

VYŠETŘOVÁNÍ PRŮHYBOVÉ PLOCHY LICHOBĚŽNÍKOVÉHO SEGMENTU METODOU STÍNOVÉHO MOIRÉ

Ing. Jindřich Kratěna, CSc.^{1/}, Ing. Marie Kratěnová, CSc.^{2/}

1/ Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, Praha

2/ Fakulta stavební ČVUT, Praha

Při vyšetřování příčin navárie při montáži ocelového segmentu bylo nutno určit závislost mezi velikostí síly a deformací ve směru kolmém ke střednici segmentu. Segment lichoběžníkového tvaru byl částí kuželové plochy montované konstrukce. Pro usnadnění výpočtu i experimentu byla kuželovitost zanedbána, neboť zakřivení segmentu bylo relativně malé. Řešení se tím podstatně zjednodušilo. Předmětem vyšetřování byl tedy rovinný lichoběžníkový segment $AA'B'B$ symetrický co do tvaru, podepření i zatížení (obr. 1). Podepření bylo realizováno v bodech C, C', D, přičemž síly F, F' působily kolmo k rovině modelu v malé vzdálenosti od rohů A, A'.

Početní řešení bylo založeno na variačních metodách. V tomto případě šlo o přibližnou variační metodu řešení okrajových problémů eliptických diferenciálních rovnic s aplikací na statické úlohy mechaniky kontinua. Tyto úlohy vedou na variační formulaci hledání stavu přetvoření, při kterém nastává minimum kvadratického funkcionálu celkové potenciální energie konstrukce. Výpočtem byly určeny hodnoty průhybů desky v konečném počtu bodů. Z těchto výsledků byl aproximován tvar deformační plochy desky při daném zatížení.

Experimentální ověření se uskutečnilo metodou stínového moiré na modelu v měřítku 1:10 (kromě tloušťky). Na vodorovnou podložku byl položen model segmentu podepřený ve 3 bodech C, C', D (obr. 2). Ve vzdálenosti $c = 1,7$ cm od modelu byl na 3 rektifikačních šroubech umístěn rastr s roztečí $p = 1$ mm, případně $p = 0,5$ mm. Ve vzdálenosti $d = 152$ cm od rastru byla umístěna kamera a světelný zdroj, přičemž pro zjednodušení závislosti mezi průhybem a řádem interferenčních pruhů je výhodné volit $f = d$, takže $\alpha_c = 45^\circ$.

Podle teorie modelové podobnosti pro průhyby desek je

závislost mezi skutečným průhybem w_s a průhybem na modelu w_m dána vztahem

$$w_s = w_m \frac{F_p \cdot l_p^2}{E_p \cdot h_p^3}, \quad (1)$$

kde

$$F_p = \frac{F_s}{F_m}, \quad l_p = \frac{l_s}{l_m}, \quad E_p = \frac{E_s}{E_m}, \quad h_p = \frac{h_s}{h_m}. \quad (2)$$

Protože při experimentu známe měřítko délek l_p , tloušťek h_p a modulů pružnosti E_p , můžeme volit měřítko sil F_p tak, aby $w_s = w_m$. Pokud je měřítko sil jiné, pak lze z rovnice (1) snadno vypočítat průhyb na skutečné konstrukci ze změněného průhybu na modelu.

Při zatížení silami F , F' se model deformuje, přičemž obraz plochy vyboulení je snímán kamerou. Protože se používá pouze jedna mřížka, její tmavé části (linky) interferují se svými vlastními stíny. Interferenční pruhy celých řádů se tedy jeví jako světlé čáry a pruhy polovičních řádů jako čáry tmavé.

Závislost mezi průhybem w a řádem interferenčního pruhu n je dána vztahem

$$w = \frac{n \cdot p \cdot d}{f - n \cdot p}. \quad (3)$$

Pro $f = d = 1520 \text{ mm}$ a $p = 1 \text{ mm}$ je

$$w = \frac{1520 \cdot n}{1520 - n}. \quad (4)$$

Z rovnice (4) plyne, že při použití rastru s roztečí $p = 1 \text{ mm}$ jeden interferenční pruh odpovídá prakticky průhybu 1 mm . Chyba vzrůstá se zvyšováním řádů. Pro $n = 1$ je $w = 1,001 \text{ mm}$, pro $n = 10$ je $w = 10,066 \text{ mm}$, pro $n = 13$ je $w = 13,112 \text{ mm}$. Největší chyba, která mohla vzniknout geometrickou sestavou experimentu byla asi $0,1 \text{ mm}$, což je při měřených průhybech větších než 10 mm méně než 1% . Při použití rastru s roztečí $p = 1 \text{ mm}$ se můžeme dopustit chyby až $0,5 \text{ mm}$ při určení zlomků řádu interferenčního pruhu.

Cílem práce bylo určit závislost velikosti síly F a průhybů rohů A , A' segmentu. Porovnáním teoretického řešení s experimentem na základě modelové podobnosti se ukázala velmi dobrá shoda podél hrany AA' , tj. v oblasti největších deformací, neboť v této části byla zvolena pro výpočet MKP hustá síť. V rozích A , A' byla dosažena úplná shoda teorie s experimentem. Ve zbývajících částech, která

nebyla z hlediska výpočtu důležitá, byla síť značně řidčí, takže teoretické výsledky jsou nesprávné. Naproti tomu experiment dal správné výsledky po celé ploše modelu při mnohem menší námaze než teoretický výpočet, jehož pracnost značně vzrůstá se zhušťováním výpočtové sítě.

Literatura:

- /1/ Kratěnová M., Kratěna J.: Použití metody stínového moiré při řešení stabilitních problémů tenkostěnných nosníků. Konference EAN 82, Karlovy Vary 1982
- /2/ Kratěna J., Kratěnová M.: Use of shadow-moiré technique in the investigation into the buckled patterns in thinwalled steel structures. 3rd Conference on steel structures, Timisoara 1982

