

Vliv mikroplniva na objemovou stálost cementových kompozitů.

Aleš Kratochvíl, Josef Stryk, Rudolf Hela

Souhrn

Cementová malta, jako součást betonu, ovlivňuje zásadním způsobem jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti. Současný rozvoj technologie samozhutňujících betonů (SCC – Self-compacting concrete) vede k nutnosti využívat betonové směsi jejichž cementové malty obsahují mikroplniva, tj. plniva s vysokým měrným povrchem, která tak mohou významně ovlivnit některé parametry konečného produktu – betonu.

V našem příspěvku uvádíme výsledky měření objemových změn cementových malt při jejichž přípravě bylo použito různých druhů a dávek mikroplniva.

Klíčová slova: cementová malta, samozhutňující beton, mikroplnivo, objemová stálost

1 Úvod

Minimalizace objemových změn v průběhu tuhnutí a tvrdnutí cementové malty je jednou ze základních podmínek dosažení jejích optimálních technických parametrů. Na průběh objemových změn malty působí jak vlivy vnější (teplota, vlhkost apod.), tak vlivy vnitřní, dané především volbou surovin a vlastním složením cementové malty. Mezi charakteristiky zásadně ovlivňující náchylnost malty k objemovým změnám patří tzv. vnitřní povrch směsi. Cementové malty s větším vnitřním povrchem, tj. směsi složené v daném objemu z vyššího počtu partikulárních částic, mívají větší hodnoty objemových změn. Zvýšení jemnosti částic maltové směsi, realizované v případě malt pro samozhutňující betony přidávkou mikroplniva, tak významným způsobem ovlivňuje objemovou stálost cementové malty, a jejím prostřednictvím i objemovou stálost z ní vyrobeného betonu.

Jako mikroplniva do malt pro samozhutňující betony lze přitom použít celou řadu materiálů od extrémně jemných křemičitých úletů (mikrosilica) přes hrubší kamenné fillery (odprašky) až po relativně hrubé elektrářenské popílký. Pro posouzení vlivu vybraných druhů mikroplniv na objemovou stálost cementových malt byl proveden dále popsáný soubor experimentů.

2 Metodika měření

Ověření vlivu mikroplniva na objemovou stálost cementových malt bylo realizováno prostřednictvím stanovení volného a vázaného smrštění cementové malty.

Volné smrštění malty bylo zjišťováno digitálním úchylkoměrem kontaktním měřením délkových změn trámečků o rozměrech 40 x 40 x 160 mm [1]. Pro každou zkoušenou maltovou směs byla vyrobena sada tří vzorů, která byla ihned po odformování uložena v laboratorním prostředí [2]. Měření délkových změn bylo prováděno každých 24 hodin po dobu 28 dní.

Stanovení vázaného smrštění bylo prováděno korýtkovou zkouškou [3]. Při tomto způsobu stanovení se cementovou maltou naplní pro každou směs vždy dvě formy tvořené ocelovým profilem trojúhelníkového průřezu s délkou odvěsny 50mm. Délka formy je 1000mm. Pro posouzení vázaného smrštění slouží rozvoj trhlin malty v korýtku, a to jak doba jejich vzniku, tak počet trhlin i jejich šířka. Pro vyhodnocování změn na vzorcích při sledování vázaného smrštění byla použita stolní světelná lupa a ruční lupa s noniem. Podmínky uložení vzorků i četnost měření byla shodná jako v případě stanovení volného smrštění.

3 Program zkoušek

Vlastní ověření vlivu mikroplniva na objemovou stálost cementové malty bylo realizováno ve dvou etapách. Úkolem první etapy bylo posoudit závislost mezi druhem použitého mikroplniva a objemovou stálostí malty. Ve druhé etapě zkoušek byla sledována objemová stálost malty ve vztahu ke změně objemu mikroplniva v maltové směsi. Celkem bylo vyrobeno 12 sad vzorků, po šesti v každé etapě. V první etapě byla jedna sada vzorků připravena bez přídavku mikroplniva jako srovnávací.

3.1. První etapa

Pro posouzení závislosti objemových změn malty na druhu použitého mikroplniva byly zvoleny tyto materiály:

- křemičité úlety (mikrosilica), Oravské ferozliatinárske závody, a.s. Istebné (Slovensko), měrný povrch $23\,568\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$
- velmi jemně mletá struska, Kotouč Štramberk, měrný povrch $3\,629\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$
- jemně mletý vápenec, měrný povrch $4\,857\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$
- elektrárenský popílek, elektrárna Chvaletice, měrný povrch $2\,426\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$
- kamenné odprašky, z lomu Želešice, měrný povrch $4345\text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$

Obsah mikroplniva v jednotlivých směsích činil vždy 10 % z celkové dávky plniva ve směsi.

3.2. Druhá etapa

Posouzení vlivu obsahu mikroplniva v maltové směsi na objemové změny malty bylo realizováno s použitím jemně mletého vápence a kamenných odprašků, v obou případech při dávkách 6, 10, 12 a 14 % mikroplniva z celkového objemu plniva ve směsi.

4 Složení směsí

Při výběru surovin pro výrobu maltových směsí byl zohledněn požadavek na zajištění opakovatelnosti zkoušek. Pro ztekucení směsí byl zvolen superplastifikátor ViscoCrete 5 – 600, firmy Sika CZ a.s. Přísada byla do směsí dávkována v maximálním výrobcem doporučeném množství. Dávky záměsové vody u jednotlivých maltových směsí byly upraveny tak, aby jejich výsledné reologické vlastnosti v čerstvém stavu, vyjádřené v tomto případě jejich pohyblivostí, byly konstantní (s výjimkou směsi srovnávací), a blížily se reálné úrovni pohyblivosti cementové malty obsažené v samozhutňujících betonech [6]. Pohyblivost směsí byla stanovena metodou rozlití kužele. (Kůžel o

rozměrech: vnitřní průměr dolní základny 116mm, horní základny 58mm, výška 175mm).

Konzistence směsi pro výrobu srovnávací sady vzorků byla upravena na nejvyšší dosažitelnou hodnotu tak, aby nedocházelo k odlučování vody ze směsi.

Jako záměšová voda byla použita běžná pitná voda z vodovodního řádu. Pojivo - cement ČSN EN 197-1 CEM I 42,5 R z cementárny Mokrá a plnivo - křemičité písky PR 30 a PR 33 z lokality Provodín odpovídaly příslušným státním [4], resp. podnikovým [5] normám.

5 Výsledky zkoušek

Přehled výsledků provedených zkoušek je rozdělen do dvou oddílů. V prvním oddíle jsou uvedeny výsledky porovnání objemových změn cementových malt v závislosti na druhu použitého mikroplniva. Ve druhém oddíle je vyhodnocen vliv obsahu mikroplniva na objemovou stálost malty.

5.1. Výsledky měření – první etapa

K největším objemovým změnám zjištěným měřením volného smrštění (obr. 1) dochází u směsi využívající jako mikroplnivo křemičitý úlet. Tato skutečnost je zřejmě způsobena vysokou jemností tohoto materiálu. Nárůst celkového smrštění ostatních směsí oproti směsi srovnávací (28 dnů po namíchání) se pohybuje v intervalu 0,1-0,3‰ a maximální hodnota smrštění činí 0,7‰ (elektroárenský popílek).

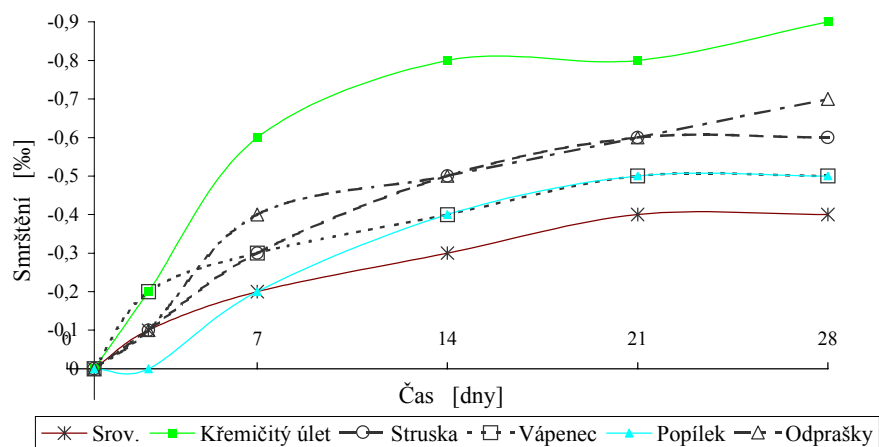
Časový průběh vzniku trhlin při stanovení vázaného smrštění byl u všech zkoušených malt v zásadě totožný s nárůstem objemových změn vzorků při měření smrštění volného. Grafy charakterizující další parametry vázaného smrštění (celkový počet trhlin a jejich celkovou šířku) jsou uvedeny na obr. 2 a 3, a to společně pro obě etapy zkoušek. Nejvyšší objemové změny stanovené metodou vázaného smrštění vykazuje cementová malta vyrobená s příměsí křemičitých úletů. Proti výsledkům zjištěným metodou volného smrštění jsou při stanovení vázaného smrštění výrazně horší vlastnosti cementové malty obsahující jako mikroplnivo jemně mletou vysokopecní strusku. Naopak příznivé výsledky poskytují maltové směsi využívající jako mikroplnivo jemně mletý vápenec a kamenné odprašky.

5.2. Výsledky měření – druhá etapa

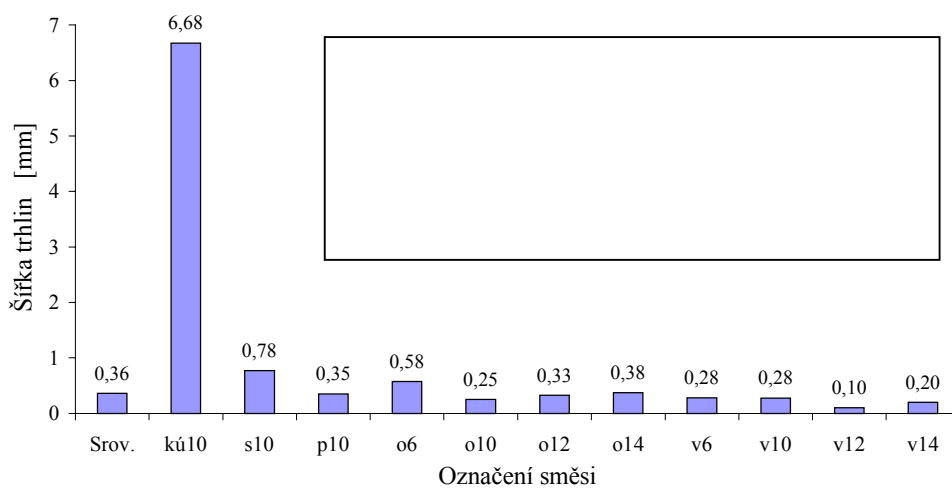
Na základě vyhodnocení výsledků první etapy byla další měření provedena na směsích obsahujících různá množství jemně mletého vápence a kamenných odprašků. Jak vyplývá z grafů na obr. 4 a 5 nevedla změna obsahu mikroplniva v těchto směsích k výraznějšímu rozptylu naměřených hodnot volného smrštění. U obou sledovaných materiálů se změny smrštění v závislosti na dávce mikroplniva pohybují v intervalu 0,1‰. Celkově vyšší nárůst smrštění proti směsi srovnávací se projevuje při použití kamenných odprašků.

Zajímavým faktem je skutečnost, že u obou zkoušených materiálů vykazují v případě měření vázaného smrštění nejhorší výsledky směsi s nejnižším obsahem mikroplniva.

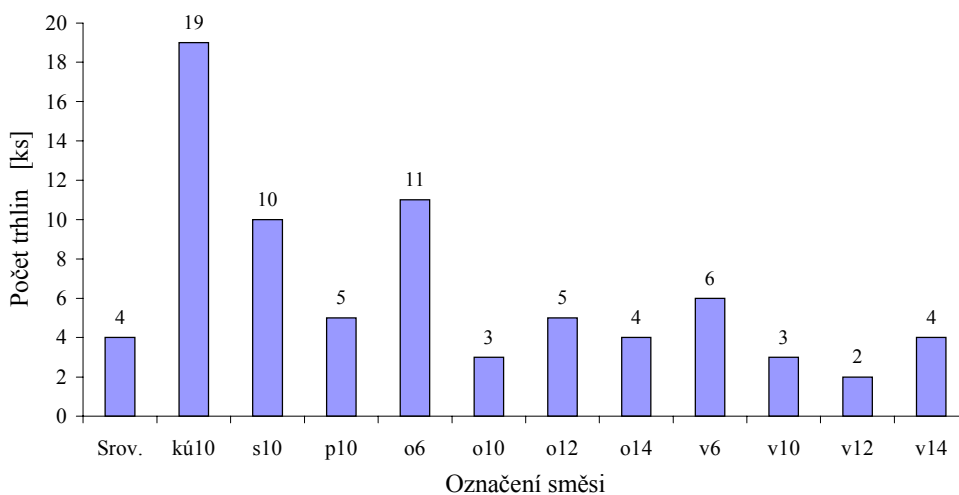
Obr.1 Stanovení volného smrštění - různé druhy mikroplniva :



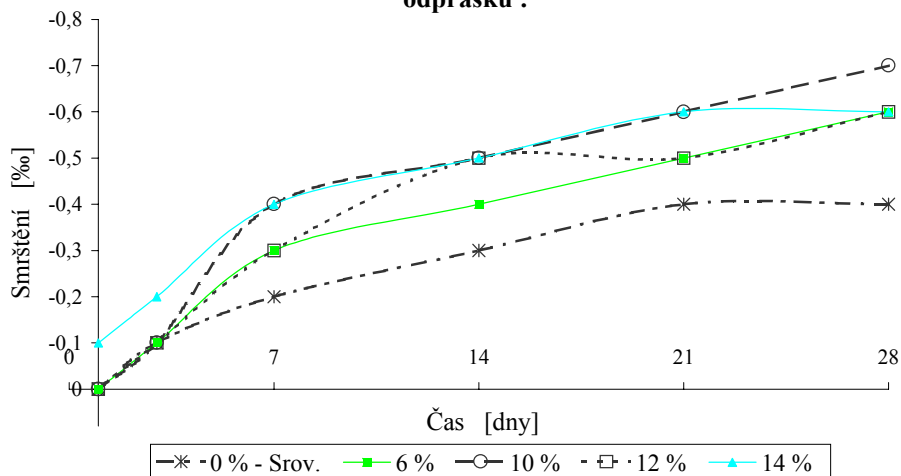
Obr.2. Stanovení vázaného smrštění - celková šířka trhlin:



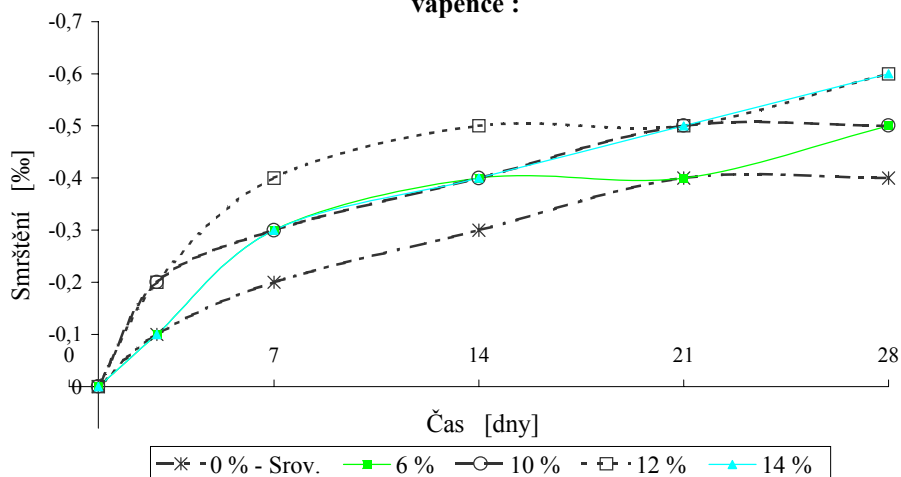
Obr.3. Stanovení vázaného smrštění - celkový počet trhlin:



Obr.4 Stanovení volného smrštění - různé dávkování kamenných odprašků :



Obr.5 Stanovení volného smrštění - různé dávkování jemně mletého vápence :



6 Závěr

Zvýšení obsahu extrémně jemných částic plniva v maltové směsi nevedlo u většiny zkoušených cementových malt k nežádoucímu nárůstu jejich smrštění. Výrazné zvýšení objemových změn cementové malty bylo zaznamenáno pouze u směsi využívající jako mikroplnivo křemičité úlety. Nejmenší objemové změny malty ve vztahu ke srovnávacím vzorkům byly naopak zaregistrovány u malty obsahující jako mikroplnivo jemně mletý vápenec.

Zkoušky realizované ve druhé etapě v daných případech prokázaly relativně malou závislost objemových změn cementové malty na obsahu mikroplniva ve směsi.

Realizovaná měření by bylo vhodné dále doplnit zejména o údaje týkající se chování sledovaných cementových malt ve fázi tzv. autogenního smršťování.

Literatura

- [1] ČSN 72 2453 Zkouška objemové stálosti malty
- [2] ČSN 72 2440 Zkoušení malt a maltových směsí. Společná ustanovení.
- [3] Dohnálek J. a Tůma P.: Porovnání přísad ovlivňujících smršťování cementového kamene, sborník X. mezinárodní konference Sanace betonových konstrukcí, Brno, květen 2000
- [4] ČSN ENV 197-1 Cement – Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití
- [5] PN PPas 72 1205 Slévárenské písky. Materiálový list
- [6] Hela R. a Frýbort D.: Samozhutnitelné betony v České republice, sborník ze semináře Nové druhy betonu, Praha, únor 2000

V příspěvku jsou prezentovány výsledky řešení výzkumného záměru CEZ:EO1/98:Z300000000 a projektu GAČR C.103-01-0814.

Ing. Aleš Kratochvíl, Centrum dopravního výzkumu, Líšeňská 33 a, 636 00 Brno,
tel.: 0504 415522, fax.: 0504 412140, e-mail: kratochvil@cdv.cz

Ing. Josef Stryk, Centrum dopravního výzkumu, Líšeňská 33 a, 636 00 Brno,
tel.: 0504 415522, fax.: 0504 412140, e-mail: stryk@cdv.cz

Ing. Rudolf Hela, Csc., stavební fakulta, VUT Brno, Veveří 95, 662 37 Brno,
tel.: 05 41147508, fax.: 05 41147502, e-mail: hela.r@fce.vutbr.cz