

Ing. Eduard Klamr CSa,
Laboratoř pružnosti a model. techniky,
Hutní projekt Ostrava.

MEZNÍ STAVY ÚNOSNOSTI A SPOLUPŮSOBENÍ PRVKŮ STŘEŠNÍ KONSTRUKCE S PROFILOVANÝMI PLECHY Z HLINÍKU.

Mezní stavy únosnosti, které jsou u velmi tenkých plechů ($t = 1\text{ mm}$) vázány na jevy stability tlačných přírub profilu a šikmých stojin v podporách, spojené s imperfekcemi geometrie tvaru a materiálu, na spolupůsobení s vaznicí a dále i otázka stabilizace vaznice krytinou proti vázanému kroucení, byly předmětem experimentálního výzkumu, který se v rámci státního úkolu P-19-123-215-03 realizoval v naší laboratoři LPMT.

Rozsáhlý experimentální výzkum na prototypu střešní konstrukce typu HARD a velký počet opakovaných zkoušek na nosných prvcích za skutečných okraj. a zatěžovacích podmínek spojitě krytiny až do totálního porušení vedl k dokonalému poznání složitého přetvárného procesu a přinesl podklady k analytickému popisu, ke statistickému zpracování kritických dat, potřebných pro ekonomické dimenzování a postavení optimalizační úlohy.

Samonosná střešní krytina s profilem KOB 1004, $t = 0,8$ a $0,63\text{ mm}$ z hliníku AL99,5 s slitin AL Mg 2 ve stavu polotvrdém byla zkoušena na speciálním hydraulickém zatěžovacím zařízení břemenem rovnoměrně rozloženým a na rozpětích $L = 1,5$, $2,0$ a $3,0\text{ m}$, s okraji dokonale vetknutými (pro střední pole) a s jednostranným vetknutím (pro krajní pole).

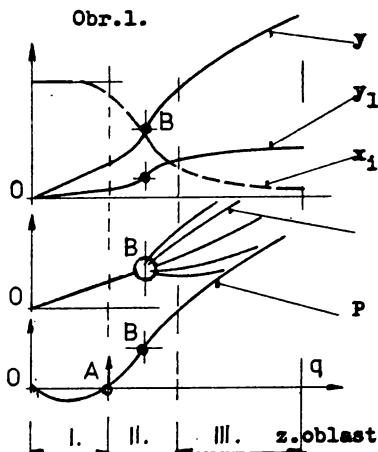
Měřené veličiny:

$Q = q \cdot L \cdot b$ celk. zatěž. síla - tenzom. dynamometrem T-DYN-LPMT
 P rozpěrná síla - 2 tenzom. dynamometry T-DYN-LPMT
 y, y_1 ... vertik. posuvy a vtláčení vaznice - průhyboměry MEOPTA
 σ napětí - tenzometry C120 MIKROTECH. TSA 63 a TDA 6
 x_1 pořad. inflex. bodu průhyb. křivky - řada tenzom. C120

Zpracování naměřených dat provedeno na počítači WANG 2020 i a nakreslením diagramů.

Předchozí výzkum interakce nosných prvků na prototypu střešní konstrukce ukázal mimo jiné, že vaznice jsou zatíženou krytinou stabilizované a proti horizontálnímu posuvu fixované. Proto pro okrajové podmínky středního pole platí,

že horizont. posuv v podporách
 $\Delta x = 0$ a úhel pootočení
 $\varphi_A = \varphi_B = 0$.



Pracovní diagramy, vyjádřené funkčními vztahy
 $(y, y_1, \delta, P, x_1) = f(q)$ pro střední pole a rozpětí $L=1,5m$ (viz obr.1) charakterizují chování plechu KOB 1004 AL 99,5 $t=0,63$ mm. Křivky mají tři typické zatěžovací oblasti a některé společné znaky, vyjadřující fyzikální podstatu procesu.

I.oblast - přímková, kde průběhy všech deform.veličin jsou lineární a schéma odpovídá pružnému vetknutí okrajů. Vzdálenost inflexního bodu průhybové křivky od podpor $x_1 = 0,2113.L$ je až do bodu A stálá, nebo mírně klesá (vliv imperfekce geom.tvary)

II.oblast - přechodová, s náhlým vzrůstem všech přetvárných veličin začíná bodem A, průsečíkem křivky $P = f(q) = 0$, ve kterém začíná působení rozpěrné síly (P). Inflexní body křivek $(y, y_1, P) = f(q)$ leží na stejné pořadnici (q). V bodech inflexe B je maximální vzrůst přetvoření, v podporách se vytváří pružný kloub, podporovaný vtlakováním vaznice do profilu a hroucením spodních tlačných přírub, což také koresponduje s posuvem inflexe (x_1) průhybové křivky směrem k podporám a křivkou (y_1).

Okrajové podmínky pružného vetknutí se zde postupně mění

sá na "pružný" kloub, kdy $x_1 \rightarrow 0$. Uprostřed rozpětí dochází k redistribuci napětí z ohybu σ_0 po šířce tlačných přírub profilu, vyznačené v bodě B rozvětvením svazku křívek (σ), které v lineární zatěžovací oblasti se shodovaly. Počínaje bodem A rychle narůstá rozpěrná síla P , která vyvolává v celém průřezu membránové napětí $\sigma_m = P/F$, takže celkové napětí v krajních vláknech pro $x = L/2$ bude $\sigma = \sigma_0 + \sigma_m$.

Jestliže $\sigma \geq \sigma_{KR}$, dochází k lokálnímu zhroucení tlačných přírub a tím k vytvoření třetího pružně plastického kloubu uprostřed pole.

III. oblast - představuje schéma provislého tuhého vlákna za okrajových podmínek :

$M_A = M_B = 0$, kde míru ohyb. odporu v podporách udává x_1

$\Delta x = 0$... je zcela zabráněno horizontálnímu posuvu.

V druhém případě, kdy $\sigma \geq \sigma_{KR}$, půjde o tříkloubový mechanismus.

Ztráta nosné schopnosti nastane :

- 1) v krajním poli - vytržení šroubů z plechu v jeho rovině
- 2) ve středním poli - utržení oslabeného průřezu v podporách (otvory pro šrouby), působením osové síly $P = P_{KR}$

Únosnost mezní je charakterizována třemi hlavními, nezávislými jevy :

- 1) Stabilitou tlačné příruby profilu uprostřed rozpětí,
- 2) stabilitou stojin profilu při vtlačování vaznice v podporách
- 3) pevností plechu proti vytržení šroubů v krajním poli v rovině plechu a konečně i ve směru osy šroubů.

Analytické vyjádření uvedených podmínek je podkladem k řešení optimalizační úlohy.

Použitím plechu v tloušťce $t = 0,63$ mm, který po všech stránkách vyhovuje i pro IV. sněhovou oblast (podle ČSN) na rozpětí $L = 1,5$ m (oproti $t = 0,8$ mm) se docílí objemových úspor na hliníku přes 21 %.

Experimentální výzkum stabilizace vaznice U 160x50x4
 $L = 6\text{m}$, zatíženou krytinou KOB 1004/AL 99,5 / $t = 0,8\text{mm}$ uká-
 zal, že vaznice je spolehlivě a dokonale stabilizovaná pro-
 ti vázanému kroucení (klopení) a proto nejsou zapotřebí me-
 zitáhla či rozpěrné tyče.

Získaná úspora na objemu oceli tím činí asi 7 % .

Při opakovaných šesti cyklech stupňového zatěžování
 nad mez kluzu nastalo výrazné zpevnění materiálu v příru-
 bách, které se projevilo zvýšením meze kluzu až o 35 % .
 Kolaps nastal lokálním vybočením tlačené příruby profilu
 uprostřed rozpětí v nesklopené, zatížené krytinou stabili-
 zované vertikální poloze.

Kromě měření napětí, vertikálních a horizontálních posu-
 vů, úhlu klopení vaznice, byl měřen i úhel pootočení prů-
 řezu vaznice (θ), působením přidavného krouticího momentu
 $m = 10 \text{ KNm}$ uprostřed rozpětí a na každém stupni zatížení
 střechy a to v obou směrech. Průběh křivky $\theta = f(q)$, vy-
 jádřený v násled. tabulce

q	0	1	2	3	4	kPa
- θ	3,6	1,2	0,8	0,75	0,6	°

ukazuje, že s rostoucím zatížením (q) se úhel (θ) vyvolaný
 přidavným krouticím momentem (m) zmenšuje, tedy "stabilizace"
 se zvětšuje.

Podrobněji doplním a diapositivы doložím v přednášce.