

Oponentní posudek disertační práce Doubravky Středové s názvem „Stabilitní prolomení kuželových skořepin s malým vzepětím“.

M. Španiel

23.11.2012

Téma mezních stavů tenkostěnných skořepin, kterým se autorka předložené práce zabývá, je nejen velmi důležité z hlediska aplikací, ale je také zajímavé z hlediska teoretického. Typickým mezním stavem takovýchto konstrukcí je ztráta únosnosti v důsledku hroucení, které nastává podstatně dříve, než je vyčerpána pevnost materiálu, mnohdy dokonce před dosažením prvních plastických deformací. Za mezní se považuje deformační stav, kdy dochází k náhlému poklesu okamžité tuhosti a který je obvykle charakterizován lokálním maximem závislosti zatížení na charakteristickém posuvu. Stanovení mezních zatížení se musí opírat přinejmenším o nelineární statickou analýzu a pro většinu i relativně jednoduchých geometrických konfigurací nebyly nalezeny analytické vzorce v uzavřeném tvaru. Při navrhování tenkostěnných skořepin se využívají normované vztahy, které vycházejí z lineární teorie stability, a které jsou v daných rozsazích platnosti modifikovány vhodnými úpravami.

Autorka posuzované práce se zaměřila na tenkostěnné kuželové skořepiny s malým vzepětím, konkrétně na skořepiny s okrajovým úhlem $\alpha_c \in \langle 5^\circ; 15^\circ \rangle$, zatížené vnějším přetlakem. Za cíl si vytkla navrhnout přibližnou analytickou metodu pro efektivní kontrolu únosnosti takovýchto skořepin v elastické oblasti. Je třeba zdůraznit, že se jedná o skořepiny mimo oblast platnosti stávajících norem a doporučení.

Východiskem při naplňování vytčeného cíle je analytický vztah pro stabilitní hroucení tenkostěnné válcové skořepiny. V evropském doporučení ECCS - *Buckling of steel shells, European Design Recommendations*- je tento vztah modifikován pro aplikaci na kuželové skořepiny se vzepětím $\alpha_c \geq 25^\circ$. Na základě numerického vyšetřování a částečně i experimentálního ověření mezních stavů různě uložených skořepin s malými okrajovými úhly se autorce podařilo vyjádřit mezní zatížení jako mocninnou funkci bezrozměrného parametru *tenkostěnnosti* r_e/t . Koeficient K' a exponent m byly stanoveny regresí z hodnot získaných výpočty metodou konečných prvků. Závisejí ovšem na kinematických okrajových podmínkách. V práci jsou analyzovány

- kloubové podepření okraje
- prosté podepření okraje
- vyztužení skořepiny okrajovým prstencem

Platnost navrženého postupu je ověřena porovnáním mezního zatížení stanoveného tímto postupem s hodnotami získanými numerickým výpočtem a případně experimentálně. Tím byl stanovený cíl práce naplněn.

K práci mám několik poznámek a připomínek:

- V oblasti identifikace závislosti parametrů K' a m na tenkostěnnosti považuji počet řešených případů za dostatečný. Vyšší počet analyzovaných úhlů α_c ve zkoumaném intervalu by podle mne přispěl k věrohodnosti a spolehlivosti navrženého výpočtového postupu. K tomuto názoru mne vede charakter závislostí v grafu 6.20 na str. 54 a také hodnoty v tabulce 8.3 (str. 64), podle které nejsou u skořepin s výztužnými prstenci závislosti K' a m na α_c monotónní.
- Postup návrhu modelové imperfekce výpočtem průhybu je dle mého názoru zbytečně pracný a domnívám se, že i vzhledem k indikovanému omezenému významu počátečních imperfekcí u kuželových skořepin s malým vzepětím, by bylo zcela přijatelné definovat prohlubeň přímo, vhodnou analytickou funkcí.
- Doporučoval bych nepoužívat v daném kontextu termín ztráta stability, který je vyhrazen problémům s bifurkací. Autorka je si těchto aspektů vědoma, jak vyplývá z teoretického rozboru, který přehledně zpracovala v úvodní kapitole. Záměna pojmů únosnosti a stability je v české literatuře poměrně obvyklá, takže tuto poznámku k názvu práce připojuji jako formální upozornění.
- Při numerických analýzách MKP autorka využila metodu délky oblouku. Zatížení jednotkovým přetlakem, které autorka zmiňuje na několika místech v práci je tedy pouze formální hodnota, která je v procesu výpočtu měřítkována. Skutečné maximální přetlaky na analyzovaných modelech vycházejí nakonec v desetinách, ne jednotkách MPa.

Struktura práce odpovídá běžným zvyklostem a jazyková úroveň je standardní.

Závěrem konstatuji, že doktorandka, Doubravka Středová, prokázala, dle mého názoru, schopnost osvojit si potřebné teoretické znalosti a využít je při systematickém získávání nových poznatků a hledání vhodných tvůrčích přístupů k jejich efektivní aplikaci. **Práci doporučuji k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení doporučuji její autorce, Ing. Doubravce Středové, udělit titul Ph.D.

Otázky k diskusi:

- V kapitole o imperfekcích zmiňujete dva přístupy k popisu počátečních imperfekcí - na základě prvního vlastního tvaru a nebo v podobě lokální prohlubně. Proč jste se přiklonila ke druhé možnosti?

23. 11. 2012

Miroslav Španiel

