

# EXPERIMENTÁLNÍ VYŠETŘOVÁNÍ STABILITY PERFOROVANÝCH STĚN

Miloš DRDÁCKÝ, Ing.CSc.  
Jaroslav LESÁK, prom.fyzik

Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV  
128 49 Praha 2, Vyšehradská 49

Přes pokrok v rozvoji numerických výpočetních metod neztrácí experimentální výzkum stabilitních problémů svůj význam především při ověřování přiléhavosti teoretických modelů nebo při řešení úloh složitě matematicky formulovatelných. Takovou úlohou je i problém určení kritického zatížení perforovaných stěn. V ÚTAM byla odzkoušena serie čtvercových stěn hustě oslabených otvory. Celkem bylo v první etapě vyšetřováno 17 těles, u nichž se měnila tloušťka stěny, velikost otvorů, jejich tvar a plošné uspořádání, i způsob podepření. Zkušební tělesa byla vyrobena z polykarbonátu-plexiskla mechanickým obrobením. Zatěžované okraje byly vlepeny nebo vloženy do ocelového prvku s břitem tvořícím kloubovou podporu stěny opřenu o tuhý příčník přenášející do stěny působící sílu. Při zkoušce byla sledována závislost mezi touto silou a průhybem stěny, měřeným jednak induktivním snímačem uprostřed stěny a jednak metodou "shadow moiré" v celé ploše stěny. Působící břemeno bylo zvětšováno s přírůstkem cca 5 N do dosažení průhybů srovnatelných s tloušťkou zkoušené stěny.

Pro vyhodnocení zkoušek a určení kritických břemen bylo využito grafické Southwellovy metody, protože v první etapě popisované serie experimentů byly čtvercové stěny kloubově podepřeny pouze na zatěžovaných krajích, nezatížené okraje byly volné. Stěna se tudíž chovala jako prut a ohýbala ve válcovém tvaru. Pro takový případ Southwell /1/ odvodil přibližný vztah pro vyjádření experimentálně měřeného průhybu uprostřed prutu ve tvaru /použité veličiny a jejich značení viz Apendix/

$$w = P_{kr} w/P - w_0 \quad (1)$$

a navrhl zjišťovat velikost kritického zatížení jako směrnici uvažované přímkové závislosti mezi  $w$  a  $w/P$ . Experimentální určení této závislosti je nevyhnutelně zatíženo chybami měření v okolí počátku zatěžování a proto je nezbytné provádět korekce. V našem případě vyhodnocení probíhalo v následujících krocích:

- 1/ Při spojitém zatěžování byly měřeny hodnoty síly  $P_i$  a jim odpovídající průhyby  $w_i$ , kde  $i = 1, 2, \dots, N$  /počet měření/.
- 2/ Pro zvolený korekční průhyb  $w^k$  byly vypočteny hodnoty  $s_i = w_i - w^k$  a velikost  $q_i = s_i/P_i$ . Těmito body  $/s_i, q_i/$  byla metodou nejmenších čtverců proložena přímka

$$q^* = as + b \quad (2)$$

$$\text{a vypočten reziduální rozptyl } r = \sqrt{\sum_{i=1}^N (q_i - q_i^*)^2 / (N-2)}. \quad (3)$$

3/ Opakováním druhého kroku při změně  $w^k$  byla nalezena optimální korekce průhybu  $w_{opt}^k$ , která při daných měřených datech minimalizuje reziduální rozptyl  $r$ .

4/ Kritické břemeno  $P_{kr}$  se určuje ze směrnice  $a_{opt}$  vypočtené přímkou pro optimální korekci  $w_{opt}^k$ , tedy z rovnice

$$q_{opt}^* = a_{opt}s + b_{opt} \quad \text{vztahem} \quad (4)$$

$$P_{kr} = 1/a_{opt} \quad (5)$$

Chyba v určení  $P_{kr}$  je odhadnuta jako

$$\frac{r}{a^2 \sqrt{\sum s_i^2 - (\sum s_i)^2 / N}} \quad (6)$$

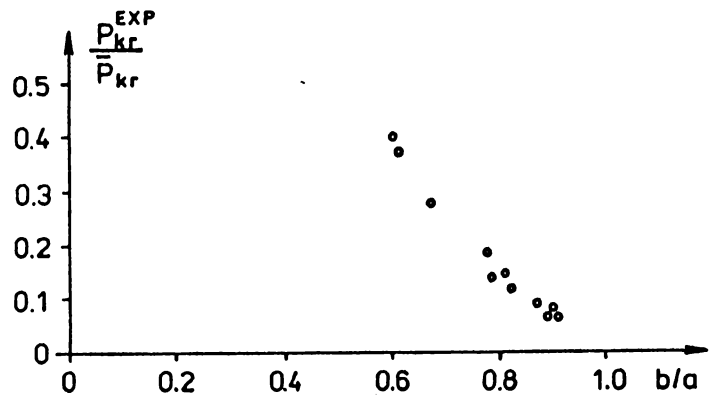
Počáteční průhyb  $w_0$  při  $P_i=0$  pak vychází

$$w_0 = b_{opt}P_{kr} + w^k \quad (7)$$

Rozsah příspěvku neumožňuje podrobnější rozbor vyhodnocovací metody, nicméně použitý postup vedl k nutnosti vyloučení několika málo počátečních údajů /do 10 %  $P_{kr}$ / z naměřených dat, oproti v literatuře uváděným příkladům vyloučení až 80% dat. Rovněž srovnání vypočtených a měřených počátečních průhybů je příznivé.

Příklad dosažených výsledků pro stěny s kruhovými otvory je uveden na obrázku, kde jsou vyneseny bezrozměrné poměry experimentálně určených kritických zatížení ku teoretickým kritickým břemenům plné stěny bez otvorů a průměrů otvorů k roztečím jejich středů. Je patrné, že dochází k redukci odhadovaných velikostí kritických břemen nejen z důvodu redukce plochy průřezu, ale též vlivem koncentrací napětí okolo otvorů.

$P_{kr}^{EXP}$  experimentálně určené zatížení perforované stěny  
 $\bar{P}_{kr}$  teoretický odhad pro plnou stěnu



Apendix:

- P měřená působící síla
- $P_{kr}$  kritické zatížení
- w měřený průhyb uprostřed stěny
- $w^k$  korekce průhybu
- $w_0$  počáteční průhyb stěny
- b průměr kruhového otvoru ve stěně
- a vzdálenost středů kruhových otvorů

Literatura:

/1/ Southwell, R.V., Proc. Royal Soc. London, Ser. A, /135/, /1932/.