním sklenenou tyčou.



Obr. 2 – Formy na prípravu skúšobných vzoriek
a) trámce 40 x 40 x 160 mm b) valčeky s priemerom a výškou 30 mm

Vzorky na určenie pevnosti v tlaku sa ošetrovali vo vlhkom prostredí. Vzorky na stanovenie zmrašťovania sa ošetrovali 24 hodín vo vlhkom prostredí. Po odformovaní sa urobilo začiatočné meranie dĺžky a následne sa vzorky uložili do prostredia s laboratórnymi podmienkami (teplota 20 °C ± 5 °C, relatívna vlhkosť vzduchu φ = cca 50%).

Pevnosť v tlaku sa stanovila po 2, 28 a 90 dňoch tvrdnutia vzorky. Zmrašťovanie cementových mált sa stanovilo ako úbytok dĺžky vzhľadom na začiatočnú dĺžku stanovenú po 24 hodinách tvrdnutia vo vlhkom prostredí. Sledovalo sa na vzorkách vo veku 2, 4, 7, 14, 28, 56 a 90 dní, pričom vzorky v tomto období boli uložené v laboratórnom prostredí. Zmena dĺžky sa stanovila pomocou Graf – Kaufmannovho prístroja (Obr. 4). Dĺžka vzoriek sa určovala ako odchýlka od kovového štandardu (etalónu).

Obr. 3 – Rozlievací Haegermannov stolík

Obr. 4 – Graf – Kaufmannov prístroj

VÝSLEDKY EXPERIMENTOV

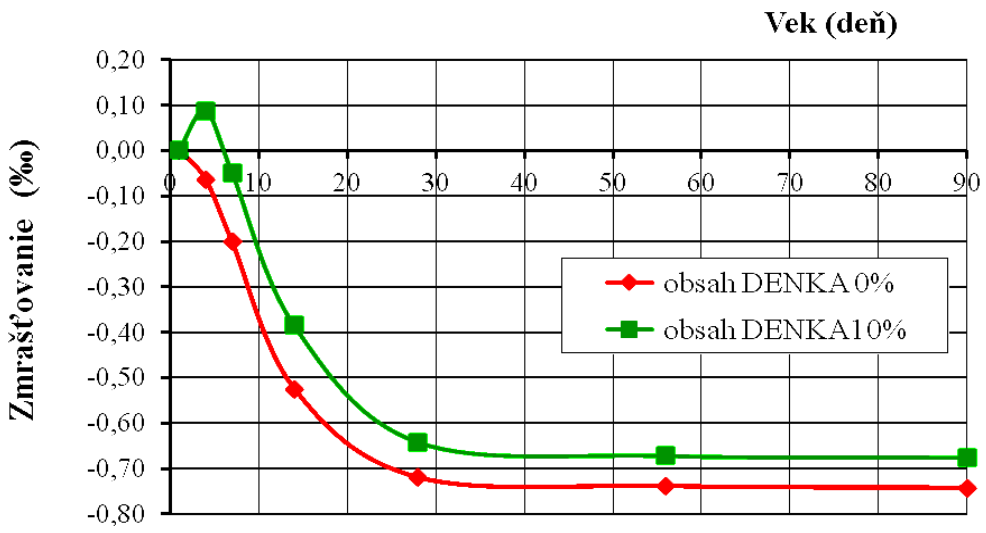
Základné vlastnosti čerstvých mált uvádza Tab. 3. Objemová hmotnosť čerstvej malty s prímesou rozpínavého cementu bola mierne vyššia ako pri referenčnej malte. Aplikácia prímesi mala vplyv aj na konzistenciu a spracovateľnosť malty. Referenčná čerstvá malta sa vyznačovala tekutejšou začiatočnou konzistenciou.

Cementová malta	Podiel cementu DENKA (%)	Vodný súčiniteľ (V/C)	Objemová hmotnosť (kg/m^3)	Konzistencia (priemerom rozliatia) (mm)
Referenčná	0	0,55	2120	282
Modifikovaná	10		2140	247

Tab. 3 Konzistencia a objemová hmotnosť čerstvých cementových mált

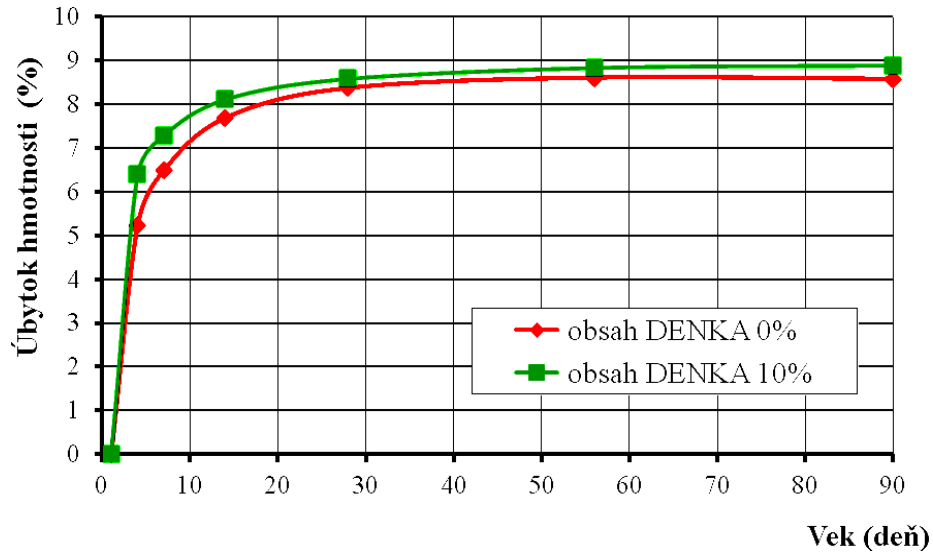
Objemové zmeny referenčnej malty sa prejavili od začiatku vysychania vzorky. Najväčšie zmrašťovanie sa zistilo v prvých dňoch vysychania. S časom ošetrovania sa postupne zmenšovalo a po 28 dňoch sa menilo len minimálne. Celková hodnota zmrašťovania referenčnej malty bola cca 0,74 ‰.

Aplikácia prímesi expanzného cementu DENKA mala výrazný vplyv na objemové zmeny mált v začiatočných štádiách tuhnutia a tvrdnutia. Zmrašťovanie malty bolo kompenzované expanziou rozpínavého cementu. Pri 10 % dávke prímesi došlo po 1 dni vysýchania k zväčšeniu dĺžky skúšobných vzoriek približne o 0,1 ‰. Ďalším ošetrovaním dochádzalo už k zmrašťovaniu modifikovanej malty, pričom jej priebeh sa vyvíjal súbežne so zmrašťovaním referenčnej malty. Celkové zmrašťovanie malty s obsahom rozpínavého cementu bolo takmer 0,68 ‰. (Obr. 9).



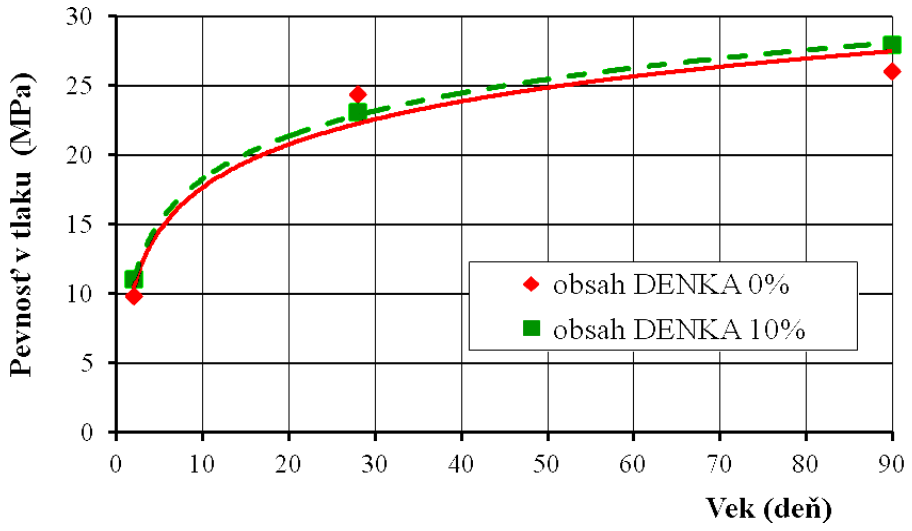
Obr. 9 – Zmrašťovanie referenčnej malty a malty s obsahom prímesi redukujúcej zmrašťovanie

Priebeh zmrašťovania cementových mált korešpondoval s úbytkom hmotnosti jednotlivých vzoriek. Úbytok hmotnosti referenčnej i modifikovanej malty bol v prvých dňoch tvrdnutia približne rovnaký. Určitý rozdiel sa začal prejavovať po 14 dňoch, kde zmes s použitím expanzného cementu mala mierne vyššie úbytky hmotnosti ako malta referenčná (Obr. 10).



Obr. 10 – Úbytok hmotnosti referenčnej malty a malty s obsahom prímesi redukujúcej zmrašťovanie

Použitie expanzného cementu DENKA malo vplyv aj na fyzikálne vlastnosti zatvrdnutých mált (Tab. 4 a Obr. 11). Objemová hmotnosť malty s prímesou bola po 2, 28 i 90 dňoch tvrdnutia menšia ako u referenčnej malty. Využitie prímesi malo za následok len mierne zvýšenie začiatočných (2-dňových) aj dlhodobejších (28 a 90 dňových) pevností v tlaku cementových mált v porovnaní s referenčnou maltou.



Obr. 11 – Vývoj pevnosti v tlaku referenčnej malty a malty s obsahom prímesi redukujúcej zmrašťovanie

Cementová malta	Podiel cementu DENKA (%)	Vodný súčiniteľ (V/C)	Objemová hmotnosť (kg/m³)			Pevnosť v tlaku (MPa)		
			Vek vzorky (dni)			Vek vzorky (dni)		
			2	28	90	2	28	90
Referenčná	0	0,55	2160	2010	1990	9,85	23,09	26,00
Modifikovaná	10		2150	1990	1970	11,02	24,38	27,92

Tab. 4 Objemová hmotnosť a pevnosť v tlaku cementových mált

Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že použitie expanzného cementu DENKA CSA viedlo k celkovému zlepšeniu vlastností cementových mált. Hlavným prínosom bolo zmenšenie zmrašťovania cementových mált a úplná eliminácia zmrašťovania v prvých dňoch tvrdnutia. Významným prínosom je i zvýšenie začiatočných aj dlhodobých pevností cementových mált. Dávka rozpínavého cementu DENKA CSA nemala výrazný vplyv na objemové hmotnosti.

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.

Použitá literatúra

1. ADÁMEK, J., JURÁNKOVÁ, V. a MICHALKO, O. *Sledování kvality těsnicích technologií stanovením součinitele propustnosti povrchu sanovaných betonu pro vodu a vzduch.* [online]. [cit. 1.mája 2013.] dostupné z: http://fast10.vsb.cz/science/konf-02-2001/pics/34.pdf.
2. CIDEAS. S*mršťování vysokohodnotných betonů.* [online]. [cit. 30. marca 2013.] dostupné z: http://www.cideas.cz/free/okno/technicke_listy/6tlv/TL09CZ_2231-9.pdf.

3. HUDOBA, I. *Vysokohodnotný betón.* Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2008. 163 s. ISBN 978-80-227-2836-2.
4. NEWCHEM. *Technický list DENKA CSA.* [online]. [cit. 10. apríla 2013.] dostupné z: http://catalogue.newchem.org/czechia/Up_files%5CTDS%Denka %20CSA.pdf.
5. STN EN 196-1. *Metódy skúšania cementu. Časť 1: Stanovenie pevnosti.* 2005.
6. SUHARA, K. a kol.: *A Method of Section Design of Chemically Pre-Stressed Concrete Members Using a Concept of Work-Done by Expansive concrete.* [online]. [cit. 10. apríla 2013.] dostupné z: http://cement08.in2p3.fr/Presentation%20Workshop%20pour%20site%20web/Tuesday%2014/PM/SUHARA.pdf.