

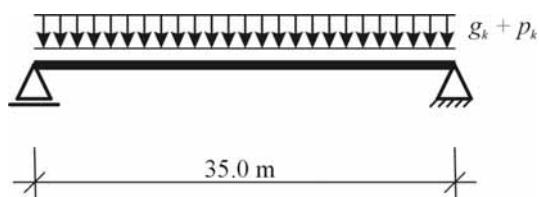
Část 5.6 Svařovaný nosník uzavřeného průřezu

P. Schaumann, T. Trautmann
University of Hannover

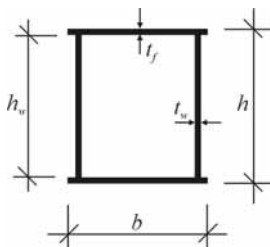
J. Žižka
České vysoké učení technické v Praze

1 ZADÁNÍ

V příkladu je ukázán návrh svařovaného nosníku uzavřeného průřezu. Nosník je částí střešní konstrukce o rozpětí 35,0 m. Vzdálenost mezi nosníky je 10,0 m. Zatížení je rovnoměrné spojité. Nosník je zajištěn proti ztrátě stability po celé své délce a je proveden bez požární ochrany. Požadovaná požární odolnost je R 30.



Obrázek 1. Statické schéma



Obrázek 2. Průřez

Materiálové vlastnosti:

Ocel:	S 355
Mez kluzu:	$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$
Výška:	$h = 700 \text{ mm}$
Výška stojiny:	$h_w = 650 \text{ mm}$
Šířka:	$b = 450 \text{ mm}$
Tloušťka pásnice:	$t_f = 25 \text{ mm}$
Tloušťka stojiny:	$t_w = 25 \text{ mm}$
Průřezová plocha pásnice:	$A_f = 11\,250 \text{ mm}^2$
Průřezová plocha stojiny:	$A_w = 16\,250 \text{ mm}^2$
Měrné teplo:	$c_a = 600 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$
Hustota:	$\rho_a = 7850 \text{ kg/m}^3$
Emisivita nosníku:	$\varepsilon_m = 0,7$

Emisivita plamenů:	$\varepsilon_r = 1,0$
Polohový faktor:	$\Phi = 1,0$
Součinitel přestupu tepla prouděním:	$\alpha_c = 25,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
Stephan-Boltzmannova konstanta:	$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
Zatížení:	
Stálé:	
Nosník:	$g_{a,k} = 4,32 \text{ kN/m}$
Střecha:	$g_{r,k} = 5,0 \text{ kN/m}$
Nahodilé:	
Sníh:	$p_{s,k} = 11,25 \text{ kN/m}$

2 POŽÁRNÍ ÚNOSNOT NOSNÍKU UZAVŘENÉHO PRŮŘEZU

2.1 Mechanické zatížení během požáru

EN 1991-1-2

Zatížení při požáru se uvažuje v mimořádné kombinaci zatížení:

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

kap. 4.3

Součinitel kombinace pro zatížení sněhem je $\psi_{2,1} = 0.0$. Při použití tohoto součinitele se návrhový ohybový moment určí jako:

$$M_{fi,d} = \left[(4,32 + 5,0) + 0,0 \cdot 11,25 \right] \cdot \frac{35,0^2}{8} = 1427,1 \text{ kNm}$$

2.2 Výpočet teploty oceli

EN 1993-1-2

Přírůstek teploty oceli se vypočítá jako:

čl. 4.2.5.1

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m/V}{c_a \cdot \rho_a} \cdot \dot{h}_{net,d} \cdot \Delta t = 1,0 \cdot \frac{40}{600 \cdot 7850} \cdot 5 \cdot \dot{h}_{net} = 4,25 \cdot 10^{-5} \cdot \dot{h}_{net}$$

kde:

k_{sh} součinitel vlivu zastínění části průřezu ($k_{sh} = 1.0$)

Δt časový interval ($\Delta t = 5$ sekund)

A_m/V součinitel nechráněného průřezu (tabulka 4.2)

$$A_m/V = 1/t = 1/0.025 = 40 \text{ 1/m}$$

Čistý tepelný tok se určí podle EN 1991-1-2 jako:

EN 1991-1-2

$$\begin{aligned} \dot{h}_{net} &= \alpha_c \cdot (\theta_g - \theta_m) + \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot \left((\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right) \\ &= 25 \cdot (\theta_g - \theta_m) + 3,969 \cdot 10^{-8} \cdot \left((\theta_g + 273)^4 - (\theta_m + 273)^4 \right) \end{aligned}$$

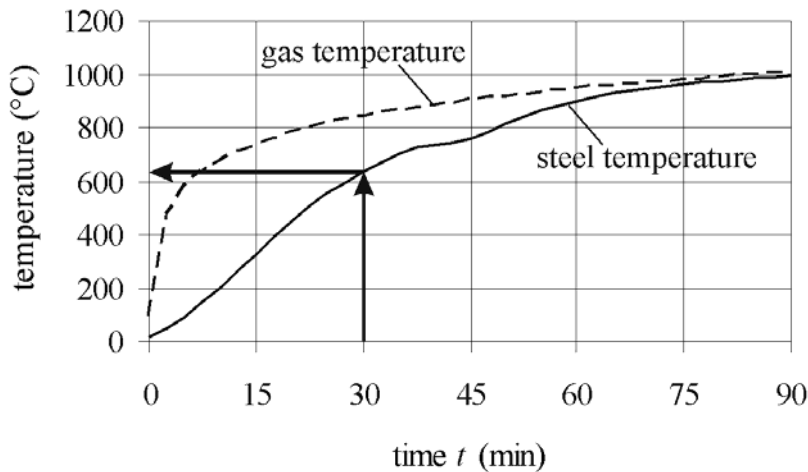
čl. 3.1

Teplota plynů se určí podle normové teplotní křivky:

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

čl. 3.2.1

Průběh teploty průřezu v závislosti na času je na obrázku 3:



Obrázek 3. Průběh teploty průřezu

Kde time je čas v min,
 temperature teplota ve, °C
 gas temperature teplota plynu,
 steel temperature teplota oceli.

$$\Rightarrow \theta_{a,max,30} = 646 \text{ °C}$$

2.3 Ověření podle teploty

Návrhová momentová únosnost během požáru v čase $t = 0$:

$$\begin{aligned} M_{fi,Rd,0} &= W_{pl} \cdot f_y \cdot k_{y,\theta,max} / \gamma_{M,fi} \\ &= 12\,875\,000 \cdot 355 \cdot \frac{1,0}{1,0} \cdot 10^{-6} \\ &= 4570,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

kde

$$\begin{aligned} k_{y,\theta,max} &= 1,0 \quad \text{pro } \theta = 20 \text{ °C v čase } t = 0 \\ \gamma_{M,fi} &= 1,0 \end{aligned}$$

a

$$\begin{aligned} W_{pl} &= 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot A_w}{2} \cdot \frac{h_w}{4} + A_f \cdot \frac{h - t_w}{2} \right) \\ &= 2 \cdot \left(16\,250 \cdot \frac{650}{4} + 11\,250 \cdot \frac{700 - 25}{2} \right) \\ &= 12\,875\,000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Stupeň využití v čase $t=0$:

$$\mu_0 = E_{fi,d} / R_{fi,d,0} = M_{fi,d} / M_{fi,Rd,0} = 1427,1 / 4570,6 = 0,31$$

Kritická teplota $\theta_{a,cr}$ je uvedena v tabulce 4.1 normy EN 1993-1-2.

$$\Rightarrow \theta_{a,cr} = 659 \text{ °C}$$

Posudek:

$$\frac{646}{659} = 0,98 < 1 \quad \checkmark$$

EN 1993-1-2

čl. 4.2.3.3

čl. 4.2.4

2.4 Ověření podle únosnosti

K určení momentové únosnosti se určí redukční součinitel meze kluzu $k_{y,\theta}$ pro teplotu $\theta_{a,max,30} = 646$ °C. Tento součinitel je uveden v tabulce 3.1 normy EN 1993-1-2:

$$k_{y,\theta} = 0,360$$

čl. 3.2.1

Dále se určí součinitele podmínek působení κ_1 a κ_2 .

Součinitel podmínek působení pro nerovnoměrné rozdělení teploty po průřezu κ_1 viz tabulka 1.

Tabulka 1. Součinitel κ_1

čl. 4.2.3.3

	κ_1 [-]
Nosník exponovaný ze všech čtyř stran	1,0
Nechráněný nosník exponovaný ze tří stran, se spřaženou nebo betonovou deskou na straně čtvrté	0,7
Chráněný nosník exponovaný ze tří stran, se spřaženou nebo betonovou deskou na straně čtvrté	0,85

V tomto případě se jedná o nechráněný nosník exponovaný ze tří stran, s betonovou deskou na straně čtvrté. Hodnota κ_1 je tudíž:

$$\kappa_1 = 1,0$$

Součinitel podmínek působení pro nerovnoměrné rozdělení teploty po délce nosníku κ_2 viz tabulka 2.

Tabulka 2. Součinitel κ_2

	κ_2 [-]
V podporách staticky neurčitého nosníku	0,85
Ve všech ostatních případech	1,0

Posudek se provádí uprostřed rozpětí prostého nosníku, tedy součinitel κ_2 nabývá hodnoty:

$$\kappa_2 = 1,0$$

Návrhová únosnost v ohybu:

$$\begin{aligned} M_{fi,t,Rd} &= M_{pl,Rd,20^\circ C} \cdot k_{y,\theta} \cdot \frac{\gamma_{M,1}}{\gamma_{M,fi}} \cdot \frac{1}{\kappa_1 \cdot \kappa_2} \\ &= (12\,875\,000 \cdot 355/1,1) \cdot 0,36 \cdot \frac{1,1}{1,0} \cdot \frac{1}{1,0 \cdot 1,0} \cdot 10^{-6} = 1645,4 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Posudek:

$$\frac{1427,1}{1645,4} = 0,87 < 1 \quad \checkmark$$

LITERATURA

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 1-2: General rules – Structural fire design*, Brussels: CEN, October 2006