

# EXPERIMENTÁLNE OVERENIE ODOLNOSTI SPRIAHNUTÝCH OCEĽBETÓNOVÝCH STĽPOV EXPERIMENTAL VERIFICATION OF RESISTANCE OF COMPOSITE STEEL CONCRETE COLUMNS

ŠTEFAN GRAMBLIČKA,  
PAVOL VALACH

Krátkodobé skúšky čiastočne obetonovaných spriahnutých ocelobetónových stĺpov. Spolu bolo vyskúšaných 12 stĺpov, z toho šesť stĺpov s dĺžkou 3 m a s excentricitou tlakovej sily 30 a 80 mm a šesť stĺpov s dĺžkou 4 m a s excentricitou 40 a 60 mm. Uvedené sú výsledky skúšok a porovnania s metódami navrhovania podľa EN 1994-1-1.

*The partially encased steel-reinforced concrete cross-section was selected for the short-term laboratory tests of composite steel-reinforced concrete columns. There were tested 12 columns in two series totally. In the first series were tested 6 columns with the length 4 m and with eccentricity of normal compression force 30 and 80 mm. The second series contained 6 columns with length 4 m and with eccentricity 40 and 60 mm. The evaluation of the test results is also shown in comparison with the methods of design according to EN 1994-1-1.*

Spriahnuté ocelobetónové stĺpy sú významnou súčasťou spriahnutých ocelo-

betónových konštrukcií. Pod pojmom spriahnuté ocelobetónové stĺpy rozumíme prevažne tlačené konštrukčné pruhy, ktoré sú tvorené ocelovou a železobetónovou časťou. V zásade rozlišujeme dva základné typy spriahnutých ocelobetónových prierezov stĺpov:

- úplné alebo čiastočne obetonované ocelové prierezy,
- ocelové uzatvorené profily vyplnené betónom.

Takéto stĺpy je možné v SR už navrhovať podľa STN EN 1994-1-1 Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových konštrukcií, časť 1.1 Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy, ďalej len EC4. Podobný proces prijímanie tejto normy je aj v ČR. V EC4 sú uvedené dve metódy pre navrhovanie spriahnutých ocelobetónových stĺpov:

- **Všeobecná metóda**, podľa ktorej možno počítať aj stĺpy s nesymetrickým prierezom, ktorý sa mení po dĺžke. V tejto metóde sa vychádza z pracovných diagramov jednotlivých materiálov – betón, betonárska výstuž, konštrukčná oceľ.
- **Zjednodušená metóda** pre stĺpy so symetrickým prierezom podľa osi z aj y a súčasne tiež konštantným prierezom po celej dĺžke stĺpa. V praktickom používaní spriahnutých ocelobetónových stĺpov nachádzajú uplatnenie hlavne prierezy, ktoré spĺňajú podmienky pre použitie tejto metódy.

Pre krátkodobé skúšky spriahnutých ocelobetónových stĺpov bol zvolený čiastočne obetonovaný ocelobetónový prierez s ocelovým HEA profilom. Tento prierez bol zvolený pre bezproblémovú možnosť obetonovania ako aj z dôvodu častého používania tohto prierezu v praxi pre relatívne jednoduché vytvorenie styku s inými konštrukčnými prvkami. Aj keď bolo už vykonaných pomerne dosť skúšok spriahnutých ocelobetónových stĺpov, neboli analyzované podrobne niektoré vplyvy, na ktoré sme sa zamerali pri týchto skúškach a tiež neboli robené skúšky takéhoto typu stĺpov v SR a v ČR, kde je

používanie spriahnutých ocelobetónových stĺpov stále relatívne malé. Práve výsledky týchto skúšok a ich zverejnenie majú tiež prispieť k zvýšeniu ich používania.

Rozmery prierezu a pevnostné charakteristiky materiálov boli ovplyvnené použitím zaťažovacieho zariadenia v laboratóriu, ktoré umožňovalo vyvolať maximálnu silu 6 MN. Na základe tejto podmienky bol výpočtom určený ako vhodný pre skúšku spriahnutý ocelobetónový stĺp z ocelového profilu HEA 280 s obetonovanou stojinou a vystužený pozdĺžnou výstužou 4 Ø R16 a strmienkami Ø R8 po 250 mm. Uvažovali sa nasledujúce materiály: betón C30/37, betonárska výstuž z ocele 10 505 (R), konštrukčná oceľ S 235. Stĺpy boli betónované vo vodorovnej polohe, pričom dve protilahlé strany stĺpov boli vybetónované v časovom odstupe tri dni (obr. 1).

## MATERIÁLOVÉ SKÚŠKY

**Skúšky betónu** zahŕňali skúšky kockovej, hranolovej pevnosti a skúšku modulu pružnosti. Pri každej betonáži bolo vyrobených 15 kociek o veľkosti 150/150/150 mm a 6 hranolov 300/100/100 mm. Skúška pevnosti betónu v tlaku bola vykonaná v súlade s ustanovením normy STN EN 12390-3. Skúška pevnosti pre zatriedenie betónu (skúška identity) bola urobená podľa STN EN 206 po 28 dňoch pre vzorky z oboch betonáží. Na základe výsledkov skúšky identity pre pevnosť betónu v tlaku boli betóny z oboch betonáží zaradené do triedy C35/45. Pevnosť betónu bola odskúšaná aj v ďalších časových úsekoch v priebehu skúšok.

Tab. 1 Typy stĺpov pre experimentálne overenie

Tab. 1 Types of the test columns

Typ stĺpa	Dĺžka [m]	Počet	Excentricita [mm]
S1	3	3	30
		3	80
S2	4	3	40
		3	60
Celkový počet stĺpov			12

Obr. 1 Vzorky stĺpov pred vybetónovaním

Fig. 1 Test specimens before concreting



Skúška pre stanovenie modulu pružnosti bola vykonaná podľa STN ISO 6784. Skúška bola urobená pre obe betonáže v čase po 28 dňoch od výroby vzorky a v čase 133 dní (ukončenie skúšok), pričom pri týchto skúškach boli vykonané aj skúšky hranolovej pevnosti.

Skúšky ocele betonárskej výstuže boli urobené podľa STN EN 10 002 (obdoba pôvodnej STN 42 0310) na troch odobratých tyčiach výstuže priemeru 16 mm.

Skúška konštrukčnej ocele (I profilu) v ťahu bola vykonaná v súlade s ustanoveniami týchto noriem: STN 42 0319 Skúšobné tyče ploché a STN 42 0310 Skúška ťahom. Ku skúške boli vyrobené tri vzorky z pásnice a tri vzorky zo steny.

#### POPIS SKÚŠKY

Celkovo bolo vyskúšaných 12 stĺpov v dvoch sériách. V prvej sérii bolo šesť stĺpov s dĺžkou 3 m a s excentricitou tlakovej sily 30 a 80 mm. Druhú sériu tvorilo šesť stĺpov s dĺžkou 4 m a s excentricitou 40 a 60 mm. Pre analýzu vplyvu obetónovania ocelevej steny na odolnosť priezru bol jeden stĺp z prvej série s excentricitou 30 mm skúšaný bez obetónovania ocelevej steny.

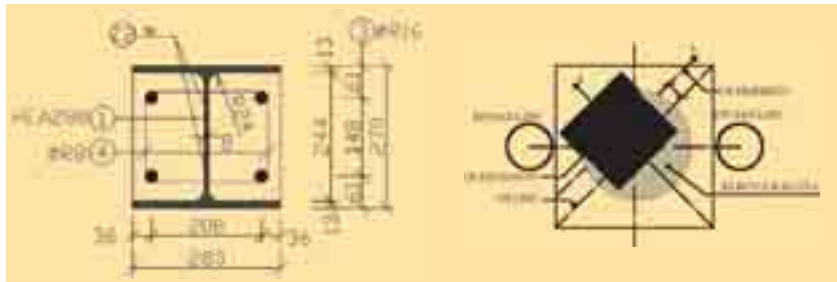
Stĺpy boli kĺbovo vložené do lisu pomocou polkruhových kalôt, pričom zvislá os priezru (smer steny – smer z) zvierala s osou stojanov lisu uhol 45° (z dôvodu lepšieho prístupu pri geodetickom meraní priezru stĺpa). Sila bola do stĺpa vnesená excentrickým uložením stĺpa na polkruhové kaloty v smere steny (smer z). Na každom stĺpe bolo merané pomerné pretvorenie a vodorovný posun stĺpa.

Pomerné pretvorenie bolo merané na základniach s presnosťou merania 0,01 mm, pričom boli použité:

- príložné deformetre (P1-P16) so základňou 400 mm,
- pevné deformetre H1 a H2 so základňou 300 mm.

Vodorovný posun bol meraný v dvoch smeroch (v smere steny – smer z a v smere pásnice – smer y) pomocou:

- výchylkomerov H3 a H4 s citlivosťou 0,01 mm umiestnených na pevných stojanoch v strede stĺpa v smere steny (H3) a v smere pásnice (H4),
- geodeticky pomocou nivelačných prístrojov, v smere pásnice a steny, pričom hodnoty vodorovného posunu boli po výške stĺpa merané v geodetických bodoch W1 až W10.



Obr. 2 Schéma priečného rezu stĺpa a schéma uloženia stĺpa v lise

Fig. 2 Cross-section of the column and the test set-up

Schéma rozmiestnenia meracích prístrojov je na obr. 3. Zaťažovanie sa pri skúške realizovalo postupne po stupňoch zaťaženia (s). Stupeň zaťaženia  $s = 1,0$  bol určený pomocou interakčnej čiar generovanej aj s vplyvom vzperu pre návrhové materiálové charakteristiky podľa normových hodnôt. Prvý stupeň bolo zaťaženie 10 (20 %) z hodnoty  $N_k$ . Ďalšie stupne boli po 10 resp. 20 % z hodnoty  $N_k$  až do 100 %  $N_k$ . Po ustálení pretvorenia bol stĺp odľahčený na východzie zaťaženie. Potom bola hodnota zaťaženie opäť zvýšená na hodnotu 100 %  $N_k$ , po ktorom boli stĺpy po 10 % resp. 20 % zaťažované až do porušenia. Za odolnosť stĺpa bola označená sila, pri ktorej došlo k ďalšiemu zvýšeniu priezru bez zvyšovania zaťaženia.

#### ANALÝZA NAMERANÝCH VELIČÍN

##### Analýza počiatočného priezru stĺpov

Meranie počiatočného priezru bolo urobené pomocou zvislej čiar zázornej v rovnakej vzdialenosti od líca stĺpa

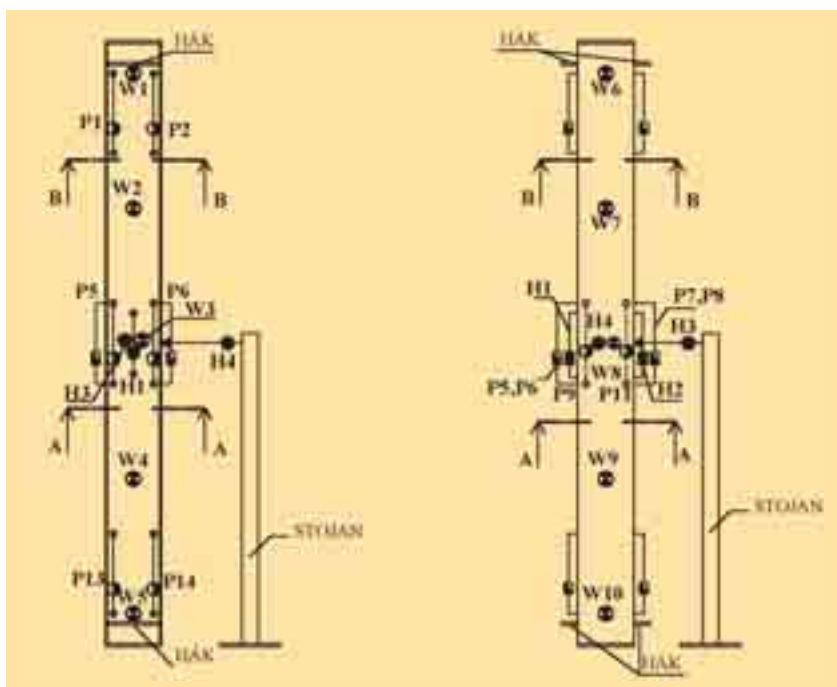
na geodetických bodoch, ktorá určovala zvislú rovinu pre meranie pomocou nivelačného prístroja. Počiatočný priezru bol potom vyhodnocovaný ako:

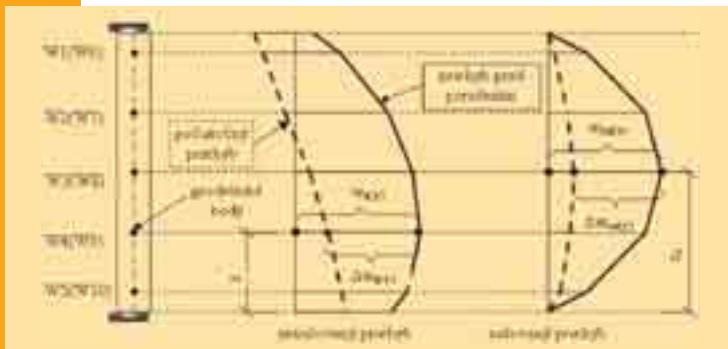
- odklon zvislej osi stĺpa od určenej zvislej geodetickej roviny (nenulovaný priezru),
- rovinnosť stĺpa po výške, ktorá predstavuje vodorovný posun od priamky prechádzajúcej nameranými počiatočnými hodnotami vodorovného posunu v päte a v líci stĺpa (nulovaný priezru).

Namerané hodnoty počiatočných imperfekcií boli menšie ako udáva norma EN 1994-1-1, kde sú pre čiastočne obetó-

Obr. 3 Schéma rozmiestnenia meracích zariadení, a) pohľad na ocel. časť, b) pohľad na bet. časť

Fig. 3 Arrangement of the measured apparatus





Obr. 4 Postup vyhodnocovania priebehov  
Fig. 4 Evaluation of deflections

Meraná veličina	Smer z			Smer y		
	S1-1-30	S1-2-30	S1-3-30	S1-1-30	S1-2-30	S1-3-30
Max. hodnota nenulovaného počiatočného priebehu [mm]	10,11	5,22	1,33	4,9	8,06	6,06
Max. hodnota nulovaného počiatočného priebehu [mm]	2,41	1,5	1,67	0,81	0,92	1,36
Max. hodnota nenulovaného konečného priebehu [mm]	11,56	9,78	29,7	-	16,14	31
Max. hodnota nulovaného konečného priebehu [mm]	1,98	4,6	18,43	-	1,38	23,82
Poloha porušenia z [m]	0,3 až 0,6	0,5 až 0,8	0,8 až 1,2	0,3 až 0,6	0,5 až 0,8	0,8 až 1,2
Stupeň pri porušení [-]	2,3	2,1	1,8	2,3	2,1	1,8
Sila pri porušení [kN]	-5800	-5208	-3150	-5800	-5208	-3150
Excentricita e [mm]	32	37	61	-	2,53	34
Moment pri porušení [kNm]	185,6	192,7	192,15	-	13,18	107,1
Nárast momentov vplyvom zperu [kNm]	17,19	16,74	59	-	1,84	38,3

Tab. 2 Porovnanie meraných veličín pre stĺpy s obetónovanou stenou a bez obetónovania  
Tab. 2 Comparison of measured values of columns with the web encased and without the encasement

nované oceľové profily nasledujúce hodnoty počiatočných imperfekcií:

- smer z (v smere steny) –  $L/200$ ,
- smer y (v smere pásnice) –  $L/150$ .

Reálne hodnoty (nenulovaný priebeh) odpovedali približne normovým hodnotám pre počiatočné imperfekcie. Pre výpočet teórie II. rádu je zaujímavá hodnota nulovaného priebehu (rovinnosti stĺpa) v strede výšky, ktorej priemer bol v smere z  $L/2400$  a v smere y  $L/5600$ , čo sú veľa menšie hodnoty ako udáva

tám pre počiatočné imperfekcie. Pre výpočet teórie II. rádu je zaujímavá hodnota nulovaného priebehu (rovinnosti stĺpa) v strede výšky, ktorej priemer bol v smere z  $L/2400$  a v smere y  $L/5600$ , čo sú veľa menšie hodnoty ako udáva

norma EN 1994-1-1. Treba poznamenať, že v normových hodnotách geometrických imperfekcií sú zahrnuté tiež ďalšie vplyvy, ktoré sa pri skúškach neprejavili.

### Analýza priebehov stĺpa

Vodorovný posun (priebeh) bol meraný pri každom stupni zaťaženia v dvoch kolmých smeroch, smer z a smer y, geodeticky nivelačnými prístrojmi v desiatich geodetických bodoch a pomocou dvoch výchylkomerov H3 a H4 v strede stĺpa, pre overenie geodetického merania. Okrem toho bol geodeticky zmeraný priebeh resp. deformovaný tvar stĺpa po porušení. Priechyby merané geodeticky a pomocou výchylkomeru sa zhodovali.

Pri analýze geodetického merania boli vyhodnocované v oboch smeroch dva typy priebehov (obr. 4):

- nenulovaný priebeh – hodnota priebehu priamo odčítaná nivelačnými prístrojmi,
- nulovaný priebeh – z dôvodu odklonu zvislej osi stĺpa od určenej zvislej roviny, z dôvodu pootočenia kalot a naklonenia lisu, s ktorým súvisí posun klbových kalôt, sa menili aj hodnoty priebehu v päte a v hlave stĺpa. Pre vyhodnocovanie boli preto hodnoty nameraného priebehu nulované a to pomocou priamky preloženej nameranými hodnotami posunov v päte a v hlave stĺpa.

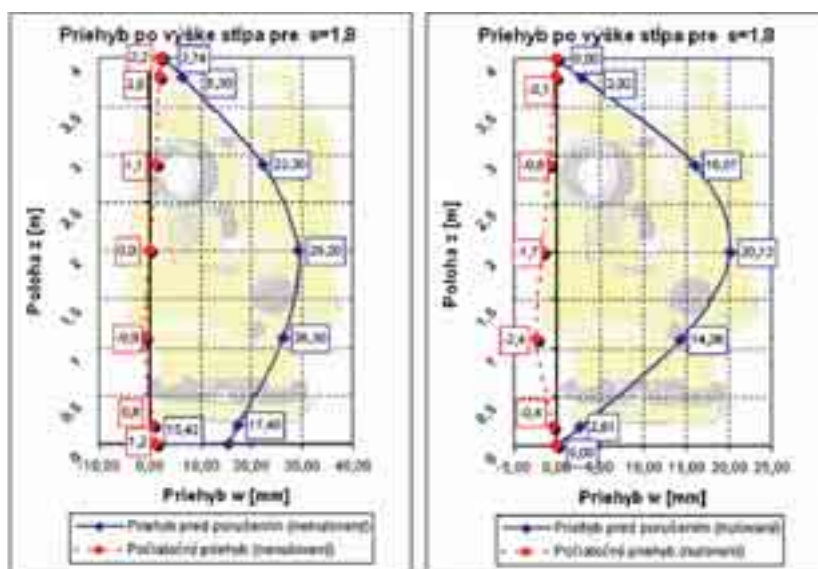
Na obr. 5 je graficky zobrazený priebeh priebehov v smere z (stĺp S2-2-60), pre stupeň zaťaženia  $s = 1,8$ .

### Analýza vplyvu obetónovania

Pre analýzu vplyvu obetónovania bol pre typ stĺpov S1 pre excentricitu 30 mm jeden stĺp (S1-3-30) skúšaný bez obetónovania steny oceľového I-profilu. Tento stĺp bol potom porovnaný so stĺpmi S1-1-30 a S1-2-30.

Z tab. 2 je zrejme, že obetónovanie steny oceľového profilu:

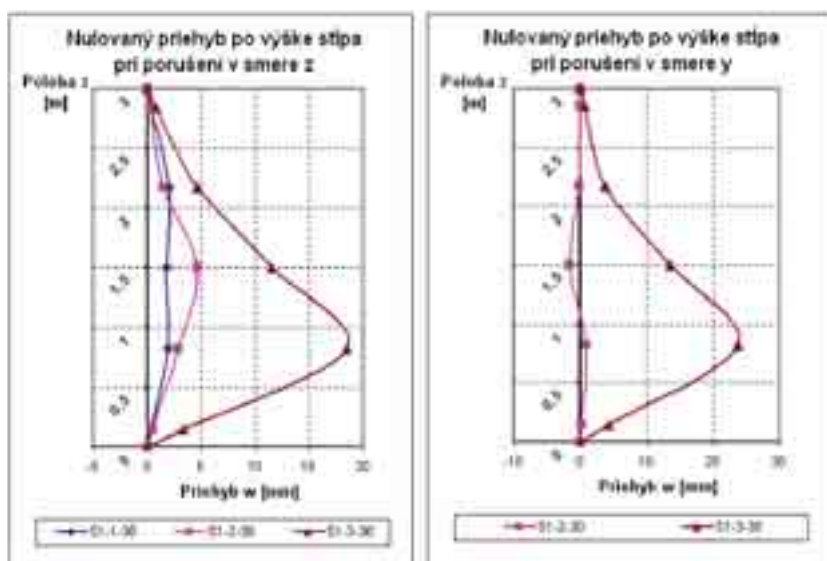
- zvýšilo silu pri porušení stĺpa (nárast okolo 40 %),
- znížilo nenulovaný priebeh (pokles okolo 40 až 60 %) a nulovaný priebeh (pokles okolo 80 až 90 %),
- znížilo excentricitu pri porušení pre



Obr. 5 Grafická zobrazenie priebehu stĺpa po výške v smere z pre stĺp S2-2-60 a stupeň zaťaženia  $s = 1,8$

Fig. 5 Deflection curve of column S2-2-60 in the direction z and for the load step  $s=1,8$





Obr. 6 Porovnanie nulovaného priehybu pre stĺpy sady S1 s excentricitou 30 mm

Fig. 6 Comparison of zeroed deflection the columns series S1 with eccentricity 30 mm

smer z (pokles okolo 40 %) a v smere y (pokles okolo 90 %),

- znížil sa vplyv vzperu, t.j. poklesli momenty s vplyvom vzperu (v smere z pokles okolo 70 % a v smere y okolo 90 %).

Grafické porovnanie nulovaných priehybov pre stĺpy sady S1 s excentricitou 30 mm je na obr. 6.

Porovnanie odolnosti pri ohybe v smere z a y pre niekoľko typov interakčných diagramov je na obr. 7 a 8, pričom z tohto porovnania vyplývajú nasledujúce zistenia:

- rozdiel odolnosti (interakčných diagramov) sa pre prierez s obetónovanou stenou a bez obetónovania pohybuje

v rozmedzí od 30 % (čistý tlak) do 5 % pre smer z a 13 % pre smer y (čistý ohyb).

- metodika posúdenia iba ocelového profilu podľa EN 1993-1-1 dáva pri ohybe v smere z pre čistý ohyb väčšie hodnoty momentov (476 kNm), ako metodika pre posúdenie spriahnutého prierezu aj s obetónovanou stenou podľa EN 1994-1-1 (452 kNm), pretože EN 1994-1-1 redukuje odolnosť súčiniteľom  $\alpha_M$ .
- momenty pri porušení pri ohybe v smere z sú pre všetky stĺpy približne rovnaké ( $\approx 190$  kNm), pričom hodnoty síl pri porušení sú pre obetónovaný a neobetónovaný ocelový profil diametrálne rozličné z dôvodu väčšieho vplyvu vzperu pre neobetónovaný ocelový profil.

#### POROVNANIE ZJEDNODUŠENEJ A VŠEOBECNEJ METÓDY

Norma EC4 umožňuje navrhovať spriahnuté ocelobetónové stĺpy zjednodu-

šenou (plastický interakčný diagram) alebo všeobecnou metódou (pružnostne-plastický interakčný diagram). Pre porovnanie týchto metód (interakčných diagramov) sme použili spriahnutý prierez, ktorý bol použitý v stĺpoch pri experimentoch. Interakčné diagramy pre obidve metódy boli generované v oboch smeroch ohybu pre normové aj namerané materiálové charakteristiky. Pre všeobecnú metódu boli generované dva interakčné diagramy a to pre parabolický a bilineárny pracovný diagram betónu, pričom pre ocel betónárskej výstuže a ocel I profilu boli použité bilineárne pracovné diagramy bez stúpajúcej vetvy s ohraničeným pretvorením 10 %. V tab. 3 a 4 sú porovnané rozdiely momentov všeobecnej metódy a zjednodušenej metódy ( $M_{zjed} - M_{vseob}$ ) s rôznym súčiniteľom  $\alpha_M$  a ich percentuálne vyjadrenie.

Porovnanie bolo urobené pre jednotlivé polohy neutrálnej osi vo výške prierezu,

$$\text{kde z týchto hodnôt } \frac{M_{zjed} - M_{vseob}}{M_{zjed}} \cdot 100 [\%]$$

boli vypočítané maxima a priemery pre záporné aj kladné hodnoty, pričom záporné hodnoty porovnania znamenajú, že zjednodušená metóda je na strane bezpečnej v porovnaní so všeobecnou.

Grafická interpretácia porovnania je na obr. 9.

Z porovnania týchto metód vyplývajú nasledujúce skutočnosti:

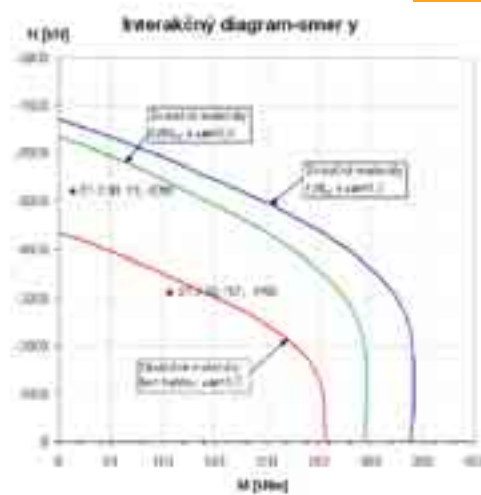
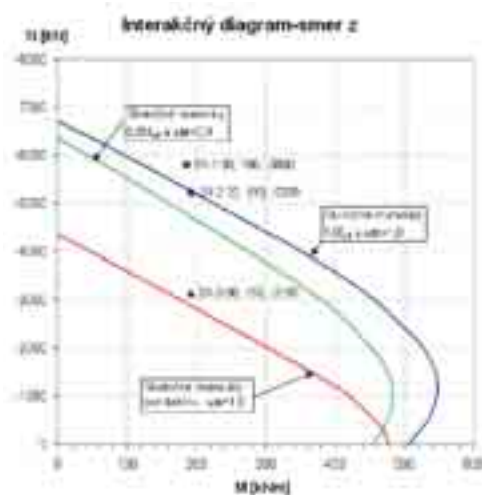
- pre normové materiálové charakteristiky zjednodušená metóda so súčiniteľom  $\alpha_M = 0,9$  pre ocel S235 až S355 dáva hodnoty na strane bezpečnej v porovnaní so všeobecnou metódou, pričom priemerný rozdiel je okolo 10 % pri ohybe v smere z a 15 % v smere y,

Obr. 7 Porovnanie odolnosti prierezu s obetónovanou a s neobetónovanou stenou pri ohybe v smere z

Fig. 7 Comparison of resistance of the cross-section with the web encased and without the encasement, axis of buckling y-y

Obr. 8 Porovnanie odolnosti prierezu s obetónovanou a s neobetónovanou stenou pri ohybe v smere y

Fig. 8 Comparison of resistance of the cross-section with the web encased and without the encasement, axis of buckling z-z



Materiály	Prac. diagram betónu	Hodnota	Zjednodušená s $\alpha_M = 1,0$				Zjednodušená s $\alpha_M = 0,9$			
			$M_{zjed} - M_{vseob}$ [kNm]		$(M_{zjed} - M_{vseob}) / M_{zjed}$ [%]		$M_{zjed} - M_{vseob}$ [kNm]		$(M_{zjed} - M_{vseob}) / M_{zjed}$ [%]	
			+	-	+	-	+	-	+	-
Normové	Parabolický	Priemer	2,8	-3,26	1,08	-1,62	0	-28,4	0	-11,09
		Max	7,33	-24,74	2,94	-20,51	0	-34,19	0	-33,88
	Bilineárny	Priemer	3,98	-10,9	1,5	-7,91	0	-25,6	0	-9,85
		Max	13,06	-20,12	5,21	-14,13	0	-32,18	0	-26,79
Namerané	Parabolický	Priemer	19,02	-16,29	4,06	-8,09	0	-29,81	0	-6,85
		Max	39,27	-22,9	9,01	-8,09	0	-47,4	0	-20,09
	Bilineárny	Priemer	24,22	-1,53	5,18	-1,17	2,65	-31,63	0,69	-7,21
		Max	47,51	-1,65	10,8	-1,17	3,86	-46,87	1	-12,4

Tab. 4 Porovnanie rozdielov momentov a ich percentuálne vyjadrenie pri ohybe v smere y  
Tab. 4 Comparison of differences between the moments and their percentage explanation for the axis of buckling z-z

Materiál	Prac. diagram betónu	Hodnota	Zjednodušená s $\alpha_M = 1,0$				Zjednodušená s $\alpha_M = 0,9$			
			$M_{zjed} - M_{vseob}$ [kNm]		$(M_{zjed} - M_{vseob}) / M_{zjed}$ [%]		$M_{zjed} - M_{vseob}$ [kNm]		$(M_{zjed} - M_{vseob}) / M_{zjed}$ [%]	
			+	-	+	-	+	-	+	-
Normové	Parabolický	Priemer	4,92	-12,13	2,63	-24,96	0	-15,44	0	-16,35
		Max	8,22	-23,84	4,27	-92,96	0	-23,84	0	-84,42
	Bilineárny	Priemer	6,3	-12,15	3,45	-26,61	0	-13,13	0	-15,62
		Max	10,01	-20,86	5,19	-78,29	0	-20,86	0	-98,08
Namerané	Parabolický	Priemer	38,86	-6,95	13,91	-16,96	15	-11,77	5,97	-20,41
		Max	52,4	-18,56	17,88	-68,95	22,7	-19,7	8,77	-87,71
	Bilineárny	Priemer	34,16	0	14,92	0	14,3	-4,61	6,97	-2,18
		Max	55,15	0	36,1	0	25,2	-10,52	29	-3,55

- súčiniteľ  $\alpha_M$  spôsobuje výrazne zmenšenie momentov najmä v oblasti veľkých excentricít, pričom v porovnaní so všeobecnou metódou to predstavuje rozdiel 15 až 30 %,
- pre všeobecnú metódu a pre normové materiálové charakteristiky nie je betónárska výstuž plne využitá najmä pre bilineárny pracovný diagram,
- pre všeobecnú metódu a namerané

- materiálové charakteristiky nie je využitá ani oceľ, pričom odolnosť na čistý tlak je pre všeobecnú metódu a bilineárny pracovný diagram menšia ako pre zjednodušenú metódu ( $N_{zjed} = 6353$  kN,  $N_{vseob.par} = 6539$  kN,  $N_{vseob.bill} = 6231$  kN),
- pre namerané materiálové charakteristiky zjednodušená metóda so súčiniteľom  $\alpha_M = 0,9$  pri ohybe v sme-

Tab. 3 Porovnanie rozdielov momentov a ich percentuálne vyjadrenie pri ohybe v smere z

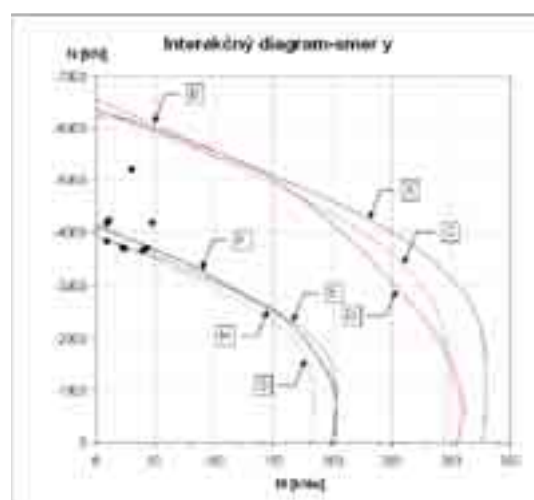
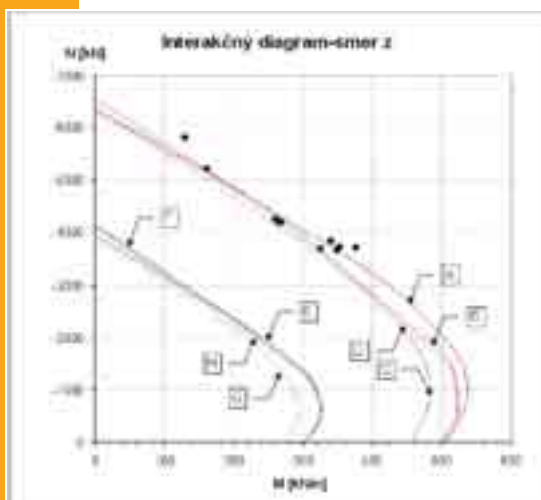
Tab. 3 Comparison of differences between the moments and their percentage explanation for the axis of buckling y-y

re y dáva v niektorých oblastiach väčšie hodnoty momentov ako všeobecná metóda, preto by bolo vhodné použiť súčiniteľ  $\alpha_M = 0,8$ , ktorý by sa mal podľa normy použiť pre  $f_{yk} \geq 420$  MPa (nameraná hodnota  $f_{yk}$  pre oceľ použitú v priereze bola 395 MPa).

### ZÁVER

Z experimentálneho overovania odolnosti spriahnutých oceľobetónových stĺpov vyplynuli nasledujúce poznatky:

- na základe našich meraní je možné konštatovať, že pri našich skúškach boli namerané počiatkové imperfekcie oveľa menšie ako sú uvedené v norme. Rozdiel pri ohybe v smere z predstavoval až 12 násobok a pri ohybe v smere y až 40 násobok v porovnaní s normovým hodnotami,
- pri porovnaní stĺpov s obetónovanou a neobetónovanou stenou je možné konštatovať, že obetónovanie steny oceľového profilu výrazne znížilo hodnoty konečných priehybov pri ohybe v smere y a z, z čoho vyplýva aj výrazne zníženie hodnôt sekundárnych ohybových momentov, čo bola očakávaná a potvrdená skutočnosť,
- bol zistený rozdiel, pri posúdení oceľového profilu bez obetónovania podľa normy EC3 a oceľového profilu s obetónovaním podľa EC4, kde pre oceľový profil bez obetónovania dostávame



Obr. 9 Porovnanie zjednodušenej a všeobecnej metódy pri ohybe a) v smere z, b) v smere y

Fig. 9 Comparison of the simplified and general method for the axis of buckling y-y and z-z

Literatúra:

- [1] Valach P.: Navrhovanie spriahnutých ocelobetónových stĺpov, Dizertačná práca SvF STU, Bratislava, Katedra betónových konštrukcií a mostov, 2005
- [2] Roik K., Bergmann R.: Eurocode No.4: Composite columns, Report EC 4/6/89, University of Bochum, June 1989
- [3] Johnson R. P.: Composite structures of steel and concrete, Volume 1, Oxford 1994
- [4] Trahair N. S., Bradford M. A.: The Behaviour and Design of Steel Structures, Chapman and Hall, London 1991, Jakarta 1994
- [5] Uy B., Bradford M. A.: Local buckling of composite steel rectangular columns, Fifth International Conference on Steel Structures
- [6] Rautaruukki O.: Steel Comp. Column used in concrete-steel composite structures, 2000
- [7] Studnička J.: Ocelobetónové konštrukcie, ČVUT v Praze, 2002
- [8] Narayanan R.: Steel-concrete Composite Structures. Stability and Strength, Elsevier Applied Science, London 1988
- [9] Oehlers D. J., Bradford M. A.: Composite Steel and Concrete Structural Members – Fundamental Behaviour, Elsevier Science Ltd, Oxford 1995
- [10] Kozák J., Gramblička Š., Lapos J.: Spriahnuté a kombinované ocelobetónové konštrukcie pozemných stavieb, Jaga 2000
- [11] Bujňák J., Furtak K.: Ocelobetónové konštrukčné prvky, Žilinská univerzita, Žilina 1999
- [12] Johnson R. P., Anderson D.: Designers' Guide to EN 1994-1-1, Thomas Telford, 2004

vyššie hodnoty momentov pri čistom ohybe,

- všeobecná metóda dáva pre namerané materiálové charakteristiky pre centrický tlak menšie hodnoty odolnosti ako zjednodušená metóda, pretože výstuž a ocelový profil kvôli obmedzeniu pretvoreniu betónu v tlaku nie je plne využitá, rozdiely sa prejavujú najmä pre bilineárny pracovný diagram,
- namerané hodnoty odolnosti korešpondujú s vypočítanými hodnotami



odolnosti zjednodušenej metódy pre namerané materiálové charakteristiky, najlepšie hodnoty odolnosti vystihuje interakčný diagram so súčiniteľom  $\alpha_M = 1,0$ , pričom norma odporúča hodnotu súčiniteľa  $\alpha_M = 0,9$ , poznamenávame, že toto sa zistilo pri 12 skúškach, • experimenty ukázali veľmi dobrý súlad skutočných odolností a odolností vypočítaných vytvoreným programom.

*Práca bola vypracovaná v rámci projektu VEGA 1/2132/05 Nelineárne pôsobenie konštrukcií vyrobených z vystuženého a predpätého betónu a spriahnutých ocelobetónových konštrukcií.*

Obr. 10 Porušenie stĺpov  
Fig. 10 Failure of the columns

Text článku byl lektorován.

Doc. Ing. Štefan Gramblička, PhD.  
Katedra betónových konštrukcií a mostov  
Stavebná fakulta STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava,  
Slovenská republika  
tel.: +421 259 274 552  
e-mail: sgram@svf.stuba.sk

Ing. Pavol Valach  
SCIA SK, s. r. o.  
Nám. Hrdinov 5, 010 03 Žilina,  
Slovenská republika  
e-mail: valach@scia.sk