

## 5 Návrh sloupu na účinky požáru (řešený příklad)

Navrhnete kloubově uložený sloup na požární odolnost R30. Délka sloupu je 3,0 m a je zatížen osovou silou  $N_d = 33$  kN. Poměr rozhodujícího proměnného zatížení (užitného) a součtu stálých zatížení  $Q_{k,1}/G_k = 2,0$ . Sloup je ze smrkového dřeva třídy S13 a zabudován je ve třídě provozu 1. Proti účinkům požáru je sloup chráněn OSB deskami, jejichž tloušťka je 20 mm a hustota  $550 \text{ kg/m}^3$ .

---

### Návrh na běžnou teplotu

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \frac{20}{1,3} = 12,3 \text{ MPa}$$

Navržený průřez 100/100 mm (příčinek OSB desek do únosnosti sloupu není započítán)

Štíhlostní poměry

$$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i} = \frac{3\,000}{0,289 \cdot 100} = 103,8$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = 3,14^2 \frac{6\,700}{103,8^2} = 6,1$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{6,1}} = 1,8$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2 (1,8 - 0,3) + 1,8^2 \right] = 2,27$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{2,27 + \sqrt{2,27^2 - 1,8^2}} = 0,27$$

Posouzení sloupu na vzpěr

$$\frac{N_d}{k_c A f_{c,0,d}} \leq 1,0$$

$$\frac{33 \cdot 10^3}{0,27 \cdot 10^4 \cdot 12,3} = 0,99 < 1,0$$

Sloup na vzpěr při běžné teplotě vyhoví.

### Návrh na účinky požáru

$$\xi = Q_{k,1} / G_k = 2,0$$

$$\eta_{fi} = (1,0 + \psi_{1,1} \xi) / (\gamma_G + \gamma_{Q,1} \xi) = (1,0 + 0,5 \cdot 2,0) / (1,35 + 1,5 \cdot 2,0) = 0,46 < 0,60$$

$$N_{d,fi} = \eta_{fi} N_d = 0,46 \cdot 33 = 15,2 \text{ kN}$$

Doba do porušení pláště požární ochrany (OSB desky,  $h_p = 20$  mm,  $\beta_{0,450,20} = 0,9$  mm/min)

$$k_\rho = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{550}} = 0,9$$

$$k_h = 1,0$$

$$\beta_{0,\rho,t} = \beta_{0,450,20} k_\rho k_h$$

$$\beta_{0,550,20} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,81 \text{ mm/min}$$

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_{0,550,20}}$$

$$t_{ch} = \frac{20}{0,81} = 24,5 \text{ min}$$

$$t_f = t_{ch}$$

#### 1) Metoda redukovaného průřezu

$$k_{\text{mod},fi} = 1,0$$

$$k_{fi} = 1,25$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min (rostlé dřevo)}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$t_{fi,req} - t_{ch} = 30 - 24,5 = 5,5 \text{ min}$$

$$k_0 = \frac{t_{fi,req} - t_f}{20} = \frac{30 - 24,5}{20} = 0,3$$

Účinná hloubka zuhelnatění

$$d_{ef} = 2 \beta_n t + k_0 d_0 = 2 \cdot 0,8 \cdot 5,5 + 0,3 \cdot 7 = 11 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$b_{fi} = b - 2 d_{ef} = 100 - 2 \cdot 11 = 78 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i} = \frac{3\,000}{0,289 \cdot 78} = 133$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = 3,14^2 \frac{6\,700}{133^2} = 3,7$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{3,7}} = 2,3$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2 (2,3 - 0,3) + 2,3^2 \right] = 3,3$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{3,3 + \sqrt{3,3^2 - 2,3^2}} = 0,17$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$f_{c,0,d,\bar{f}} = k_{mod} k_{\bar{f}} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,\bar{f}}} = 1,0 \cdot 1,25 \cdot \frac{20}{1,0} = 25 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na vzpěr

$$A_{\bar{f}} = b_{\bar{f}}^2 = 78^2 = 6 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$\frac{N_{d,\bar{f}}}{k_c A_{\bar{f}} f_{c,0,d,\bar{f}}} \leq 1,0$$

$$\frac{15,2 \cdot 10^3}{0,17 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 25} = 0,6 < 1,0$$

Sloup na vzpěr pro R30 vyhoví.

## 2) Metoda redukovaných vlastností

$$k_{\bar{f}} = 1,25$$

$$\gamma_{M,\bar{f}} = 1,0$$

$$\beta_n = 0,8 \text{ mm/min (rostlé dřevo)}$$

Hloubka zuhelnatění

$$d_{char} = 2 \beta_n t = 2 \cdot 0,8 \cdot 5,5 = 9 \text{ mm}$$

Štíhlostní poměry

$$b_r = b - 2 d_{char} = 100 - 2 \cdot 9 = 82 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{\ell_{ef}}{i} = \frac{3\,000}{0,289 \cdot 82} = 127$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = 3,14^2 \frac{6\,700}{127^2} = 4,1 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{20}{4,1}} = 2,2$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5 \left[ 1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2 \right] = 0,5 \left[ 1 + 0,2 (2,2 - 0,3) + 2,2^2 \right] = 3,1$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{3,1 + \sqrt{3,1^2 - 2,2^2}} = 0,19$$

Návrhová pevnost v tlaku

$$A_r = b_r^2 = 0,082^2 = 67 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$p = 4 b_r = 4 \cdot 0,082 = 32,8 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$k_{\text{mod},fi,20} = 1,0 - \frac{1}{125} \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{125} \frac{32,8 \cdot 10^{-2}}{67 \cdot 10^{-4}} = 0,6$$

$$k_{\text{mod},fi,5} = 0,9$$

$$f_{c,0,d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot k_{fi} \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_{M,fi}} = 0,9 \cdot 1,25 \frac{20}{1,0} = 22,5 \text{ MPa}$$

Posouzení sloupu na vzpěr

$$\frac{N_{d,fi}}{k_c A_r f_{c,0,d,fi}} \leq 1,0$$

$$\frac{15,2 \cdot 10^3}{0,19 \cdot 6,7 \cdot 10^3 \cdot 22,5} = 0,53 < 1,0$$

Sloup na vzpěr pro R30 vyhoví.

## QUALITY RECORD

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Název</b>           | Návrh sloupu na účinky požáru (řešený příklad)                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Popis</b>           | Řešený příklad popisuje návrh kloubově uloženého sloupu na požární odolnost R30.                                                                                                                                                                         |
| <b>Kategorie</b>       | Dřevěné konstrukce                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Název souboru</b>   | 5-5_Příklad_Sloup.pdf                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Datum vytvoření</b> | 10. 12. 2006                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Autor</b>           | Doc Ing. Petr Kuklík, CSc.<br>Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, ČVUT v Praze                                                                                                                                                   |
| <b>Klíčová slova</b>   | Návrh na běžnou teplotu; Návrh na účinky požáru; Sloup; Kloubově uložený sloup.                                                                                                                                                                          |
| <b>Eurokódy</b>        | <b>EN 1991-1-2:</b> Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru, ČSNI, Praha 2004.<br><b>EN 1995-1-2:</b> Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Obecná pravidla – Navrhování konstrukcí na účinky požáru. |
| <b>Literatura</b>      | Wald F. a kol.: Výpočet požární odolnosti stavebních konstrukcí, České vysoké učení technické v Praze, Praha 2005, 336 s., ISBN 80-0103157-8                                                                                                             |