

MOŽNOSTI POČÍTAČOVÉ TOMOGRAFIE PRO NEDESTRUKTIVNÍ ANALYZOVÁNÍ STRUKTURNÍCH ZMĚN MALTY VYSTAVENÉ KOMBINACI NEPŘÍZNVÝCH VLIVŮ ■ POSSIBILITIES OF COMPUTED TOMOGRAPHY FOR NON-DESTRUCTIVE ANALYSING OF STRUCTURAL CHANGES OF MORTAR EXPOSED TO ADVERSE EFFECTS COMBINATION

Tomáš Melichar, Jiří Bydžovský

Článek je zaměřen na využití počítačové tomografie (jako jedné z metod) pro nedestructivní analyzování třídímenzionální struktury nově vyvíjené malty vystavené kombinaci nepříznivých vlivů. Konkrétně byl kompozit na bázi směsné polymercementové matrice, pórovitého a hutného kameniva vystaven působení prostředí o zvýšené koncentraci oxidu uhličitého s následným namáháním extrémními teplotami. Vyvíjená hmota byla exponována v plynném prostředí po dobu 3 a také 5 měsíců s následným teplotním šokem až do 1000 °C. Kromě posouzení tomografem byly sledovány a hodnoceny i vybrané fyzikálně-mechanické či chemické charakteristiky včetně mikrostruktury. Nastolené podmínky simulovaly kritický scénář, který se může odehrát na reálné konstrukci. Vyvíjený materiál by mohl nalézt uplatnění v dopravním stavitelství např. při sanaci ostění tunelů. ■ The article is focused on use of computed tomography (as one of methods) for non-destructive analysing of three-dimensional structure of a newly developed mortar exposed to combined adverse effects. This composite based on blended polymer-cement matrix, lightweight and dense aggregate, was exposed to environment of increased concentration of carbon dioxide with subsequent stress by extreme temperatures. The developed material was exposed to gas environment for 3 and also 5 months with further thermal shock up to 1000°C. Except the assessment by tomography, selected physical-mechanical or chemical characteristics including microstructure were monitored and evaluated. Set-up conditions simulated a critical scenario that could take place on a real structure. The developed material could be applied in transport engineering e.g. rehabilitation of tunnel lining.

Trvanlivost patří mezi klíčové vlastnosti stavebních hmot. Při vývoji nových či inovaci a optimalizaci složení stávajících materiálů je nutné soustředit se na jejich chování v různých nepříznivých prostředích. Výsledné vlastnosti a jejich změny ovlivňuje řada faktorů. Běžným jevem, ke kterému dochází při expozici cementových hmot klimatickým podmínkám exteriéru, je karbonatace. Zjednodušeně lze konstatovat, že při karbonataci

reaguje $\text{Ca}(\text{OH})_2$ obsažený v cementové matrici s CO_2 , pocházejícím z atmosféry, za vzniku CaCO_3 . Komplex reakcí probíhajících při karbonataci je však mnohem komplikovanější. Během karbonatace totiž dochází v několika fázích k různým jevům, což ve svém důsledku vede ke zhoršení vlastností výsledného kompozitu na bázi cementové matrice.

Touto problematikou se již zabývalo a stále zabývá mnoho autorů. Odolnost betonu vůči karbonataci podrobně popsal Thomas a kol. [1], Kou a kol. [2], Faella a kol. [3], Sisomphon a Franke [4], Matoušek a Drochytka [5]. Zhoršení vlastností konstrukčního materiálu vlivem karbonatace by mohlo mít zásadní vliv na jeho chování v různých extrémních situacích, např. při působení vysokých teplot při vzniku požáru. Jevy, které nastávají při rostoucí teplotě v kompozitních materiálech na bázi cementové matrice (malty, betony atd.) jsou taktéž poměrně podrobně definovány v mnoha vědeckých publikacích. Byly popsány i např. vlivy různého složení hmot na teplotní odolnost, což uvádí např. Horszczaruk a kol. [7], Wang [8] a Donatello a kol. [6]. Nicméně je patrné, že za reálných podmínek působí běžně více nepříznivých vlivů buď následně za sebou, či v nehorším případě současně. Synergické působení různých činitelů se pak projeví mnohem negativněji na vlastnostech a chování daného materiálu. Působení vysokých teplot s následným posouzením odolnosti vůči karbonataci prezentuje např. Wang a kol. [9]. Autoři tohoto článku se zabývají situací, kdy byl beton vystaven teplotnímu namáhání a následně prostředí o zvýšené koncentraci CO_2 . Zajímavý a neméně podstatný je ovšem i případ, kdy beton či malta odolává dlouhodobému působení CO_2 s následným vznikem požáru, což příliš prozkoumáno není. Wang a kol. poměrně detailně zkoumá vlastnosti dvou typů betonu (typické složení a modifikované pojivo vysokoteplotním popílkem) při působení maximální teploty 550 °C. Teploty požáru však mohou dle výzkumu, který prezentuje Garlock a kol. [10]

dosahovat běžně i 1200 °C, proto je v tomto článku věnována pozornost právě ověření nově vyvíjené malty s obsahem zvýšeného množství alternativních surovin při synergickém působení několika nepříznivých prostředí. Konkrétně jde o analýzu vlivu karbonatace s následným teplotním zatížením až do 1000 °C. Pro podrobné studium strukturních změn testované hmoty je využito rentgenové tomografie (Computed Tomography, CT), což není pro tento účel příliš rozšířená metoda. Hodnocením pórovité struktury a trhlin v cementové pastě vystavené vysokým teplotám se zabývá např. Kim a kol. [11], jehož výzkum prokázal, že při teplotách nad 900 °C se vytvořila ve zkoumaných vzorcích síť trhlin zapříčiňující explozivní odstřelování. Využití analytické metody CT pro hodnocení struktury stavebních materiálů prezentuje také např. Wang a Dai [12]. Tito autoři posuzovali pórovitý systém vč. molekulární difuze cementových malt.

METODIKA

Při návrhu receptury polymercementové malty byl zohledněn fakt, že by se tato hmota měla vyznačovat jednak odolností vůči extrémním teplotám a současně by měla být i rezistentní vůči klimatickým vlivům (působení oxidu uhličitého). Záměrem bylo rovněž aplikování co možná nejvyššího množství alternativních surovin, jejichž využívání šetří primární zdroje. Jako pojivo byl použit portlandský cement (CEM I 42,5 R), který byl substituován v množství 35 % jemně mletou granulovanou vysokopepní struskou. Pro modifikaci pojiva byla využita také polymerní přísada, konkrétně disperzní prášek kopolymeru vinylacetátu a etylenu. Pro dosažení dobré teplotní odolnosti a současně pro zajištění dostatečných parametrů byla použita směs hutného a pórovitého kameniva. Směs kameniva sestávala z popílkového agloporitu o velikosti zrn 0 až 1 mm a amfibolitu o velikosti zrn 1 až 2 mm. Agloporit byl použit s ohledem na jeho schopnost odolávat působení zvýšené teploty, což proká-