

EXPERIMENTÁLNÍ VYŠETŘOVÁNÍ MÁLOCYKLOVÉ ÚNAVY BETONU V TLAKU

Ing. Vladimír Červenka, CSc., Ing. Miloš Petřík, CSc.

Stavební ústav ČVUT, Praha

Úvod

Ve Stavebním ústavu ČVUT probíhá v posledních letech experimentální výzkum málocyklové únavy betonu, jehož cílem bylo stanovení únavové křivky v oboru do 20 cyklů a určení meze stabilizace ohraničující málocyklovou únavu. Pro účely těchto experimentů byla vypracována speciální metoda pro určení horní hladiny zatížení pro každé zkoušené těleso na základě procesu jeho porušování. Pro měření deformací byly vyvinuty nové příložné snímače a použita automatická měřicí ústředna.

Metoda zkoušení

Navržená metoda je založena na diagramu objemových přetvoření (obr. 1). Bylo prokázáno (lit. /1/), že objemové přetvoření $\epsilon_v = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$ (první invariant tenzoru poměrných přetvoření) dobře zachycuje postupné porušování betonu trhlinami. V počátku zatěžování dochází k pružnému stlačování materiálu. Při dále rostoucím zatížení nastává šíření trhlin, jež způsobuje růst objemu a odklon závislosti od počáteční přímky. Vrchol závislosti, bod C, je uvažován jako přibližná hranice mezi porušeným a neporušeným materiálem.

Pro účely řízení zkoušek byla využita horní větev diagramu omezené body C a O (obr. 1). Pro míru poškození je definována veličina

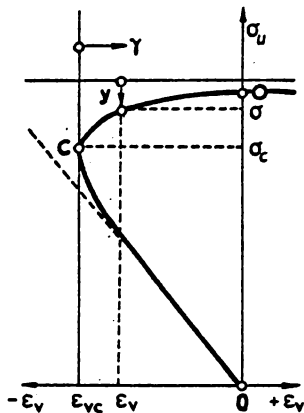
$$\gamma = (\epsilon_{vc} - \epsilon_v) / \epsilon_{vc} \quad (1)$$

a pro míru zatížení veličina

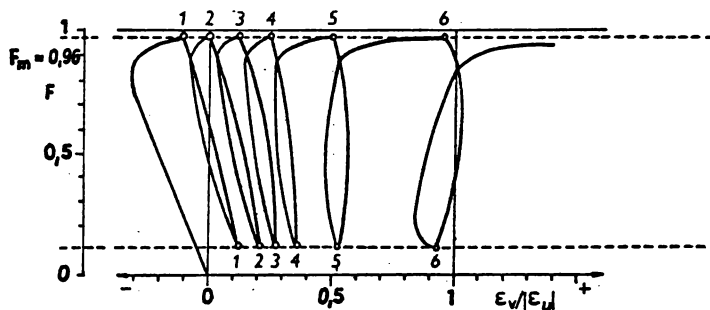
$$y = (\sigma_u - \sigma) / (\sigma_u - \sigma_c) \quad (2)$$

Z poslední definice je odvozen výraz pro horní hladinu zatížení

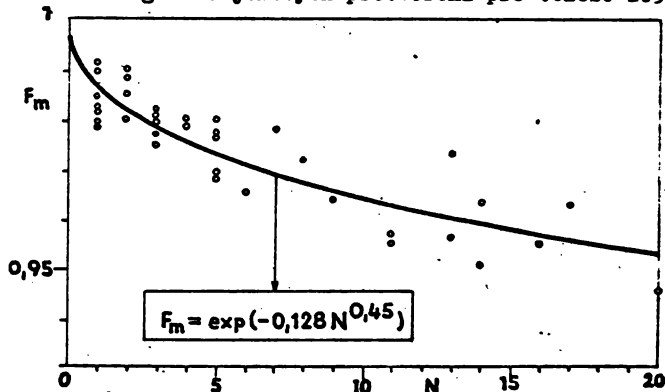
$$F_m = \frac{\sigma_m}{\sigma_u} = \frac{1-y}{1-y \frac{\sigma_c}{\sigma_m}} \quad (3)$$



Obr.1. Diagram objemových přetvoření



Obr.2. Diagram objemových přetvoření pro těleso 109



Obr.3. Únavová křivka. F_m - hladina opakovaného zatížení
 N - počet cyklů do porušení

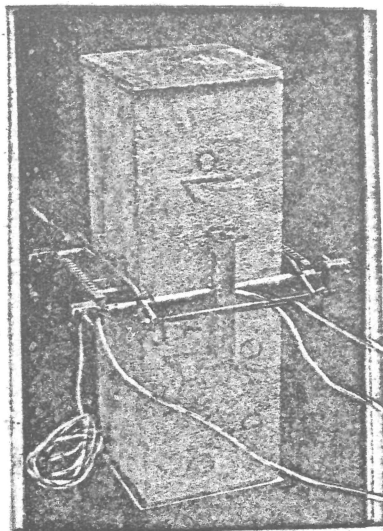
$$y = f(\gamma)$$

(4)

Funkce y , rov. (4), byla určena experimentálně. Rovnice (3) byla použita pro určení horní hladiny opakovaného zatížení tělesa na základě míry porušení γ dosažené v prvním cyklu.

Zkušební zařízení

Zkušební tělesa byly hranoly o rozměrech 15 x 15 x 40 cm z normálního betonu s přirozeným kamenivem. Všechny prvky byly nominálně stejné s průměrnou hranolovou pevností 37 MPa. Zatěžování bylo prováděno na hydraulickém stroji Amsler 5000 kN. - Deformace těles se měří novými snímači SÚ, které pracují na principu mechanického paralelogramu se zabudovaným indukčním čidlem. Snímání měřených deformací se uskutečňuje novým způsobem pomocí t.zv. tupých břitů usazených na povrchu zkušebního tělesa v lůžku z rychle tuhnoucího tmele. Podélné i příčné deformace se měří dvojicemi symetricky umístěných tenzometrů (obr. 4). Příčné deformace zkušebních válců se měří pomocí zvláštního tuhého rámu, v němž jsou umístěny jak podélné tenzometry tak i snímač pro příčnou složku deformace (bude ukázáno v přednášce).



Obr.4

Technická data při měření poměrných deformací ve spojení s měřicí ústřednou Peekel Autolog:

Základna $l_0 = 100 \text{ mm}$
 citlivost $\Delta \varepsilon / \Delta n = 3,3 \cdot 10^{-6} / \text{bit}$
 rozsah $\Delta \varepsilon_{\max} = 2 \cdot 10^{-2}$
 chyba měř. $\delta \varepsilon = \pm 5 \cdot 10^{-6}$

Hlavní výhody proti dříve užívaným el. odporovým tenzometrům: větší pohotovost a větší rychlost přípravy, možnost individuálního chování,

měření i po vzniku trhlin, nižší provozní náklady.

Výsledky zkoušek

Při monotónně stoupajícím přetvoření byla zkoušena první skupina v počtu 37 těles. Z těchto zkoušek byla zjištěna průměrná hranolová pevnost $\sigma_u = 37,6$ MPa, při poměrném přetvoření $\epsilon_u = -0,00185$. Variační koeficient pevnosti byl 13,5 %. Byla stanovena závislost pro horní větev objemového diagramu (rov. 4) ve tvaru

$$y = \exp(-2,24 \gamma^{0,55}), \quad (5)$$

Náhodná proměnlivost míry zatížení y horní větve je pouze 2 % (tj. variační koeficient).

Celkem 72 těles bylo zkoušeno při opakovaném zatížení. Z tohoto počtu u 40 těles došlo k porušení v oboru do 20 cyklů. Únavová křivka pro tyto zkoušky, která byla získána, je na obr. 3. Dolní hladina zatížení $\sigma_d = 0,12 \sigma_m$. Na obr. 2 je pro ilustraci ukázán záznam objemového diagramu pro jedno zkoušené těleso. Kumulace trvalých objemových přetvoření byla použita pro stanovení meze stabilizace.

Závěr

Navržený experimentální postup využívající příložných tenzometrů vyvinutých ve Stavebním ústavu umožňuje přesné měření objemových přetvoření betonu při zatěžování. Osvědčila se nová metoda stanovení horní hladiny opakovaného zatížení využívající diagramu objemových přetvoření jako míry poškození betonu.

Literatura

- /1/ BERG, O., J.: "Někotoryje fizičeskiye osnovaniya teorii pročnosti betona", Moskva 1958, Sbornik statej "Teorija rasčota i konstruirovaniya železobetonnych konstrukcij".
- /2/ KARZAN, I., D. "Behavior of Concrete Under Compressive Loadings". JIRSA, J., O.: "Loadings". Journal of the Structural Division A.S.C.E., Dec. 1969, p. 2543.