

Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

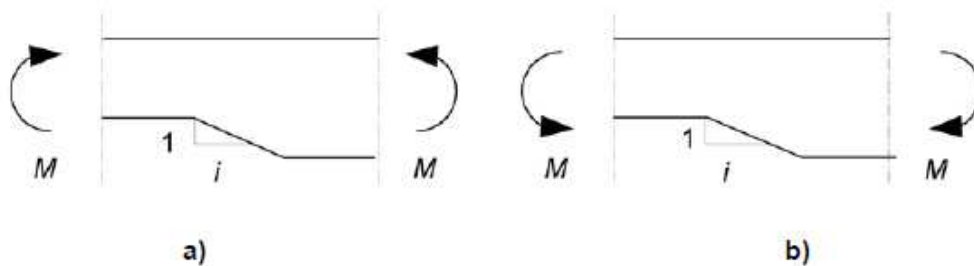
Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

Posuzování dřevěných nosníků se zářezem v uložení (ČSN EN 1995-1-1)

Při posuzování únosnosti dřevěných prvků se musí uvážit vliv koncentrace napětí v zářezu.

Vliv koncentrace napětí se může zanedbat v těchto případech:

- namáhání tahem nebo tlakem rovnoběžně s vlákny;
- namáhání ohybem s tahovým napětím v zářezu s náběhem, pokud náběh není strmější než $1 : i = 1:10$, tj. $i \geq 10$, viz obrázek 5a;
- namáhání ohybem s tlakovým napětím v zářezu, viz obrázek 5b.



Obrázek 5 Namáhání ohybem v zářezu: a) s tahovým napětím v zářezu; a) s tlakovým napětím v zářezu

Pro nosníky s obdélníkovým průřezem a průběhem vláken v zásadě rovnoběžným s délkou prvku, se vypočte napětí ve smyku za ohybu v podpoře se zářezem s použitím efektivní (redukované) výšky h_{ef} (viz obrázek 6).

Podmínka pro ověření má tvar

$$\tau_d = \frac{1,5 V}{b h_{ef}} \leq k_v f_{v,d} \quad (1)$$

kde k_v je redukční součinitel, definovaný takto:

- pro nosníky se zářezem na opačné straně podpory (viz obrázek 6b)

$$k_v = 1,0$$

- pro nosníky se zářezem na straně podpory (viz obrázek 6a)

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ \frac{k_n \left(1 + \frac{1,1 i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right)}{\sqrt{h} \left(\sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{1-\alpha^2} \right)} \end{array} \right. \quad (2)$$

kde je

i sklon zářezu (viz obrázek 6a);

h výška nosníku v mm;

x vzdálenost od působíště podporové reakce k rohu zářezu;

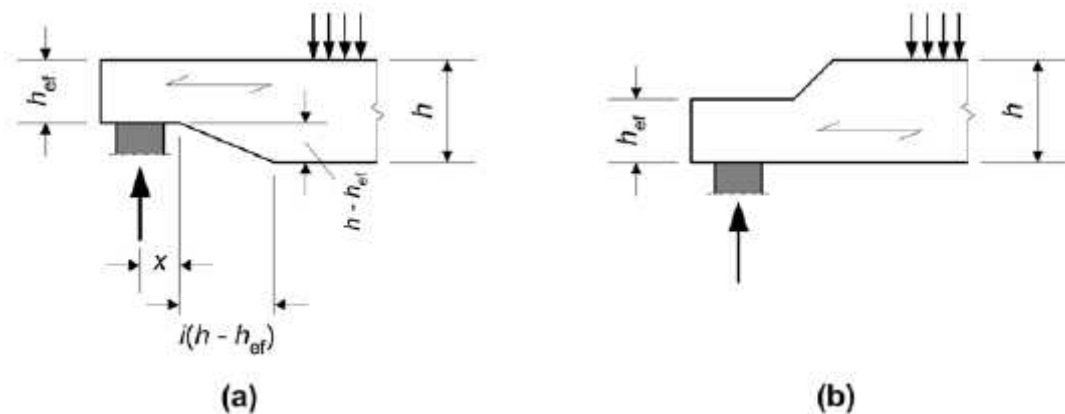
$$\alpha = h_{ef} / h$$

Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

$$k_n = \begin{cases} 4,5 & \text{pro LVL (vrstvené dřevo)} \\ 5 & \text{pro rostlé dřevo} \\ 6,5 & \text{pro lepené lamelové dřevo} \end{cases}$$

Pro zářezy na horní straně nosníku je součinitel $k_v = 1$, tj. vliv koncentrace napětí účinkem náhlé změny průřezu lze zanedbat.



Obrázek 6 Nosníky se zářezem v uložení

Posouzení zesílení

Zesílení pravouhlého zářezu na namáhané straně podpory nosníku (viz obr. 1a) se dovozuje posoudit na tahovou sílu:

$$F_{t,90,d} = 1,3 V_d [3 (1 - \alpha)^2 - 2 (1 - \alpha)^3] \quad (3)$$

Přitom je

V_d návrhová hodnota posouvající síly,

$\alpha = h_{ef}/h$ (viz obr. 6).

Při přenosu tahové síly $F_{t,90,d}$ podle vztahu (3) ocelovými pruty se musí za předpokladu rovnoměrně rozděleného napětí v lepených spojkách prokázat, že:

$$\frac{\tau_{ef,d}}{f_{k1,d}} \leq 1 \quad (4)$$

$$\tau_{ef,d} = \frac{F_{t,90,d}}{n d_r \pi \ell_{ad}} \quad (5)$$

Přitom je:

ℓ_{ad} účinná kotevní délka (viz obrázek 7);

n počet ocelových prutů; v podélném směru nosníku se přitom smí uvažovat ve výpočtu pouze jeden prut;

d_r vnější průměr ocelového prutu (≤ 20 mm);

$f_{k1,d}$ návrhová hodnota pevnosti lepeného spoje (charakteristická hodnota viz ČSN 73 1702, tab. F.23).

Nejmenší délka každého ocelového prutu je $2 \ell_{ad}$, průměr d_r nesmí překročit 20 mm.

Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

Při přenosu tahové síly podle vztahu (3) ocelovými pruty se musí za předpokladu rovnoměrného rozdělení napětí v lepených spojích prokázat, že:

$$\frac{\tau_{\text{ef,d}}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (6)$$

$$\tau_{\text{ef,d}} = \frac{F_{t,90,d}}{2(h-h_e) \ell_r} \quad (7)$$

Přitom je:

$F_{t,90,d}$ tahová síla podle vztahu (3);

h, h_e viz obrázek 7;

ℓ_r šířka zesilovací desky (viz obr. 7);

$f_{k2,d}$ návrhová hodnota pevnosti lepeného spoje (charakteristická hodnota viz ČSN 73 1702, tab. F.23).

Nejmenší délka každého ocelového prutu je $2 \ell_{\text{ad}}$, průměr d_r nesmí překročit 20 mm.

Při přenosu tahové síly podle vztahu (3) bočně nalepenými zesilovacími deskami se musí za předpokladu rovnoměrného rozdělení napětí v lepených spojích prokázat, že:

$$\frac{\tau_{\text{ef,d}}}{f_{k2,d}} \leq 1 \quad (8)$$

$$\tau_{\text{ef,d}} = \frac{F_{t,90,d}}{2(h-h_{\text{ef}}) \ell_r} \quad (9)$$

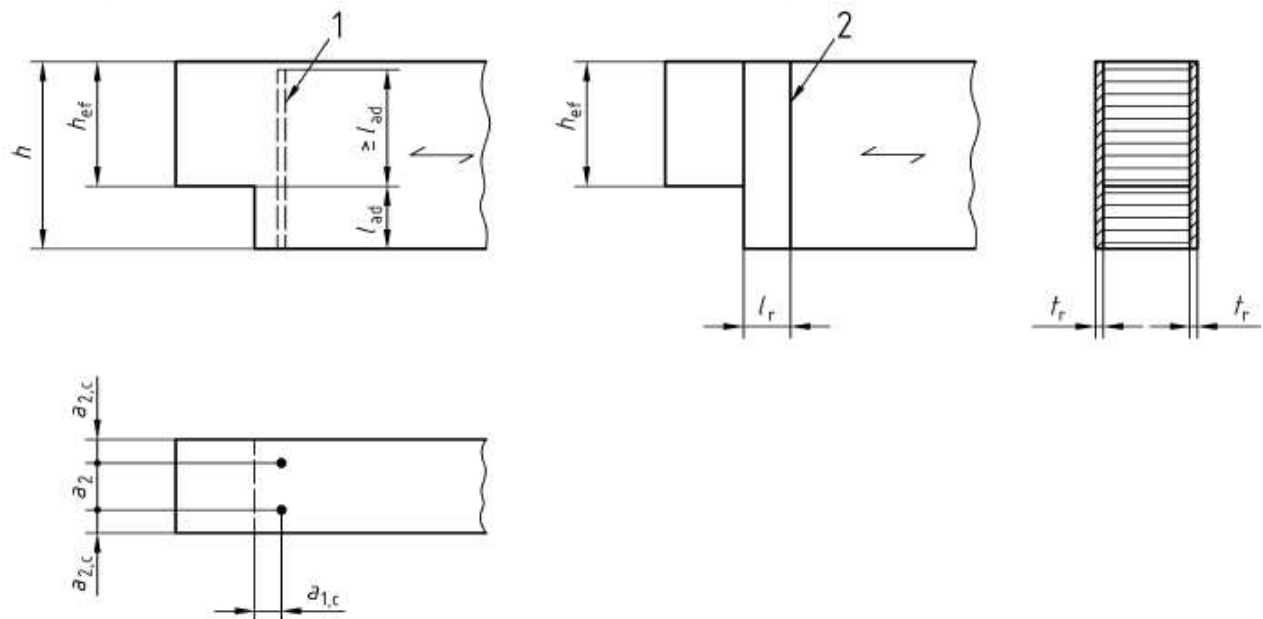
Přitom je:

$F_{t,90,d}$ tahová síla podle vztahu (3);

h, h_{ef} viz obrázek 7;

ℓ_r šířka zesilovací desky (viz obr. 7);

$f_{k2,d}$ návrhová hodnota pevnosti lepeného spoje (charakteristická hodnota viz ČSN 73 1702, tab. F.23).



Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

Legenda

- 1 průměr ocelového prutu $\varnothing d_r$
- 2 zesilovací desky

Obrázek 7 Údaje pro zesílení pravoúhlých zářezů (podle ČSN 73 1702).

Pro napětí v tahu v nalepených zesilovacích deskách se musí prokázat, že:

$$k_k \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} \leq 1 \quad (10)$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 t_r l_r} \quad (11)$$

Přitom je:

t_r tloušťka jedné zesilovací desky;

k_k součinitel pro uvážení nestejnorného rozdělení napětí; bez přesnějšího posouzení lze předpokládat $k_k = 2,0$;

$f_{t,d}$ návrhová hodnota pevnosti v tahu materiálu desek ve směru tahové síly $F_{t,90}$.

Zesilovací desky se nalepí podle obr. 7, přičemž platí:

$$0,25 \leq \frac{l_r}{h-h_e} \leq 0,5 \quad (12)$$

Zesilování pomocí styčnickových desek s prolisovanými trny se posuzuje analogicky jako pro bočně nalepené zesilovací desky a uspořádá se podle vztahu.(12).

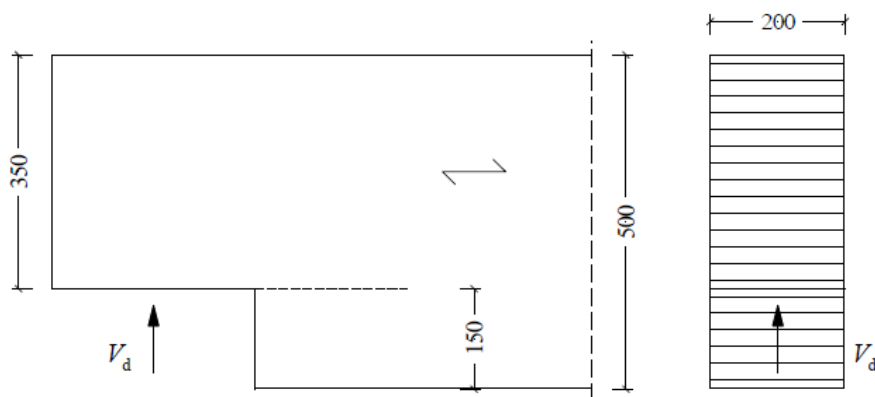
Příklad (podle [18])

Zesílení pravoúhlého zářezu v podpoře lepeného lamelového nosníku

Pravoúhlý zářez v podpoře nosníku z GL24h se má zesílit vlepenými závitovými tyčemi nebo nalepenými překližovanými pásy.

Návrhová hodnota posouvající síly je $V_d = 105$ kN. Pro příslušnou variantu zesílení se má ověřit, zda tato posouvající síla může být převzata. Pokud je posouvající síla $V_d = 105$ kN nepřijatelně vysoká, má se stanovit maximální návrhová hodnota.

Třída trvání zatížení střednědobé, třída provozu 1.



Zesílení pravoúhlého zářezu na namáhané straně podpory nosníku lze posoudit na tahovou sílu

Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

$$F_{t,90,d} = 1,3 \cdot V_d \cdot [3 \cdot (1-\alpha)^2 - 2 \cdot (1-\alpha)^3] = 1,3 \cdot 105 \cdot [3 \cdot (1-0,7)^2 - 2 \cdot (1-0,7)^3] = 29,5 \text{ kN}$$

$$\text{kde } \alpha = h_e/h = 350/500 = 0,7$$

– Zesílení vlepenou betonářskou žebrovanou ocelí, $d_r = 14 \text{ mm}$, BST 500S

Minimální délka vlepení

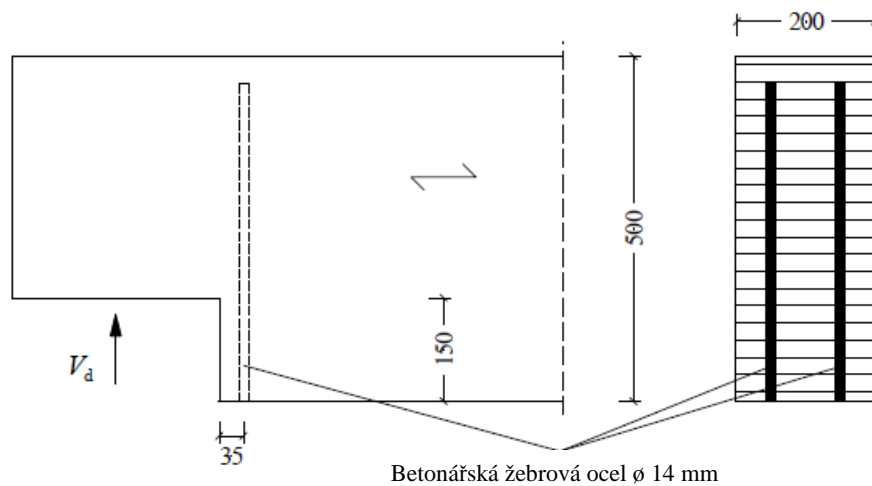
$$\ell_{ad} = 150 \text{ mm} > \max \{0,5 \cdot d_r^2; 10 \cdot d_r\} = \max \{0,5 \cdot 14^2; 10 \cdot 14\} = 140 \text{ mm} \rightarrow \text{dodrženo}$$

Únosnost lepené spáry závitové tyče

$$\ell_{ad} \leq 250 \rightarrow f_{k1,d} = k_{mod} \cdot \frac{4,0}{1,3} = 2,46 \text{ N/mm}^2$$

kde charakteristická hodnota pevnosti lepené spáry mezi ocelovým prutem a stěnou otvoru pro délku vlepení $\ell_{ad} \leq 250 \text{ mm}$ je $4,0 \text{ N/mm}^2$ (ČSN 73 1702, tab. F.23)

$$\max F_{t,90,d} = f_{k1,d} \cdot \pi \cdot n \cdot d_r \cdot \ell_{ad} = 2,46 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 14 \cdot 150 = 16\,240 \text{ N} \quad \text{viz vztah (5)}$$



Zesílení vlepenou betonářskou žebrovanou ocelí

– Zesílení překližovanou deskou F50/25 E70/25 tloušťky 12 mm nalepenou z vnější strany

Minimální šířka překližovaných pásů z únosnosti lepené spáry

$$f_{k2,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{k2,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,75}{1,3} = 0,462 \text{ N/mm}^2$$

kde $0,75 \text{ N/mm}^2$ je charakteristická únosnost lepené spáry mezi povrchem nosníku a zesilovací deskou (viz ČSN 73 1702, tab. F.23)

$$\tau_{ef,d} = f_{k2,k} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_{ef}) \cdot \min \ell_r} \rightarrow \min \ell_r = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_{ef}) \cdot f_{k2,d}} = \frac{29\,500}{2 \cdot (500 - 350) \cdot 0,462} = 212,8 \text{ mm}$$

Je minimální šířka zesilovacích desek dostatečná?

$$\frac{\min \ell_r}{h - h_{ef}} = \frac{212,8}{500 - 350} = 1,42 > 0,5 \rightarrow \text{možná posouvající síla je menší než } 105 \text{ kN}$$

Jakou maximální posouvající sílu V_d může lepená spára převzít?

$$0,25 \leq \frac{\ell_r}{h - h_{ef}} \leq 0,5 \rightarrow \max \ell_r = 0,5 \cdot (500 - 350) = 75 \text{ mm} \quad \text{viz vztah (12)}$$

Dřevěné nosníky se zářezem v podpoře

Příloha k článku na portálu TZB-info | Autor: Ing. Bohumil Koželouh, CSc., soudní znalec

$$\tau_{\text{ef,d}} = f_{k2,k} = \frac{\max F_{t,90,d}}{2 \cdot (h - h_{\text{ef}}) \cdot \max \ell_r} \rightarrow \text{viz vztah (9)}$$

$$\max F_{t,90,d} = \max \ell_r \cdot 2 \cdot (h - h_{\text{ef}}) \cdot f_{2k,d} = 75 \cdot 2 \cdot (500 - 300) \cdot 0,462 = 10\,385 \text{ N}$$

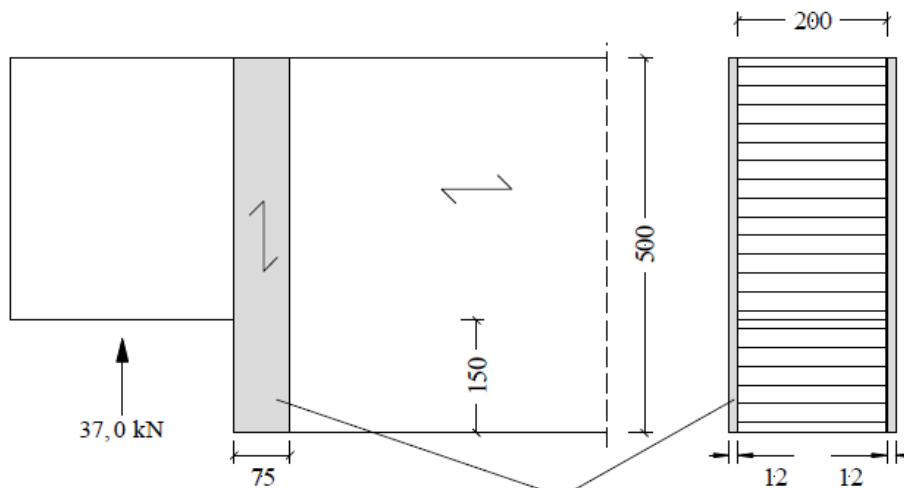
$$\max F_{t,90,d} = 1,3 \cdot \max V_d \cdot [3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3] \rightarrow$$

$$\max V_d = \frac{\max F_{t,90,d}}{1,3 \cdot [3 \cdot (1 - \alpha)^2 - 2 \cdot (1 - \alpha)^3]} = \frac{\max F_{t,90,d}}{1,3 \cdot [3 \cdot (1 - 0,7)^2 - 2 \cdot (1 - 0,7)^3]} = 37,0 \text{ kN}$$

Posouzení napětí v tahu v překližované desce viz vztah (11)

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,90,d}}{2 \cdot t_r \cdot \ell_r} = \frac{37\,000}{2 \cdot 12 \cdot 75} = 5,77 \text{ N/mm}^2 \quad f_{t,d} = f_{t,k} \cdot 0,8/1,3 = 36 \cdot 0,8/1,3 = 22,2 \text{ N/mm}^2$$

$$2,0 \cdot \frac{\sigma_{t,d}}{f_{t,d}} = 2,0 \cdot \frac{5,77}{22,2} = 0,52 \leq 1$$



Překližovaná deska F50/25 E70/25

Zesílení bočně nalepenou překližovanou deskou