

EXPERIMENTÁLNÍ VYŠETŘOVÁNÍ ENERGETICKÝCH PROCESŮ PŘI DEFORMOVÁNÍ A PORUŠOVÁNÍ BETONU.

Ing. František Draxler CSc., Zbyněk Mařej, Ing. Vladimír Weiss CSc.
Stavební fakulta ČVUT Praha.

V předloženém referátu jsou uvedeny další výsledky experimentálního výzkumu energetických procesů při deformování a porušování kompozit s granulárními plnivý, konkrétně cementového betonu.

První zpráva v souvislosti s hledáním kritérií pevnosti betonu při víceosé napjatosti byla podána v roce 1982 /1/ a příslušné práce pokračují v rámci družby mezi ČVUT Praha a TU Drezden. Další výsledky týkající se zejména výroby a použití přesných termistorových čidel a průběhu zkoušek byly publikovány o rok později /2/ a ústně předneseny spolu s dalším programem prací na 21. konferenci EAN v Luhačovicích.

V předloženém příspěvku jsou obsaženy některé doplňující údaje o měřicí technice a podrobněji jsou popsány průběhy a výsledky zkoušek.

Pro sledování energetických procesů v průběhu deformování a porušování betonu byla použita odporová termometrie, akustická emise a přesné měření vnitřních teplot. Pokud jde o měření teplot, podařilo se vyvinout speciální termistorová čidla s vysokou citlivostí /řádově na milistupně s možností zvýšení této citlivosti ještě o jeden řád/. Bylo použito u nás dostupných prstíkových termistorů Pramet typu 13NR09 a 13NR17, které umožnily provedení miniaturních čidel s nízkou tepelnou setrvačností. Ochranu proti mechanickému ořezu v době výroby těles a proti účinku vlhkosti a mechanickému přemáhání během zatěžování při zkoušce do porušení zajišťuje zalití do epoxydové pryskyřice a zaizolování přírodních drátků.

K vlastnímu měření byl zhotoven vícekanálový Wheatstoneův most se stejnsměrným napětím, kde dvě větve tvoří vysoce stabilní pevné odpory a ve třetí větvi je zapojen 20ti otáčkový potenciometr Aritpot s celkovou hodnotou vyšší než je základní hodnota odporu použitého termistoru, který slouží pro vyvážení mostu před vlastním měřením. Ve čtvrté větvi je termistorové čidlo. Zápis průběhu změn teplot, jejichž hodnoty se pohybují v oblasti

10^{-5} V, provádíme pomocí kontinuálních liniových zapisovačů s vysokou citlivostí vzhledem k vybavení servomechanickým kondenzátorem, Wheatstoneovy můstky napájíme stejnosměrným napětím ze stabilizovaného zdroje. Velikost napětí byla stanovena tak, aby byla dostatečně hluboko pod hodnotou způsobující ohřev čidla.

Příběh, vyhodnocení a výsledky zkoušek.

Zkoušky byly provedeny na hranolech rozměru 100/100/400 mm s nalepenými odporovými tenzometry a zabetonovanými teplotními čidly a tyčinkovým skleněným termistorem Pramet NRL5 pro srovnání naměřených hodnot. Podklad o kvalitě betonu zkušebních těles byl stanoven na základě destruktivní zkoušky krychlí 100/100/100 mm. Zkoušeny byly dvě serie zkušebních těles, jejichž beton se kvalitou přibližně shodoval.

První ověřovací serie tří hranolů byla podrobena jak zkoušce pro stanovení hranolové pevnosti betonu /u prvního vzorku/, spolu s tenzometrickým měřením /u druhého vzorku/ a dále tepelným měřením /u třetího vzorku/ pomocí digitálního Voltohmmetru. Byla shledána korespondence kvalitativního srovnání teplotních a deformačních diagramů spolu s diagramem pracovním. Po oilehčení při zatěžovacích cyklech docházelo ke vzrůstu teploty podobně jako nepružné deformace. Během zkoušky nedocházelo k podstatnějším tepelným ztrátám.

Změna teploty ΔT po oilehčení z posledního zatěžovacího stupně 300 kN /u třetího vzorku/ na 5,0 kN před porušením stanovena ze vzorce /2/

$$T - T_0 = \frac{T_0}{\theta_0 \cdot c_E} \cdot \alpha_T \cdot E \cdot \epsilon \cdot (1 - 2\nu),$$

byla $-0,0433^\circ\text{K}$. Vycházelo se ze základní teploty $T_0 = 16^\circ\text{C}$. Ostatní hodnoty pro výpočet změny teploty byly vzaty z výsledků měření a běžně užívaných hodnot pro beton.

když naměřené rozdíly teplot při zkoušce byly větší než hodnoty vypočtené, byla prokázána reálná možnost přesného měření teplot v křehkých a kvasikřehkých kompozitech pomocí vyvinutých termistorových čidel.

U druhé serie zkušebních těles /rovněž tří vzorků/ byla provedena měření deformací, teploty, hranolové pevnosti a

tické emise, jejíž signály byly registrovány aparaturou Brdiel a Åjaer a současně zaznamenávány na magnetofonový pásek, z nějž byla dodatečně provedena amplitudová analýza záznamu. Cílem zkoušky bylo prověření funkce vyvinutého měřicího zařízení, spolehlivosti snímačů teploty a funkce zapisování.

Z řady výsledků zpracovaných do diagramů, jež zde pro nedostatek místa nelze uvést, vyplývá, že koncentrace vnitřních energií signalizovaná změnami teploty podstatným způsobem ovlivňuje mechanické vlastnosti a chování kompozit typu beton, zejména pokud jde o t.zv. pružnostní parametry. Při vyšších namáháních vystupuje do popředí vliv rozvoje drobných trhlinek, které ještě nevylučují nosnou funkci betonu, ale narušují strukturu celistvé hmoty a vytvářejí podmínky pro konečné porušení tělesa. Porovnáním provedených tenzometrických a přesných teplotních měření s vyhodnocením signálu akustické emise byly popsány pochody znovu potvrzeny.

Pro úplné kvantitativní zhodnocení energetických přeměn při deformování a porušování betonu nejsou však ještě získané výsledky dostatečné. V započaté výzkumné činnosti se intenzivně pokračuje. Jsou připraveny další zkoušky, při nichž bude využito zdokonalených měřicích aparatur, které vynikají vysokou citlivostí a přitom vykazují požadovanou spolehlivost.

Pro další fázi výzkumu byla formou kooperace s VUT Brno zajištěno využití rentgenografie k souběžnému sledování rozvoje strukturálních trhlinek a dle možnosti vnitřní nehomogenní napjatosti ve struktuře betonu.

Citovaná literatura

1. Weiss V., Madej Z., Draxler F., Jiroudek P.:
Velká zkušební zařízení a zkoušky modelů, Karl.Vary 1962
/s.71-78/
2. Weiss V., Madej Z.
Měření teplot v průmyslu-Měřicí technika v průmyslu
Ostrava 1983, /s.244-246/