



VYUŽITÍ METOD NEDESTRUKTIVNÍHO TESTOVÁNÍ PRO SLEDOVÁNÍ CHOVÁNÍ BETONU PŘI TUHNUTÍ

Luboš PAZDERA^{*}, Jaroslav SMUTNÝ^{**}, Marta KOŘENSKÁ^{*},
Vlastimil BÍLEK^{***}, Libor TOPOLÁŘ^{*}, Jan MARTÍNEK^{*},
Miroslav LUŇÁK^{*}, Ivo KUSÁK^{*}

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, ^{*}Ústav fyziky, ^{**}Ústav železničních
konstrukcí a staveb
^{***} ŽPSV a.s. Brno

Abstrakt

Beton je jedním ze základních stavebních materiálů. Jeho vlastnosti jsou závislé jak kvalitě jednotlivých složek tak na procesu jeho tuhnutí a tvrdnutí. Metody nedestruktivního sledování mohou s různým úspěchem sledovat tento proces. Jejich pomocí lze usuzovat na vznik defektů ve sledované tuhnoucí struktuře. Příspěvek se bude zabývat posouzením tohoto děje vybranými metodami.

Abstract

Concrete is most popular building material. Its properties are dependent on hardening, too. Concrete is a mixture of paste and aggregates. Soon after the aggregates, water, and the cement are combined, the mixture starts to harden. Concrete quality consists in suitable of hardening process. Non destructive methods can follow phenomena into structure during ones. There is described some idea of testing it.

Úvod

Beton, který se dříve nazýval umělým kamenem, je v současnosti nejdůležitějším stavebním materiálem. Slovo beton je zřejmě převzato z francouzského slova béton, které znamená hrubá malta. Vzniklo z latinského betuniim, tj. kamenná malta. Již v době Egypta (3600 př.n.l.) se stavěly sloupy z umělého kamene. Féničané stavěli vodní cisterny a převaděče z hydraulické malty. Římané zdokonalili využití hydraulické malty. Na začátku 19 století Joseph Aspdin patentoval nejznámější pojivo „portlandský cement“. Výsledný produkt svou pevností a šedou barvou připomínal portlandský vápenec. V současnosti se studiu betonu věnuje stále více pozornosti.

Testování betonu

Beton je obvykle testován nedestruktivními i destruktivními metodami až po ztvrdnutí. Avšak pro jeho vlastnosti je důležitá fáze tvrdnutí a tuhnutí. V této oblasti zatím není mnoho autorů publikujících výsledky. Využití metod nedestruktivního testování zde může být velice zajímavé, avšak také komplikované, zvláště v prvních hodinách tuhnutí. Výhodné může být použití metod Nelineární ultrazvukové spektroskopie, Akustické emise, Ultrazvuku a Impakt echo. Akustické emise sleduje kontinuálně chování vzorku zcela pasivním způsobem, tedy neovlivňuje jeho vnitřní strukturu. Ostatní metody vytváří aktivní zatížení vzorku ve vybraných časových okamžicích.



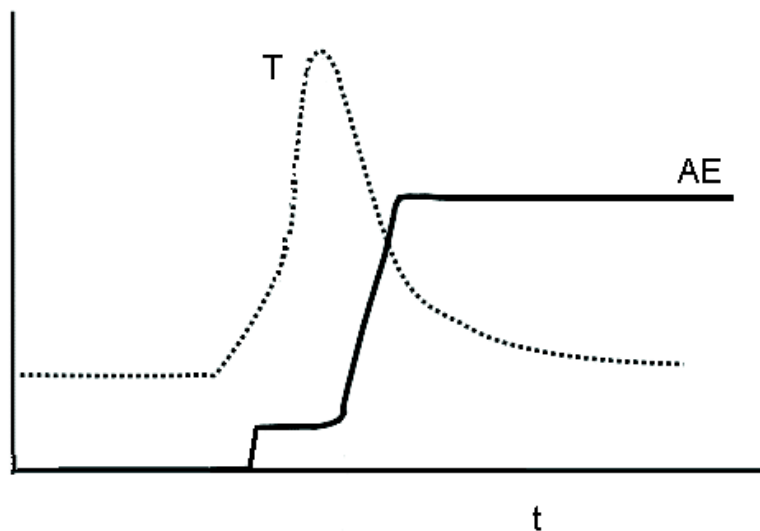
Obr. 1 obvyklé složení betonu

Tradiční beton je obvykle složen ze vzduchu, portlandského cementu, kameniva, písku a vody (obr. 1).

Metoda akustické emise

Teplota uvnitř vzorku je často sledována jako ukazatel hydratace. Metoda akustické emise sleduje aktivity ve struktuře zejména v oblasti poklesu teploty (obr.2).

Nástup teploty je dříve, než zvýšená aktivita akustické emise. V této chvíli se začínají tvořit hydratační jádra.



Obr. 2 časový průběh kumulativní aktivity akustické emise (AE) a teploty (T) při uhnutí betonu [2]

Parametry ultrazvukového vlnění

Rychlost šíření vlnění s tuhnutím betonu roste. Rychlost se také mění s poměrem cementu a vody (obr.2).

Poznamenejme, že rychlost šíření lze teoreticky určit z následujících rovnic. Pro podélné vlnění

$$c_p = \sqrt{\frac{E \cdot (1 - \nu)}{\rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}}, \quad (1)$$

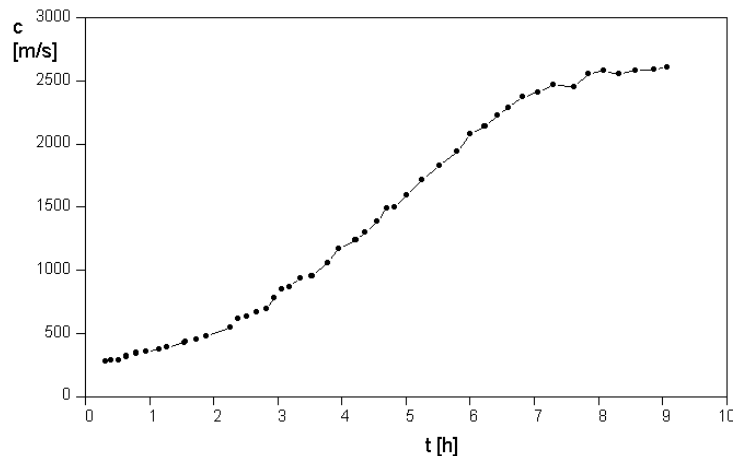
příčné

$$c_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}, \quad (2)$$

příp. Rayleighho

$$c_R = \frac{(0,87 + 1,2 \cdot \nu)}{1 + \nu} \cdot c_s, \quad (3)$$

kde E je modul pružnosti v tahu, G je modul pružnosti ve smyku, ρ je hustota a ν je Poissonovo číslo.



Obr. 2 změna rychlosti šíření vlnění s dobou tuhnutí a tvrdnutí betonové směsi

Závěr

Metody nedestruktivního testování jsou mocným nástrojem pro sledování materiálů, struktur a konstrukcí a umožňují jejich popis. Tyto metody neovlivňují sledovaný předmět. V případě tuhnutí a tvrdnutí betonu mohou přispět k popisu chování vnitřní struktury a vhodným způsobem pomoci k nalezení vhodných podmínek, aby výsledná betonová směs měla co nejvýhodnější vlastnosti. Autoři se domnívají, že s výhodou lze použít metodu akustické emise (proces tvrdnutí), metodu využívající měření kapacitních parametrů a metodu nelineární ultrazvukové spektroskopie.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za podpory řešení projektu **GACR 103/06/1711** a **MSM 0021630519**.

Literatura

- [1] Aitcin P.C., (1998), High Performance Concrete, *E&FN Spon, London*, 1998
- [2] Chotard T. J., Smith A., Boncoeurc M. P., Fargeota D., Gaulta C., Characterisation of early stage calcium aluminate cement hydration by combination of non-destructive techniques: acoustic emission and X-ray tomography, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 13, 2003
- [3] Pazdera L., Smutny J., Korenska M.: Využití USB osciloskopu řízeného programem Excel při nedestruktivním testování vzorků Nelineární ultrazvukovou spektroskopií, *Defektoskopie 06*, 36th International Conference, November 7-9, Tabor, Czech Rep., pp. 195-200, ISBN 80-214-3290-X