

MODELOVÉ POSOUZENÍ UŽITNÝCH VLASTNOSTÍ OBJEMNÉ MONOLITICKÉ BETONOVÉ KONSTRUKCE

MODEL SCREENING OF USEFUL QUALITIES EXTENSIVE NOMOLITIC CONCRETE STRUCTURE

Stanislav Šťastník¹

Z výsledků experimentálních měření je známo, že pravděpodobnost vzniku trhlin a formování vnitřního napětí v betonu je úměrné nejvyšší dosažené teplotě. Tlaková napětí během hydratačního ohřevu jsou v raném stavu betonu v důsledku zanedbatelné hodnoty modulu pružnosti také nepatrná. Riziko vytváření trhlin se zvyšuje s dobou zpevňování struktury od doby betonáže, která je v počáteční fázi urychlována hydratační teplotou.

Proces hydratace slínkových minerálů cementu představuje silně exotermní reakci. Fáze zpevňování struktury hydratací pojiva představuje pro betonové monolitické objemné konstrukce kritické údobí, neboť zvýšení teploty může ohrozit konečný stav funkčnosti betonu z hlediska jeho požadovaných vlastností. Zejména se jedná o změny související s vnitřní strukturou betonu, pórovitostí, resp. mnohdy požadovanou vodotěsností.

V betonové směsi se projevuje hlavně druh a množství použitého pojiva, tj. cementu. Stanovení průběhu uvolňování hydratačního tepla pojiv lze zjistit experimentálně zkouškou v adiabatickém kalorimetru podle teplotně-časového průběhu uvolňovaného tepla. Konkrétní pevnost betonu se obvykle dává do souvislosti s velikostí celkově uvolněného hydratačního tepla.

Z fyzikálního hlediska představuje hydratační proces komplikovaný chemicko-fyzikální děj řízený mnoha vnitřními termodynamickými vazbami a rovnovážnými stavy. Rozhodující je množství a druh použitého cementu, protože souvisí reakční kinetikou hydratace, resp. časovou závislostí uvolňovaného vnitřního hydratačního tepla. Potřebnou závislost lze pro konkrétní cement zajistit kalorimetrickým měřením. Při znalosti uvedených okrajových podmínek lze formulovat výpočtový model.

Problém rozložení teplotního pole v objemu (x, y, z) lze popsat parciální diferenciální rovnicí parabolického typu tvaru

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(l_x \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(l_y \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(l_z \frac{\partial q}{\partial z} \right) + \Phi(x, y, z, t) - r \cdot c \frac{\partial q}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

kde: Φ výkon vnitřních tepelných zdrojů,

r objemová hmotnost,

c měrná tepelná kapacita,

l_x, l_y materiálové hodnoty součinitele tepelné vodivosti ve směru x, y .

θ teplota.

Na ústavu stavebních hmot stavební fakulty VUT Brno byl sestaven výpočtový model, podle něhož se realizují strojové výpočty časově-závislých 2D-teplotních polí a umožňuje zahrnout změnu geometrie tělesa během výpočtu (stavy postupné betonáže díla), průběh vnitřní generace hydratačního tepla podle konkrétní doby uložení jednotlivých dávek

¹ Stanislav Šťastník, Fakulta stavební, VUT Brno, Veveří 95, stastnik.s@fce.vutbr.cz

betonu do masivu i povrchové jevy zahrnující uplatnění latentního výparného tepla, event. vliv oslunění, periodický průběh denního chodu klimatické teploty.

Okrajové podmínky pro jednotlivé alternativy okolního prostředí v tunelu byly voleny tak, aby vystihovaly všechny možné případy, které se mohou během kritického údobí zpevňování struktury vyskytnout – a) předpoklad mírného vnitřního proudění vzduchu v tunelu okolo tělesa pilíře s hodnotou přestupového součinitele $h = 5,5 \text{ W/m}^2\text{.K}$ (provětrávání tunelu), b) předpoklad neproudícího vzduchu v tunelu okolo tělesa pilíře (alternativní uzavřená vzduchová dutina v tunelu), c) předpoklad mírného vnitřního proudění vzduchu v tunelu okolo tělesa pilíře s hodnotou přestupového součinitele $h = 5,5 \text{ W/m}^2\text{.K}$, avšak s předpokladem, že se nad horním povrchem betonovaného tělesa pilíře vytváří vzduchová dutina, jež zabraňuje bezprostřednímu tepelnému kontaktu s okolním masivem. Tepelný kontakt výpočtově nastane pouze ve dvou krajních rovinách horního líce pilíře.

V příspěvku jsou ukázány výsledky numerického teplotního modelování konkrétní zemní konstrukce budovaného objemného podélného pilíře. Podle výsledku modelování byl přizpůsoben postup betonáže zemního díla.

Tato publikace byla vytvořena při řešení projektů VVZ CEZ MSM 261100008-DT 6 a grantu GAČR 103/03/0952.