



## EXPERIMENTAL DATA EVALUATION OF CONCRETE STRAIN

## VYHODNOTENIE EXPERIMENTÁLNYCH DAT POMERNÉHO PRETVORENIA BETÓNU

Hroncová Z., Harant M.

Experimental data processing of concrete strain in mathematical and empirical dimensional relationship, which depends on more variables. The relationship is basis for experimental modeling, for obtaining of individual values on examined phenomenon and for next statistical processing.

**Keywords:** concrete, stain, stress, evaluation, experimentation

### 1. Pomerné pretvorenie betónu vyplývajúce z experimentu

Jednou z veličín, ktoré pri odozve zaťaženia na skúšobné telesá - nosníky sledujeme, je i pomerné pretvorenie betónu (PPB)  $\epsilon_b$ .

Pomerné pretvorenie betónu je funkciou viac veličín, čo možno obecne vyjadriť veličinovou rovnicou:

$$\epsilon_b = \Phi(\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_k) = \Phi(\epsilon_s, b, h, h_e, a, z, A_{sc}, A_{sb}, A_{ss}, A_{st}, E_b, E_s, R_{bk}, R_{bd}, R_{btd}, R_{sd}, R_{scd}, F, Q, M, f, w_t, \varphi, \alpha_b, \alpha_s, \tau, t, \mu, \dots) \quad (1)$$

kde  $\bar{A}_1, \bar{A}_2, \dots, \bar{A}_k$  sú jednotlivé veličiny, ktoré na sledovaný jav vplývajú. Sú to:  $b, h$  - rozmery prierezu,  $h_e$  - účinná výška prierezu,  $a$  - vzdialenosť sledovaného prierezu od podpery,  $z$  - vzdialenosť prierezu od horného okraja betónu,  $A_{sc}, (A_{sb}, A_{ss}, A_{st})$  - prierezová plocha výstuže tlakovej (ohybov, strmienkovej, ľah-

vej výstuže),  $E_b(E_s)$  - modul pružnosti betónu (výstuže),  $R_{bk}$  - kocková pevnosť,  $R_{bd}(R_{btd})$  - výpočtová pevnosť betónu v ťahu (tlaču),  $R_{sd}(R_{scd})$  - výpočtová pevnosť výstuže v ťahu (tlaku),  $F$  - zatažovacia sila,  $Q$  - priečna sila,  $H$  - ohybový moment,  $f$  - priehyb nosníka,  $w_t$  - súčet širok trhlín,  $\varrho$  - objemová hmotnosť betónu,  $\alpha_b(\alpha_s)$  - koeficient tepelnej rozľažnosti betónu (výstuže), vlhkosť prostredia, teplota prostredia  $T$ ,  $t$  - čas,  $\mu$  - Poissonova konštant...

## 2. Bezrozmerové argumenty (BA)

Pri použití sústavy jednotiek SI možno veličiny uvedené vo výraze (1) pomocou rozmerovej analýzy spracovať do bezrozmerových argumentov a rozdeliť ich do 3 skupín

1.skupina - priamo bezrozmerové veličiny -  $\epsilon_b, \epsilon_s, \mu$  (2a)

2.skupina - pomerných simplexovo-bezrozmerových argumentov - označme ich  $S_1 \dots S_n$

$$a) \left( \frac{b}{h} \right), \left( \frac{h_e}{h} \right), \left( \frac{a}{h} \right), \left( \frac{z}{h} \right), \left( \frac{f}{h} \right), \left( \frac{w_t}{h} \right), \left( \frac{A_{sc}}{h^2} \right), \left( \frac{A_{sb}}{h^2} \right), \left( \frac{A_{ss}}{h^2} \right), \left( \frac{A_{st}}{h^2} \right)$$

reprezentant  $h$  (2b)

$$b) \left( \frac{E_s}{E_b} \right), \left( \frac{R_{bk}}{E_b} \right), \left( \frac{R_{bd}}{E_b} \right), \left( \frac{R_{btd}}{E_b} \right), \left( \frac{R_{sd}}{E_b} \right), \left( \frac{R_{scd}}{E_b} \right) - \text{reprezentant } E_b$$

$$c) \left( \frac{Q}{F} \right), \left( \frac{\alpha_a}{\alpha_b} \right) - \text{reprezentant } F, \alpha_b$$

3.skupina - komplexovo-bezrozmerové argumenty - označme ich

$$K_1, K_2 \dots$$

$$\left( \frac{t}{h} \sqrt{\frac{E_b}{\varrho}} \right), \left( \frac{F}{E_b h^2} \right), \left( \frac{M}{E_b h^3} \right), \left( h \tau \cdot \alpha_a \right) \quad (2c)$$

V každej skupine vhodne zvolíme reprezentanta, pomocou ktorého BA vytvoríme. Odvodenie BA neuvádzame.

Ak označíme  $\Pi_0$  jediný BA obsahujúci sledovanú veličinu,

v našom prípade  $\text{PPB} = \varepsilon_b$ , a ostatné BA -  $\pi_1, \pi_2 \dots \pi_k$ , potom veľičinovú rovnicu (1) možno vyjadriť v nasledovnom tvaru

$$\varepsilon_b = \pi_0 = \Phi(\pi_1, \pi_2 \dots \pi_k) = \Phi(\varepsilon_s, \mu, s_1 - s_{18}, k_1 - k_4) \quad (3)$$

## 2.1 Dovolené matematické úpravy

Tvary BA vyjadrené vzťahmi (2a - 2c) sú BA vyjadrené v základnom tvaru. Jednotlivé BA môžeme medzi sebou násobiť, umocňovať, deliť, nie však sčítať a odčítať. Úpravami získame sekundárne tvary BA. Výraz (3) možno doplniť i novými veličinami ktoré musia byť spracované tiež do BA.

## 2.2 Využitie základných tvarov BA

Experiment realizovaný na 1 nosníku umožňuje napr. v prie-  
reze  $a = \frac{1}{2}$  primárne vyhodnotiť ako reprezentantov tie veličiny, ktoré sa v jednotlivých fázach zaťaženia menili:  $M, \varepsilon_b, \varepsilon_s, w_t, f \dots$  Základný tvar BA v ktorých sa veličiny nachádzajú sú uvedené vo výraze (2). Podľa časti 2.1 možno BA rozšíriť, upraviť a tým prispôsobiť realizovanému experimentu.

## 2.3 Matematické spracovanie závislosti $\varepsilon_b$ od vybraných veličín

Vzhľadom na jednoduchosť spracovania a presnosť sledovanú indexom korelácie sa ako vhodná metóda spracovania ukazuje metóda čiastkových vzťahov. Umožňuje závislosť medzi číselnými hodnotami jednotlivých BA vyplývajúcich z experimentu a sledovaným  $\varepsilon_b$  riešiť pre každý BA samostatne.

$$\varepsilon_b = A_1 \pi_1^{a_1}; \quad \varepsilon_b = A_2 \pi_2^{a_2} \dots \quad \varepsilon_b = A_k \pi_k^{a_k} \quad (4)$$

Fyzikálnu konštantu  $A_1 \dots A_k$ , exponent  $a_1 \dots a_k$  získame aproximáciou.

Získané čiastkové vzťahy pozri (4) môžeme využiť samostatne, alebo môžeme z nich vytvoriť matematickú empirickú závislosť z 2,3 ... k čiastkových vzťahov.

Ak chceme na sledovanom nosníku vyjadriť  $\varepsilon_b$  pomocou reprezentantov  $M$ ,  $\varepsilon_s, f, w_t$ , závislosť bude mať nasledovný obecný tvar

$$\varepsilon_b = \left[ A_1 \left( \frac{M}{E_b h^3} \right)^{a_1} \cdot A_2 \left( \frac{h_e A_{st}}{h^3} \varepsilon_s \right)^{a_2} \cdot A_3 \left( \frac{f}{h} \right)^{a_3} \cdot A_4 \left( \frac{w_t}{h} \right)^{a_4} \right]^{1/4} \quad (5)$$

kde  $E_b, h_e, h, A_{st}$  sú konštanty odpovedajúce sledovanému nosníku.

### Záver

Závislosť  $\varepsilon_b$  je možné pomocou BA metódou čiastkových vzťahov z výsledkov meraní spracovať do matematickej empirickej, dimenzionálne správnej závislosti, ktorá je funkciou viac premenných (pozri časť 2.3, výraz (5)).

Získaná závislosť je podkladom pre:

- vyjadrenie ľavej strany podmienky spoľahlivosti pre  $\varepsilon_b$ :

$\varepsilon_b \leq \varepsilon_{bm}$ , ktoré podľa ČSN 73 1201/86 sa číselne rovná  $\varepsilon_b = -0,005$

- percentuálne spracovanie podielov jednotlivých veličín na sledovanom jave, čo umožňuje nepodstatné veličiny z hodnotenia vyradiť  
- ďalšie matematické, štatistické, optimalizačné spracovanie.

Metoda čiastkových vzťahov pri aplikácii riešenia BA poskytuje možnosť experimentálneho modelovania, čo umožní získať teoretické hodnoty (ako náhradu za namerané hodnoty), z ktorých bude možné vyhodnotiť ďalšie veličiny ako reprezentantov. Využitím experimentálneho modelovania možno získať všeobecne platnú matematickú závislosť pre celú skupinu podobných nosníkov.

### Použitá literatúra

BRIGMAN, P.W.: Dimensional analysis (London 1951)

HARANT, M.: Teória analýzy rozmerov a jej aplikácia v technickej praxi US6. Žilina 1959

BEŇA, J.- KOSSACZKÝ, E.: Základy teórie modelovania. VEDA-SAV Bratislava 1981

**HRONCOVÁ,Z.: Vplyv súdržnosti predpínacej výstuže na pretvorenie  
prierezu v mieste čistého ohybu, IS 1988 č.4**

**ČSN 73 1201/86 - Navrhování betonových konstrukcí**

**Zora Hroncová / Ing.CSc.**

**Michal Harant / Prof.RNDr.**

**VŠDS, Moyzesova 20, Žilina**

**Telefón 21781/180 FAX: 54384**