
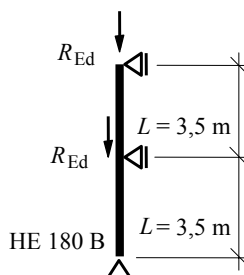


<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	SX043a-CZ-EU	Strana	1 z 5
	Název	Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce		
	Eurokód			
	Vypracoval	Z. Sokol	Datum	Leden 2006
	Kontroloval	F. Wald	Datum	Leden 2006

Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce

Tento příklad ukazuje návrh ocelového sloupu přes dvě podlaží. Teplota sloupu je určena podle údajů v dokumentu SD004. Únosnost sloupu je vypočtena podle modelu v EN 1993-1-2.

Sloup průřezu HEB, na který působí zatížení ze dvou podlaží, je na obrázku 1. Sloup má být navržen bez protipožární ochrany, pro průběh požáru se použije normová křivka. Je požadována požární odolnost R15.



Obrázek 1: Schéma sloupu

Vstupní údaje

Materiálové vlastnosti

Třída oceli: S 355

Mez kluzu: $f_y = 355 \text{ N/mm}^2$

Hustota: $\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$

Zatížení

Stálé zatížení, síla působící v každém podlaží:

$$R_{G,k} = 185 \text{ kN}$$

Nahodilé zatížení, síla působící v každém podlaží:


$$R_{Q,k} = 175 \text{ kN}$$

Součinitele spolehlivosti

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,50$$

$$\gamma_{M1} = 1,00$$

<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	SX043a-CZ-EU	Strana	2 z 5
	Název	Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce		
	Eurokód			
	Vypracoval	Z. Sokol	Datum	Leden 2006
	Kontroloval	F. Wald	Datum	Leden 2006

Zatížení při běžné teplotě

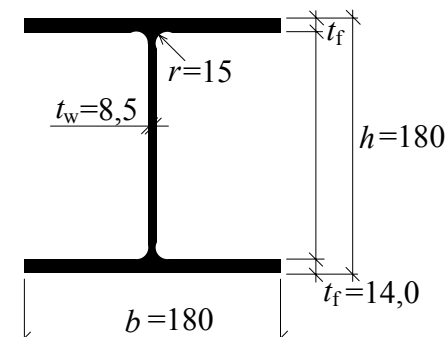
Návrhová hodnota zatížení ve spodní části sloupu je

$$N_{Ed} = 2 R_{Ed} = 2 (R_{G,k} \gamma_G + R_{Q,k} \gamma_Q) = 2 \cdot (185 \cdot 1,35 + 175 \cdot 1,5) = 1024,5 \text{ kN}$$

Posouzení při běžné teplotě

Byl navržen válcovaný průřez HE 180 B.

Průřez je 1. třídy.



Obrázek 2: Navržený průřez

Vzpěrná délka sloupu je:

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Rozhodující je vybočení kolmo k ose z.

Kritická síla je


$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 1363 \times 10^4}{3500^2} = 2306 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost sloupu je

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{6530 \times 355}{2306 \times 10^3}} = 1,003$$

[EN 1993-1-1 §5.5](#)

[EN 1993-1-1 §6.3.1](#)

<p>VÝPOČET</p> 	Dokument:	SX043a-CZ-EU	Strana	3 z 5
	Název	Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce		
	Eurokód			
	Vypracoval	Z. Sokol	Datum	Leden 2006
	Kontroloval	F. Wald	Datum	Leden 2006

Vzpěrnostní součinitel pro průřezy tvar H s poměrem $h/b < 1,2$ se určí z křivky c (součinitel imperfekce $\alpha = 0,49$).

$$\Phi = 0,5 \left(1 + \alpha (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,5 \cdot \left(1 + 0,49 \cdot (1,003 - 0,2) + 1,003^2 \right) = 1,200$$

$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{1,200 + \sqrt{1,200^2 - 1,003^2}} = 0,538$$

Únosnost sloupu je:

$$N_{b,Rd} = \chi_z \frac{A f_y}{\gamma_{M1}} = 0,538 \cdot \frac{6525 \cdot 355}{1,0} = 1246,2 \text{ kN} > 1024,5 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Průřez za běžné teploty vyhovuje.

Posouzení únosnosti při požáru

Zatížení při požáru

Zatížení při požáru se odvodí ze zatížení pro běžnou teplotu podle pravidel v EN 1991-2.

[EN1991-1-2 §4.3.2](#)

Pro výpočet zatížení se použije mimořádná kombinace zatížení se součinitelem kombinace $\psi_{2,1} = 0,3$ pro administrativní budovy. Redukční součinitel zatížení je

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi Q_k}{G_k \gamma_G + Q_k \gamma_Q} = \frac{185 + 0,3 \cdot 175}{185 \cdot 1,35 + 175 \cdot 1,5} = 0,464$$

[EN1993-1-2 §2.4.2](#)

$$N_{fi,Ed} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed} = 0,464 \cdot 1024,5 = 475,0 \text{ kN}$$

Poznámka: Součinitel kombinace ψ může být upřesněn v národní příloze. V tomto příkladu je použita doporučená hodnota podle EN 1991-1-2.

Výpočet teploty plynů v požárním úseku

Pro výpočet teploty plynů v požárním úseku se použije normová teplotní křivka.

[EN1991-1-2 §3.2.1](#)

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8 t + 1)$$

Dokument:	<i>SX043a-CZ-EU</i>	Strana	<i>4 z 5</i>
Název	<i>Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce</i>		
Eurokód			
Vypracoval	<i>Z. Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
Kontroloval	<i>F. Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

Určení teploty sloupu

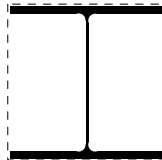
Součinitel průřezu lze spočítat nebo se použijí hodnoty uvedené v dokumentu SD004 (pouze pro válcované průřezy). Součinitel nechráněného průřezu vystaveného požáru po čtyřech stranách se určí pro jeho obálku

[SD004](#)

$$\left(\frac{A_m}{V}\right)_b = 110 \text{ m}^{-1}.$$

Vlivem stínění se součinitel průřezu upraví:

$$0,9 \cdot \left(\frac{A_m}{V}\right)_b = 0,9 \cdot 110 = 99 \text{ m}^{-1}.$$



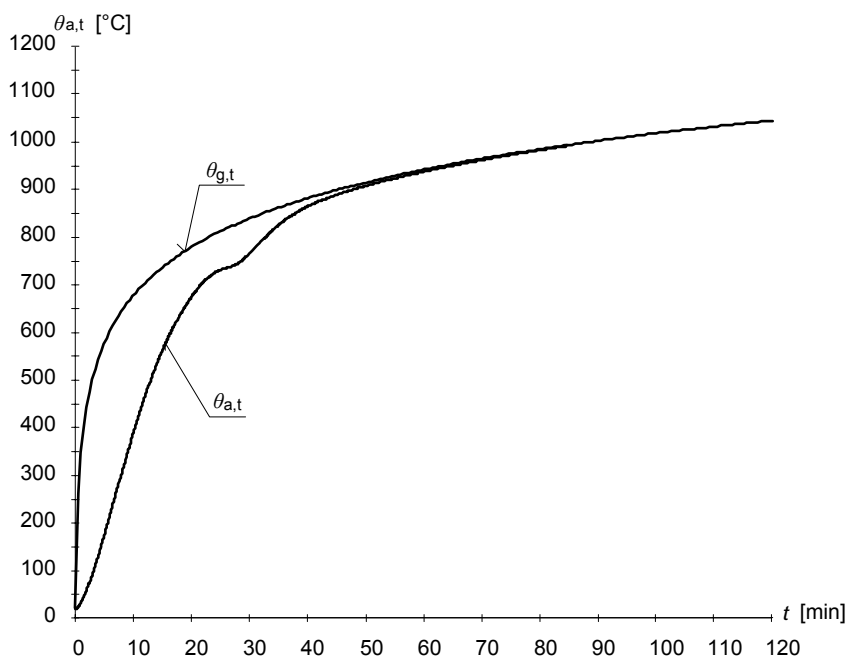
Obrázek 3: Určení součinitele průřezu

Teplota sloupu v čase $t = 15$ minut se určí pro upravený součinitel průřezu $A_m/V = 99 \text{ m}^{-1}$ s využitím grafu v dokumentu SD004.


[SD004](#)

$$\theta_a = 565^\circ\text{C}.$$

Časový průběh teploty plynu a teploty průřezu je na obrázku 4.



Obrázek 4: Časový průběh teploty plynu a teploty průřezu

<p style="text-align: center;">VÝPOČET</p> 	Dokument:	<i>SX043a-CZ-EU</i>	Strana	<i>5 z 5</i>
	Název	<i>Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce</i>		
	Eurokód			
	Vypracoval	<i>Z. Sokol</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>
	Kontroloval	<i>F. Wald</i>	Datum	<i>Leden 2006</i>

Výpočet únosnosti

Klasifikace průřezu za zvýšené teploty

Pro klasifikaci průřezu lze použít dokument SD002. Průřez HE 180 B zatížený tlakem je zařazen do 1. třídy.

[SD002](#)

Redukční součinitele $k_{y,\theta}$ a $k_{E,\theta}$ pro teplotu průřezu $\theta_a = 565^\circ\text{C}$ jsou:

[SD010](#)

$$k_{y,\theta} = 0,578 \text{ a } k_{E,\theta} = 0,411$$

Za předpokladu, že požární odolnost stropní konstrukce je větší než požární odolnost sloupu, je možno počítat s redukovanou vzpěrnou délkou:

[EN 1993-1-2 §4.2.3.2](#)

$$L_{cr,y,fi} = L_{cr,z,fi} = 0,7 \cdot L = 0,7 \cdot 3,5 = 2,45 \text{ m}$$

Kritické zatížení při běžné teplotě je:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 210000 \times 1363 \times 10^4}{2450^2} = 4706 \text{ kN}$$

Poměrná štíhlost při běžné teplotě je:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{6530 \cdot 355}{4706,3 \cdot 10^3}} = 0,702$$

Poměrná štíhlost při teplotě sloupu θ_a je

[EN 1993-1-2 § 4.2.3.2](#)

$$\bar{\lambda}_\theta = \bar{\lambda} [k_{y,\theta} / k_{E,\theta}]^{0,5} = 0,702 \cdot [0,578 / 0,411]^{0,5} = 0,833$$

a vzpěrnostní součinitel je:

$$\chi_{z,fi} = 0,577$$

Návrhová únosnost ve vzpěrném tlaku při teplotě $\theta_a = 565^\circ\text{C}$ je:

$$N_{b,fi,\theta,Rd} = \chi_{z,fi} A k_{y,\theta} \frac{f_y}{\gamma_{M,fi}} = 0,577 \cdot 6525 \cdot 0,577 \cdot \frac{355}{1,0} = 772,5 \text{ kN}$$

Osová síla působící při požáru je

$$N_{fi,Ed} = 475,0 \text{ kN}$$

$$N_{b,fi,\theta,Rd} \geq N_{fi,Ed}$$

Průřez při požáru vyhovuje.

Quality Record

RESOURCE TITLE	Řešený příklad: Požární návrh nechráněného sloupu průřezu HEB vystaveného normové teplotní křivce		
Reference(s)			
ORIGINAL DOCUMENT			
	Name	Company	Date
Created by	Z. Sokol	CTU in Prague	21/1/06
Technical content checked by	F. Wald	CTU in Prague	30/1/06
Editorial content checked by			
Technical content endorsed by the following STEEL Partners:			
1. UK	G W Owens	SCI	30/8/06
2. France	A Bureau	CTICM	30/8/06
3. Sweden	B Uppfeldt	SBI	30/8/06
4. Germany	C Müller	RWTH	30/8/06
5. Spain	J Chica	Labein	30/8/06
6. Luxembourg	M Haller	PARE	30/8/06
Resource approved by Technical Coordinator	G W Owens	SCI	12/9/06
TRANSLATED DOCUMENT			
This Translation made and checked by:	Z. Sokol	CTU in Prague	29/6/07
Translated resource approved by	F. Wald	CTU in Prague	31/7/07
National technical contact	F. Wald		