



EXPERIMENTAL DETERMINATION OF ULTIMATE LOADS OF BEAM-COLUMNS  
WITH SIMULTANEOUS CHECKING OF STRESSES AND DEFLECTIONS  
EXPERIMENTÁLNE ZISŤOVANIE ÚNOSNOSTI EXCENTRICKY TLAČENÝCH  
PRŮTOV SO SÚBEŽNÝM SLEDOVANÍM NAPĚTÍ A DEFORMÁCIÍ

Nádaský P.

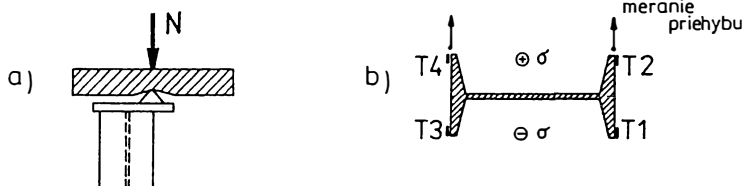
Experiments on pin-ended steel beam-columns were carried out. Simultaneous measuring of stresses and deflections enabled to determinate the influence of imperfect conditions in end pins on behaviour of test specimens and to discuss the influence of residual stresses.

## 1. Úvod

Teoretická analýza medznej únosnosti tlačených a ohýbaných prútov s výstupom do jednoduchých interakčných vzťahov pre ich praktické navrhovanie si žiada i experimentálne potvrdenie správnosti formulovaných záverov. Získanie hodnoverných experimentálnych výsledkov využiteľných pre porovnávanie s výsledkami teoretickej pružno-plastickej analýzy únosnosti takto namáhaných prútov vyžaduje vo zvýšenej miere venovať pozornosť realizácii okrajových podmienok uloženia testovaných vzoriek. Realizácia koncových kĺbových uložení blízkyh ideálnemu kĺbu bez trecích odporov a zohľadňujúca súčasne dodržanie podmienok vnášania zaťaženia je pomerne náročnou technickou záležitosťou. V popisovanom prípade išlo o realizáciu obojstranného kĺbového uloženia excentricky tlačených prútov prierezu I 100 pri štihlostiach  $\lambda = 40$  a  $\lambda = 80$ . Celkovo bolo testovaných 23 ks prútov s rôznymi excentricitami pôsobiska tlakovej sily. Excentricity na oboch koncoch jednotlivých prútov boli rovnako veľké.

## 2. Podmienky a predpoklady experimentu

V prípade popisovaných experimentov bol zvolený postup realizovať jednoducho vyrobiteľný detail uloženia prútov na koncoch, schématicky znázornený na obr. 1 a) a prípadné vplyvy jeho nedokonalého pôsobenia odstrániť na podklade rozboru pracovných diagramov použitých tenzometrických snímačov v kombinácii s pracovnými diagramami priehybomerov.



Obr. 1 a) Prenos tlakovej sily cez ostrú hranu s možnosťou výkyvu

b) Rozmiestnenie tenzometrov v priečnom reze

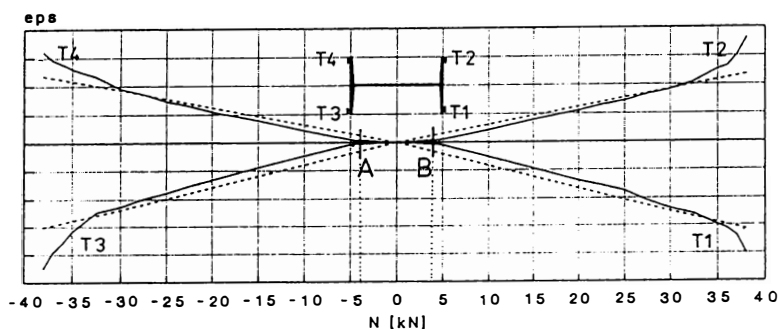
K výhodám klbového uloženia podľa obr. 1 a) patrí jasne definovaná poloha zaťažovacej sily spolu so zárukou nemennosti jej polohy počas experimentu a malé rozmery úpravy, ktoré tak minimálne ovplyvňujú veľkosť teoreticky predpokladaných prierezových charakteristík skúšaného prvku po jeho dĺžke. Nevýhodnou stránkou riešenia je vopred neznámy trecí odpor v takomto detaile pri jeho rotácii a možná plastizácia kontaktnej hrany od zvyšujúcej sa tlakovej sily s jej dopadom na následné pôsobenie takéhoto klbu pri postupujúcom pootočení.

Pre získanie informácií o pôsobení prútov počas zaťažovania boli, okrem merania priečných priehybov v strede dĺžky prúta, použité tiež 4 tenzometrické snímače (obr. 1 b) na meranie pomerných pretvorení v najviac namáhanom priečnom reze. Tenzometrické merania boli uskutočnené tenzometrickou aparátúrou firmy Mikrotechna a elektrickými odporovými tenzometrami C 120. Výsledky tenzometrických meraní boli, okrem sledovania vplyvu pôsobenia koncových uložení, využité tiež na získanie sprostredkovaných informácií o veľkosti reziduálnych napätí.

### 3. Využitie výsledkov tenzometrických meraní pri zhodnotení priebehu experimentov

Na priebehu pracovných diagramov tenzometrických snímačov je viditeľný vplyv nedokonalého pôsobenia realizovaného kĺbového uloženia. Vyhodnotením nameraných hodnôt možno určiť veľkosť odchýlky od ideálneho stavu. Ako príklad uvedieme jeden z typických pracovných diagramov štvorice tenzometrov T1, T2, T3 a T4 vzorky B - C 5.

#### B - C 5



Obr. 2 Pracovné diagramy tenzometrov vzorky B - C 5

Pre prehľadnosť sú jednotlivé diagramy na obr. 2 situované do štyroch rôznych kvadrantov. Čiarkovanou čiarou je naznačený priebeh pomerných pretvorení, teoreticky očakávaný za predpokladu pružného pôsobenia ideálne kĺbovo uloženého prúta. Z paralelnosti pracovných diagramov v oblasti pružného pôsobenia s teoreticky očakávanými smermi ich vývoja možno odvodiť, že vplyv nedokonalosti kĺbu sa v tejto oblasti prejavuje určitým momentom votknutia. Jeho veľkosť určíme z veľkosti osovej sily, pri ktorej došlo k prekonaniu trenia v kontaktnej ploche (body A, B t.j. cca. 3,8 kN) a z danej excentricity zaťaženia pri konkrétnej vzorke (B - C 5  $e = 41,25$  mm). Výsledný moment pri danej vzorke vnášaný týmto typom kĺbu je teda  $M = - 0,157$  kNm. Rovnakým postupom je možné popísať veľkosť vplyvu nedokonalosti realizovaného kĺbu aj pri ostatných vzorkách.

Reziduálne napätia v prútoch, môžu podľa vzťahov odporúčaných ECCS dosahovať na koncoch prírúb hodnoty cca. 75 MPa v tlaku. Zo sledovania priebehu natáčania rovin najviac namáhaných priečných rezov vyplýva, že k prvej plastizácii na strane tenzometrov T1 resp. T3 dochádzalo pri napätiach od zaťaženia na konci prírúb cca. 270 MPa. To je hodnota približne rovná zistenej medzi klzu materiálu vzoriek. Prúty teda neboli pod výrazným vplyvom reziduálnych napätí od valcovania za tepla.

#### 4. Závery

Sledovanie zmien napätosti počas experimentálneho zisťovania medznej únosnosti excentricky tlačených prútov umožnilo určiť vplyv okrajových podmienok uloženia na priebeh experimentov. Prúty pôsobili ako na oboch koncoch kĺbovo uložené s obmedzeným odporom realizovaných kĺbov proti voľnej rotácii. Nedokonalé pôsobenie kĺbov sa však neprejavilo v hodnotách medzných únosností, čo je možné zrejme vysvetliť plastizáciou kontaktnej hrany pod vplyvom rastúcej zaťažovacej sily a s tým súvisiacim poklesom momentovej kapacity nedokonalého kĺbu a znížením jeho odporu proti rotácii takmer na nulu.

#### Literatúra

- [ 1 ] VOŘÍŠEK, V.: Experimentálne overovanie pevnosti a tuhosti kovových konštrukcií. Skriptum, Bratislava SVŠT 1982.
- [ 2 ] Second International Colloquium on Stability 1976/77. Introductory Report, Second Edition. ECCS 1976.

Pavel Nádaský, Ing., CSc.  
KKDK Stavebná fakulta STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava  
tel./fax (07) 494 116