

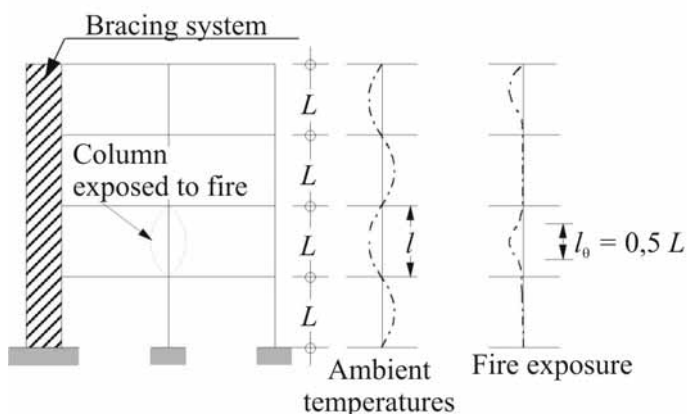
Část 5.5 Sloup zatížený osovou silou

P. Schaumann, T. Trautmann
University of Hannover

J. Žižka
České vysoké učení technické v Praze

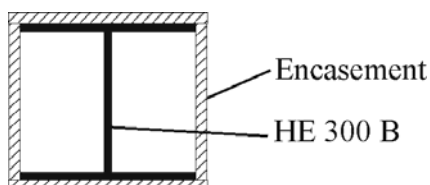
1 ZADÁNÍ

V příkladu je ukázán návrh sloupu v obchodním domě na účinky požáru. Sloup je součástí ztužujícího rámu a spojitě přechází do vyššího i nižšího podlaží. Jeho výška je 3,0 m. Během požáru lze snížit vzpěrnou délku sloupu na polovinu výšky, viz obrázek 1. Sloup je zatížen centrickými tlakovými silami a je vystaven požáru ze všech čtyř stran. Proti požáru je sloup po obvodě chráněn sádrokartonovou deskou. Požadovaná požární odolnost sloupu je R 90.



Obrázek 1. Vzpěrné délky sloupů ve vyztužených rámech

kde Bracing system je ztužení,
Column exposed to fire posuzovaný sloup,
Ambient temperature za pokojové teploty,
Fire exposure při požáru.



Obrázek 2. Průřez sloupu

kde Encasement

je obložení sádrokartonovými deskami

Vlastnosti materiálu:

Sloup:

Profil:	HE 300 B
Ocel:	S 235
Třída profilu:	1
Mez kluzu:	$f_y = 235 \text{ MPa}$
Průřezová plocha:	$A_a = 14\,900 \text{ mm}^2$
Modul pružnosti:	$E_a = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
Moment setrvačnosti:	$I_a = 85,60 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$ (osa z)

Obklad:

Materiál:	sádkartonové desky
Tloušťka:	$d_p = 30 \text{ mm}$
Tepelná vodivost:	$\lambda_p = 0,2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
Měrné teplo:	$c_p = 1700 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Hustota:	$\rho_p = 945 \text{ kg/m}^3$

Zatížení:

Stálá:	$G_k = 1200 \text{ kN}$
Nahodilá:	$P_k = 600 \text{ kN}$

2 POŽÁRNÍ ODOLNOST SLOUPU

2.1 Zatížení během požáru

EN 1991-1-2

Kombinaci zatížení při požáru se určí jako kombinace pro mimořádné zatížení:

$$E_{dA} = E \left(\sum G_k + A_d + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right)$$

kap. 4.3

Součinitel $\psi_{2,1}$ je pro obchodní plochy $\psi_{2,1} = 0.6$. Tlaková síla se vypočítá jako:

$$N_{f,d} = 1200 + 0,6 \cdot 600 = 1560 \text{ kN}$$

2.2 Výpočet maximální teploty oceli

EN 1993-1-2

Pro výčet teploty chráněného prvku je použit postup z EN 1993-1-2. Pro sloup obložený ze všech stran se průřezový součinitel vypočte podle:

$$A_p/V = 2 \cdot (b + h) / A_a = 2 \cdot (30 + 30) \cdot 10^2 / 149 = 81 \text{ m}^{-1}$$

čl. 4.2.5.2

Maximální teplota ocelového sloupu $\theta_{a,max,90}$ se určí dle nomogramu ECCS No.89 pro součinitel:

$$\left(A_p/V \right) \cdot \left(\lambda_p/d_p \right) = 81 \cdot 0,2/0,03 = 540 \text{ W/m}^3\text{K}$$

ECCS No.89

$$\Rightarrow \theta_{a,max,90} \approx 445 \text{ }^\circ\text{C}$$

2.3 Ověření podle teploty

EN 1993-1-2

Podle EN 1993-1-2 nelze ověření požární odolnosti podle teploty provést u prvků, u kterých je únosnost omezena vzpěrem.

čl. 4.2.4

2.4 Ověření podle únosnosti

Ověření únosnosti během požáru se provede porovnáním únosnosti a působících zatížení.

$$E_{f,d,t} \leq R_{f,d,t}$$

čl. 2.4.2

V tomto příkladě se posoudí velikosti osových sil.

$$N_{fi,d} \leq N_{b,fi,t,Rd}$$

Návrhová únosnost za zvýšené teploty se určí jako:

$$N_{b,fi,t,Rd} = \chi_{fi} \cdot A_a \cdot k_{y,\theta,max} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}} \quad \text{čl. 4.2.3.2}$$

Hodnoty redukčních součinitelů $k_{y,\theta}$ and $k_{E,\theta}$ v závislosti na $\theta_{a,max,90}$ jsou uvedeny v tabulce 3.1 normy EN 1993-1-2. Pro mezilehlé hodnoty lze použít lineární interpolaci.

$$\Rightarrow k_{y,445^\circ C} = 0,901 \quad \text{čl. 3.2.1}$$

$$k_{E,445^\circ C} = 0,655$$

Bezrozměrná štíhlost sloupu během požáru:

$$\bar{\lambda}_{fi,\theta} = \bar{\lambda} \cdot \sqrt{k_{y,\theta}/k_{E,\theta}} = 0,21 \cdot \sqrt{0,901/0,655} = 0,25 \quad \text{čl. 4.2.3.2}$$

kde:

$$\bar{\lambda} = L_{Kz}/(i_z \cdot \lambda_a) = (0,5 \cdot 300)/(7,58 \cdot 93,9) = 0,21 \quad \text{EN 1993-1-1}$$

EN 1993-1-1

čl. 6.3.1.3

Součinitel vzpěru $\chi_{fi,\theta}$:

$$\chi_{fi} = \frac{1}{\varphi_\theta + \sqrt{\varphi_\theta^2 - \bar{\lambda}_\theta^2}} = \frac{1}{0,61 + \sqrt{0,61^2 - 0,25^2}} = 0,86 \quad \text{čl. 4.2.3.2}$$

EN 1993-1-2

kde

$$\varphi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot \bar{\lambda} + \bar{\lambda}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,65 \cdot 0,25 + 0,25^2] = 0,61$$

a

$$\alpha = 0,65 \cdot \sqrt{235/f_y} = 0,65 \cdot \sqrt{235/235} = 0,65$$

Návrhová únosnost za zvýšené teploty:

$$N_{b,fi,t,Rd} = 0,86 \cdot 149 \cdot 0,901 \cdot \frac{23,5}{1,0} = 2713 \text{ kN}$$

Posudek:

$$N_{fi,d}/N_{b,fi,t,Rd} = 1560/2713 = 0,58 < 1 \quad \checkmark$$

LITERATURA

ECCS No.89, *Euro-Nomogram*, Brussels: ECCS – Technical Committee 3 – Fire Safety of Steel Structures, 1995

EN 1991, *Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire*, Brussels: CEN, November 2002

EN 1993, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules*, Brussels: CEN, May 2005

EN 1993, *Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design*, Brussels: CEN, October 2006