

Návrh prutů stabilizovaných sendvičovými panely

Michal Jandera

České vysoké učení technické
v Praze



Obsah prezentace

- Úvod
- Podepření prutu sendvičovým panelem
- Příčné podepření prutu sendvičovým panelem
- Příklad stanovení síly v přípoji a posouzení MSP
- Shrnutí

Úvod

Evropská doporučení

Podepření prutu

- European Recommendations on the Stabilization of Steel Structures by Sandwich Panels, 2013:

Příčné podepření

- CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction

Příklad stanovení síly v přípoji

- ECCS – European Convention for Constructional Steelwork

Shrnutí

- volně dostupná: http://cibworld.xs4all.nl/dl/publications/pub_379.pdf
- týká se pouze přenosu stabilizačních sil, přenos vodorovných zatížení jako je např. vítr, či zatížení vyvolané seismickými účinky není v doporučení zahrnuto;
- panel s plechy při obou površích a jádrem tvořeným PU/EPS či minerální vlnou.

Úvod

Příčné a torzní podepření prutu

Podepření prutu

- Spojité příčné podepření S_j je zajištěno při splnění (BB.2) dle EN 1993-1-1

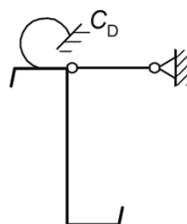
Příčné podepření

- Spojité podepření proti zkroucení $C_{\theta,k}$ je zajištěno při splnění (BB.3) dle EN 1993-1-1

Příklad stanovení síly v přípoji

- Pokud není dosaženo plného podepření, lze uvažovat tuhost podepření pro výpočet M_{cr} resp. N_{cr} .

Shrnutí



Úvod

Podepření proti zkroucení

Podepření prutu

- Rotační tuhost (na jednotku délky nosníku) v důsledku spojení nosníku se stabilizačním prostředím lze vypočítat z výrazu:

Příčné podepření

$$C_{\vartheta,k} = \frac{1}{1/C_{\vartheta R,k} + 1/C_{\vartheta C,k} + 1/C_{\vartheta D,k}}$$

Příklad stanovení síly v přípoji

kde

- $C_{\vartheta R,k}$ je rotační tuhost odpovídající ohybové tuhosti panelu (EN 1993-1-3 (10.16));
- $C_{\vartheta C,k}$ je rotační tuhost spojení mezi nosníkem a panelem;
- $C_{\vartheta D,k}$ je rotační tuhost odpovídající distorzi průřezů prutu, jestliže tlačená pásnice je volná. Jestliže tlačená pásnice je připevněná nebo pokud je možné distorzi průřezu zanedbat $C_{\vartheta D,k} = \infty$.

Shrnutí

Úvod

Podepření proti zkroucení

Podepření prutu

- Rotační tuhost spojení mezi nosníkem a panelem $C_{\vartheta C,k}$

Příčné podepření

- Dvě možnosti postupu:

a) Omezení momentu přenášeného podepřením – lineární;

b) Trilineární diagram tuhosti podepření – nelineární/iterační postup.

Příklad stanovení síly v přípoji

- Nutné znát tuhost jádra panelu.

Shrnutí

- Nelze uvažovat při sání větru (možnost vzniku mezery mezi panelem a vaznicí) nebo ověřit zkouškou.

- Obdobné postupy v DIN 18800-2 a Německá NA EN 1993-1-3.

Úvod

Příčné podepření

Podepření prutu

- Dle doporučení je smyková deformace samotného panelu zanedbatelná.

Příčné podepření

- Nezávisí na materiálových charakteristikách jádra.

Příklad stanovení síly v přípoji

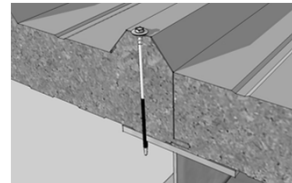
- Vše je ovlivněno pouze tuhostí přípoje.

a) Výpočtem:

- ohybová tuhost spojovacího prostředku;
- zakotvení spojovacího prostředku do nosníku;
- otažení plechu při vnitřním povrchu panelu.

Shrnutí

b) Konzervativně dle tabulky.



Úvod

Stanovení sil od příčné stabilizace

Podepření prutu

Profil nosníku C 200.

Příčné podepření

Počet stabilizovaných prutů $m = 3$.

Max. předpokládané zatížení $q_{Ed} = 3,5 \text{ kN/m}$.

Příklad stanovení síly v přípoji

Rozpon $L = 7 \text{ m}$.

Rozteče šroubů v přípoji na nosník (7ks/B):

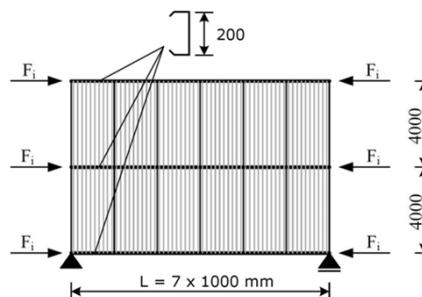
- 50 mm od kraje,
- 150 mm mezi šrouby.

Shrnutí

Šířka panelu $B = 1 \text{ m}$.

Rozpon panelu $L_s = 4 \text{ m}$.

Plech na vnitřní stěně panelu $t_{F2} = 0,63 \text{ mm}$, S320 GD.



Úvod

Stanovení tuhosti příč. podepření

Podepření prutu

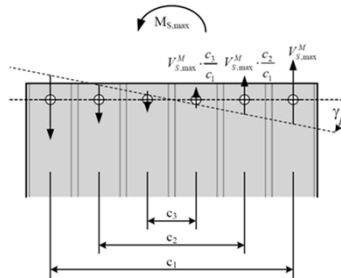
- Tuhost přípoje dle tabulky 3.2 (bezpečně) $k_v = 3,1$ kN/mm.
- Tuhost příčného podepření (na jednotku délky):

Příčné podepření

Příklad stanovení síly v přípoji

$$S_1 = \frac{k_v}{2 \cdot B} \sum_{k=1}^{n_k} c_k^2 = \frac{3,1}{2 \cdot 1000} (300^2 + 600^2 + 900^2) = 1953 \text{ kN} > S_{\min} = 1479 \text{ kN}$$

Shrnutí



Úvod

Stanovení sil od příčné stabilizace

Podepření prutu

- Počáteční imperfekce (vychází z EN 1993-1-1), kde m je počet stabilizovaných prutů:

Příčné podepření

$$e_0 = \frac{L}{500} \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)} = \frac{7000}{500} \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{3}\right)} = 11,43 \text{ mm}$$

Příklad stanovení síly v přípoji

- Moment na nosníku:

$$M_{i,Ed} = \frac{1}{8} q_{Ed} \cdot L^2 = \frac{1}{8} 3,5 \cdot 7^2 = 21,44 \text{ kNm}$$

Shrnutí

- Tlaková síla ve stabilizované pásnici, kde h je výška profilu:

$$F_i = \frac{M_{i,Ed}}{h} = \frac{21,44}{0,2} = 107,19 \text{ kN}$$

- Maximální moment v přípoji panelu vyvozený stabilizačními účinky:

$$M_{S,max} = F_i \left(\frac{\pi}{L}\right) e_0 \frac{1}{1 - \frac{F_i}{S_1}} B = 107,19 \left(\frac{\pi}{7}\right) 0,0114 \frac{1}{1 - \frac{107,19}{1953}} 1 = 0,582 \text{ kNm}$$

Úvod

Stanovení sil od příčné stabilizace

Podpěření prutu

Příčné podepření

Příklad stanovení síly v přípoji

Shrnutí

- Síla ve spojovacím prostředku vyvozená momentem $M_{S,max}$ ve směru podélném s panelem:

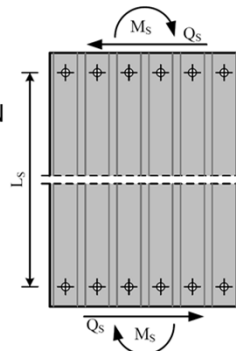
$$V_{S,max}^M = \frac{M_{S,max}}{\sum \frac{c_k^2}{c_{max}}} = \frac{0,582 \cdot 0,9}{0,9^2 + 0,6^2 + 0,3^2} = 0,416 \text{ kN}$$

- Síla ve spojovacím prostředku vyvozená momentem $M_{S,max}$ ve směru podélném s nosníkem (bezpečně):

$$V_{S,max}^Q = \frac{m \cdot M_{S,max}}{L_S \cdot n_f} = \frac{3 \cdot 0,582}{4 \cdot 7} = 0,062 \text{ kN}$$

- Výsledná stabilizační síla na spojovací prostředek:

$$V_{S,max} = \sqrt{(V_{S,max}^M)^2 + (V_{S,max}^Q)^2} = \sqrt{0,416^2 + 0,062^2} = 0,420 \text{ kN}$$



Úvod

Omezení deformace

Podpěření prutu

Příčné podepření

Příklad stanovení síly v přípoji

Shrnutí

- Maximální úhel zkosení:

$$\gamma_{max} = e_0 \frac{\pi}{L} \frac{1}{\frac{S_x}{F_1} - 1} = 0,298 \cdot 10^{-3} < \frac{1}{750} = 1,333 \cdot 10^{-3}$$

Úvod

Shrnutí

Podpěření prutu

- Doporučení uvádí postupy pro stanovení tuhosti a stabilizačních sil pro sendvičové panely:

Příčné podepření

- spojitě příčné podepření S_j ;

Příklad stanovení síly v přípojce

- spojitě podepření proti zkroucení $C_{9,k}$ (nutné podrobnější charakteristiky jádra panelu);

- praktická doporučení.

Shrnutí

Děkuji za pozornost

URL: www.ocel-drevo.fsv.cvut.cz

Michal Jandera

České vysoké učení technické
v Praze

