

E xperimentální A nalýza N apětí

2004

ANALYSIS OF EXPERIMENTAL DEVELOPMENT OF CRITICAL SLANT CRACK WIDTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH THEORETICAL VALUES SPECIFIED BY STANDARD STN AND CHOSEN STANDARDS EN

ANALÝZA EXPERIMENTÁLNEHO ROZVOJA ŠÍRKY KRITICKEJ ŠIKMEJ TRHLINY ŽELEZOBETÓNOVÝCH NOSNÍKOV S TEORETICKÝMI HODNOTAMI STANOVENÝMI NORMOU STN A VYBRANÝMI NORMAMI

Zora Hroncová¹, Ján Valášek²

Development of critical slant crack width is investigated at shear regions on three reinforced concrete beams loaded until failure. The measured values are re-laid by experimental relation, which is verified by correlation index. The obtained values of development of critical slant crack width are compared with theoretical values specified according to standard STN and standards EN. The obtained results are analysed.

Keywords reinforced concrete beams, serviceability, slant crack, mathematical model, equation of crack width development.

Kľúčové slová železobetónové nosníky, použiteľnosť, šikmá trhlinka, matematický model, rovnica rozvoja šírky trhliny.

1. ÚVOD

V medznom stave použiteľnosti, ktorý je súčasťou spoľahlivosti nosných železobetónových prvkov je potrebné preukázať pri akých hodnotách zaťaženia pretvárne účinky, ako napr. priehyb, alebo šírka trhliny dosiahne medznú hodnotu.

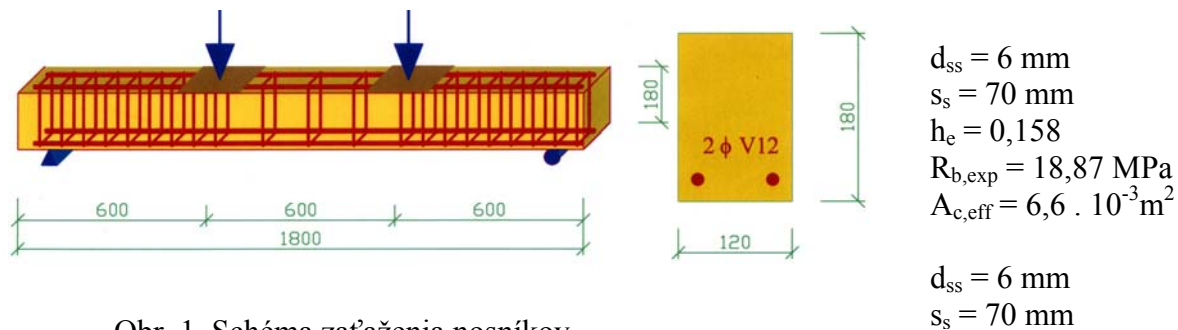
Cieľom príspevku je porovnať rozvoj šírky šikmej trhliny sledovaný na železobetónových nosníkoch s teoretickými hodnotami stanovenými zásadami vybraných noriem.

2. STRUČNÝ POPIS EXPERIMENTU

Experiment tvorili 3 železobetónové nosníky vyrobené z triedy betónu B 30, vystužené podľa obr. 1 výstužou 10 425. Rozvoj širokých šikmých trhlín sa sledoval v dvoch šmykových poliach každého nosníka. K dispozícii bolo tak $2 \times 3 = 6$ meraní pre rozvoj kritickej šikmej trhliny.

¹ doc. Ing. Zora Hroncová, CSc.: Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebných konštrukcií a mostov; Komenského 52, 010 26 Žilina, Slovenská republika, tel./fax: +4217241868, e-mail: hroncova@fstav.utc.sk

² Ing. Ján Valášek: Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebných konštrukcií a mostov; Komenského 52, 010 26 Žilina, Slovenská republika, tel./fax: +4217241868, e-mail: jvalasek@fstav.utc.sk



Obr. 1 Schéma zaťaženia nosníkov

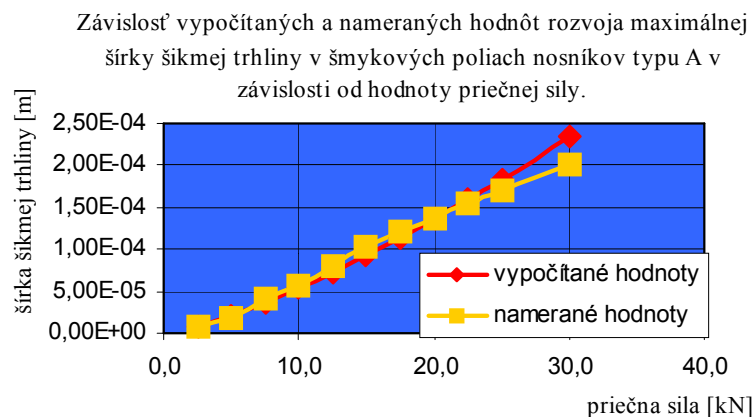
2.1 Spracovanie experimentálnych hodnôt rozvoja šírky šikmej trhliny do matematickej závislosti

Prehľad postupu spracovania experimentálnych hodnôt rozvoja šírky šikmej trhliny do matematickej závislosti je uvedený v tab. 1.

Tab. 1 Spracovanie nameraných hodnôt w_{q3} do matematickej závislosti

Matematický model – kritériálna rovnica z vybraných veličín	Aproximácia a využitie metódy najmenších štvorcov
$\left(\frac{w_q}{a}\right) = \phi \cdot \left(\frac{Q_{ss} \cdot E_s \cdot A_{ceff}}{h_e \cdot R_b \cdot E_b \cdot A_{st} \cdot A_{ss}}\right) \quad (1)$	$\left(\frac{w_q}{a}\right) = 1,1962 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{Q_{ss} \cdot E_s \cdot A_{ceff}}{h_e \cdot R_b \cdot E_b \cdot A_{st} \cdot A_{ss}}\right)^{1,345} \quad (2)$

vhodnosť fitting kritiky (2) overená indexom korelácie $k = 0,95$



Obr. 2 Priebeh nameraných a vypočítaných hodnôt rozvoja šírky nominálnej šikmej trhliny

2.2 Rozvoj šírky šikmej trhliny podľa noriem

Vzťahy stanovené vybranými normami pre rozvoj trhliny sú uvedené v tab. 2

Tab. 2 Rozvoj šírky šikmej trhliny podľa STN a EC2

Rozvoj šírky kritickej šikmej trhliny stanovený	
STN 73 1201 – 86a	STN P ENV 1992 – 1 – 1 (EC 2)
$w = \frac{k}{2000} \cdot \frac{0,6 \cdot \gamma_s \cdot R_{sn} \cdot \kappa_w \cdot d_{sq}}{(E_s \cdot d_{sq} / h_e) + 0,15 \cdot E_b \cdot (1 + 2 \cdot \mu_q \cdot E_s / E_b)} \cdot \frac{Q_{si}}{Q_{s,tot}} \quad (3)$	$w_k = \beta \cdot s_m \cdot \varepsilon_{sm} \quad (4)$
<p>kde: k je súčiniteľ povrchu šmykovej výstuže, E_s (E_b) modul pružnosti výstuže (betónu), d_{sg} (h_e) šírka prierezu (účinná výška prierezu), μ_q stupeň šmykového vystuženia, R_{sn}, (γ_s) charakteristická pevnosť výstuže v ťahu (súčiniteľ podmienok pôsobenia výstuže), κ_w súčiniteľ, Q_{si}, ($Q_{s,tot}$) príslušná priečna sila od zaťaženia (celková sila zaťaženia).</p>	<p>kde: β je súčiniteľ závislý od rozptylu širok trhlín, s_m stredná vzdialenosť trhlín, ε_{sm} stredná hodnota pomerného pretvorenia výstuže.</p>

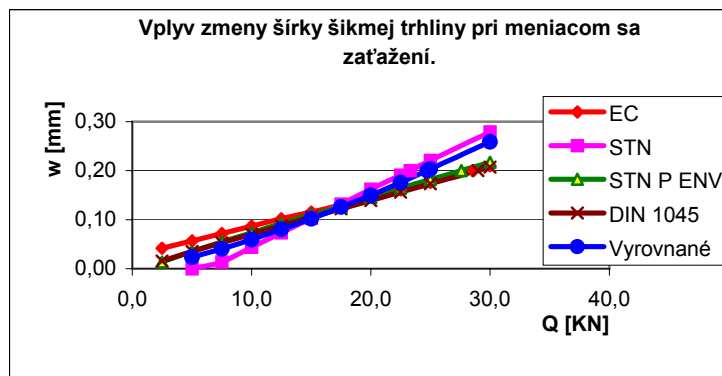
2.3 Získané výsledky

Podľa matematických závislostí: (2), (3), (4) boli v jednotlivých fázach zaťaženia vypočítané nasledovné odpovedajúce hodnoty šírky trhliny. Prehľad ďalších hodnôt je uvedený v tab. 3.

Tab. 3 Prehľad hodnôt rozvoja šírky šikmej trhliny

Číslo merania	Zaťažovacia sila $F = Q$ [kN]	Rozvoj šírky šikmej trhliny w_q [mm] podľa				
		vyrovnané hodnoty vzťah (2)	STN (3)	P ENV (4)	P _r ENV [3]	DIN 1045 [4]
1	2,5	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02
2	5,0	0,02	0,00	0,04	0,06	0,04
3	7,5	0,04	0,01	0,06	0,07	0,05
4	10,0	0,06	0,04	0,07	0,09	0,07
5	12,5	0,08	0,07	0,09	0,10	0,09
6	15,0	0,10	0,10	0,11	0,12	0,11
7	17,5	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12
8	20,0	0,15	0,16	0,15	0,15	0,14
9	22,5	0,18	0,19	0,16	0,16	0,16
10	25,0	0,21	0,22	0,18	0,18	0,17
11	30	0,25	0,28	0,22	0,12	0,21
$w_{q3,lim} = 0,2 \text{ mm} \rightarrow$ Q_m [kN]		24,75	23,30	27,60	28,6	28,97
Rozdiel v hodnotách Q_m		základ: 100 %	- 6 %	+ 11,15 %	+ 11,54 %	+ 11,70

Priebeh vyrovnaných a teoretických hodnôt w_q v závislosti od zaťaženia uvádza obr. 3. Pre porovnanie tab. 3 je doplnená ešte výsledkami w_q stanovenými podľa normy P_r ENV (na obrázku uvedené ako EC) a DIN 1045.



Obr. 3 Rozvoj šírky šikmej trhliny podľa vybraných noriem

2.4 Porovnanie výsledkov, analýza výsledkov

Z pohľadu použiteľnosti však rozhoduje medzná sila Q_m , pri ktorej šírka trhliny $w_{q3} = w_{q,3lim} = 0,2$ mm. Hodnoty Q_m pre jednotlivé normy sú uvedené tiež v tab. 3.

Záver

Rozvoj šírky kritickej šikmej trhliny sledovaný na železobetónových nosníkoch, zaťažených až do porušenia sa porovnával s teoretickými hodnotami stanovenými podľa STN, P ENV, P_r ENV a DIN 1045. Získané závery možno zhrnúť do týchto bodov:

- najväčšiu zhodu s experimentálnymi hodnotami rozvoja šírky šikmej trhliny preukázala norma STN,
- teoretický medzný stav šírky trhliny bol dosiahnutý najskôr u normy STN (pozri tab. 3),
- teoretický medzný stav šírky trhliny, stanovený normami [2], [3], [4], bol dosiahnutý pri vyššej hladine zaťaženia.

Záverom treba však povedať, že o spoľahlivosti sledovaných nosníkov rozhodoval medzný stav únosnosti, ktorý nastal pri sile $F = F_m = 19,7$ kN, čo je menšia hodnota ako medzná sila, pri ktorej šírka šikmej trhliny nadobudla svoju medznú hodnotu.

Príspevok bol spracovaný v rámci grantovej úlohy 1/0348/03 Spoľahlivosť existujúcich betónových konštrukcií vzhľadom na vplyv niektorých premenných faktorov.

Literatúra

- [1] STN 73 1201 – 86 a Navrhovanie betónových konštrukcií. ÚNM Praha, 1986.
- [2] STN P ENV 1992 – 1 – 1 Navrhovanie betónových konštrukcií. Časť 1.1: Obecné pravidlá a pravidlá pre pozemné stavby. SÚN Bratislava, máj 1999.
- [3] STN P_r ENV 1992 – 1 – 1 Navrhovanie betónových konštrukcií. Bratislava, júl 2002.
- [4] DIN 1045 Beton und Stahlbeton: (Betón predpätý a železový), Berlín.
- [5] Hroncová, Z.-Chovančíková, A.: Analysis of Cohesion Effect on Origin and Development of the Crakes of Reinforced Concrete Beams. Medzinárodná konferencia Quality Reliability in Building Industry, Levoča 1999, p. 117 – 122.
- [6] Hroncová, Z.-Valášek, J.: Influence of Stirrups Distance Change on Shear Resistance of Reinforced Concrete Beams. 3rd International Conference Concrete and Concrete Structures, Žilina 2002, p. 169-172.