

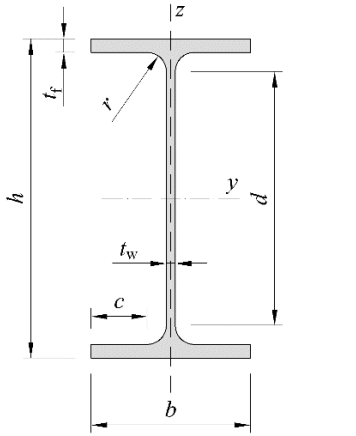
Posouzení ocelové konzoly zatížené osamělou silou na ohyb s klopením dle ČSN EN 1993-1-1 – řešený příklad

Předmětem příkladu je posouzení konzoly zatížené osamělým břemenem na ohyb s klopením ve smyslu ČSN EN 1993-1-1. Pro výpočet se použijí ustanovení kapitoly 6.3.2 a národní přílohy NB (článek NB.3) v normě ČSN EN 1993-1-1 [1], na kterou je v pravém sloupci odkazováno.

Vstupní údaje

V rámci úlohy je řešeno posouzení konzoly průřezu IPE 300 z oceli pevnostní třídy S355 o celkové délce 4 m. Konzola je na konci zatížena osamělým břemenem o návrhové hodnotě $F_d = 20$ kN. Zatížení působí v úrovni horní pásnice směrem do středu smyku.

Konzola je použita v ocelové konstrukci pozemní stavby.

$A =$	5381,00 mm ²	$t_f =$	10,70 mm	
$I_y =$	83560000,00 mm ⁴	$t_w =$	7,10 mm	
$I_z =$	6038000,00 mm ⁴	$r =$	15,00 mm	
$I_t =$	201200,00 mm ⁴	$c =$	56,50 mm	
$I_w =$	125900000000,00 mm ⁶	$d =$	248,60 mm	
$W_{el,y} =$	557100,00 mm ³	$h =$	300,00 mm	
$W_{el,z} =$	80500,00 mm ³	$b =$	150,00 mm	
$W_{pl,y} =$	628400,00 mm ³	$i_y =$	124,60 mm	
$W_{pl,z} =$	125200,00 mm ³	$i_z =$	33,50 mm	

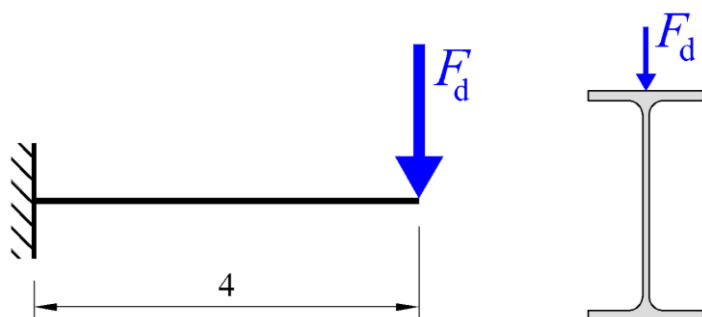
Materiálové charakteristiky

Ocel S355: $E = 210$ GPa, $G = 81$ GPa, $f_y = 355$ MPa

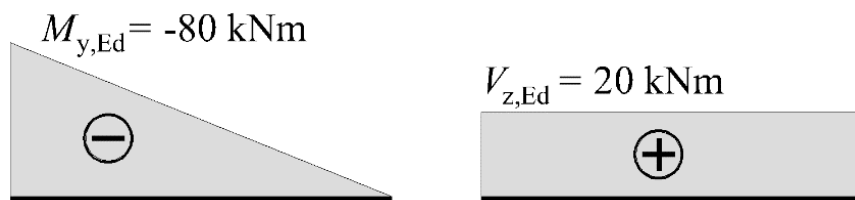
Součinitele spolehlivosti

$\gamma_{M1} = 1,00$ (dílní součinitel únosnosti průřezu při posuzování stability prutu)

Zatížení



Vnitřní síly



Zatřídění průřezu

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{355}} = 0,81$$

Stojina (ohyb)

$$\frac{d}{t_w} = \frac{248,6}{7,1} = 35,01 \leq 72 \cdot \varepsilon = 58,32 \rightarrow \text{třída 1}$$

Tab. 5.2

Pásnice (tlak)

$$\frac{c}{t_f} = \frac{56,5}{10,7} = 5,28 \leq 9 \cdot \varepsilon = 7,29 \rightarrow \text{třída 1}$$

Tab. 5.2

Průřez je třídy 1.

Posouzení

Posouzení se provede pomocí podmínky (6.54) s použitím výrazu (6.55):

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1 \quad (6.54)$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad (6.55)$$

Součinitele C_1 a C_2 závisející na průběhu ohybového momentu byly pro řešený příklad stanoveny dle normy [2] (norma pro navrhování ocelových konstrukcí [1] tyto součinitele pro konzolové nosníky neuvádí).

Výpočet návrhového momentu únosnosti na klopení a posouzení

$$k_z = k_w = 2,0$$

$$\kappa_{wt} = \frac{\pi}{k_w \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_\omega}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi}{2 \cdot 4,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 1,259 \cdot 10^{-7}}{81 \cdot 10^9 \cdot 201200 \cdot 10^{-12}}} = 0,50 \quad \text{NB.3.2}$$

$$z_a = +0,15 \text{ m} \quad \text{NB.3.2}$$

$$z_s = 0,00 \text{ m} \quad \text{NB.3.2}$$

$$z_g = z_a - z_s = 0,15 - 0,00 = 0,15 \text{ m} \quad \text{NB.3.2}$$

$$z_j = 0,00 \text{ m} \quad \text{NB.3.2}$$

$$\zeta_g = \frac{\pi \cdot z_g}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,15}{2 \cdot 4,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 6038000 \cdot 10^{-12}}{81 \cdot 10^9 \cdot 201200 \cdot 10^{-12}}} = 0,52 \quad \text{NB.3.2}$$

$$\zeta_j = \frac{\pi \cdot z_j}{k_z \cdot L} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}} = \frac{\pi \cdot 0,00}{2 \cdot 4,0} \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9 \cdot 6038000 \cdot 10^{-12}}{81 \cdot 10^9 \cdot 128800 \cdot 10^{-12}}} = 0,00 \quad \text{NB.3.2}$$

$$C_1 = 2,56 + 4,675 \cdot \kappa_{wt} - 2,62 \cdot \kappa_{wt}^2 + 0,5 \cdot \kappa_{wt}^3 = \quad (\text{pro } \kappa_{wt} \leq 2) \text{ dle [2]} \\ = 2,56 + 4,675 \cdot 0,50 - 2,62 \cdot 0,50^2 + 0,5 \cdot 0,50^3 = 4,305$$

$$C_2 = 1,255 + 1,566 \cdot \kappa_{wt} - 0,931 \cdot \kappa_{wt}^2 + 0,245 \cdot \kappa_{wt}^3 - 0,024 \cdot \kappa_{wt}^4 = \quad (\text{pro } \zeta_g \geq 0) \text{ dle [2]} \\ = 1,255 + 1,566 \cdot 0,50 - 0,931 \cdot 0,50^2 + 0,245 \cdot 0,50^3 - 0,024 \cdot 0,50^4 = \\ = 1,834$$

$$\mu_{cr} = \frac{C_1}{k_z} \cdot \left[\sqrt{1 + \kappa_{wt}^2 + (C_2 \cdot \zeta_g)^2} - (C_2 \cdot \zeta_g) \right] = \quad \text{NB.3.2} \\ = \frac{4,305}{2} \cdot \left[\sqrt{1 + 0,50^2 + [1,834 \cdot 0,52]^2} - [1,834 \cdot 0,52] \right] = 1,11$$

$$M_{cr} = \mu_{cr} \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}}{L} = \quad \text{NB.3.2} \\ = 1,11 \cdot \frac{\pi \cdot \sqrt{210 \cdot 10^9 \cdot 6038000 \cdot 10^{-12} \cdot 81 \cdot 10^9 \cdot 201200 \cdot 10^{-12}}}{4,0} = 125,32 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{628400 \cdot 10^{-9} \cdot 355 \cdot 10^6}{125320}} = 1,33 \quad \text{6.3.2.2}$$

Křivka klopení a (válcovaný průřez, $h/b = 2$), $\alpha = 0,21$ Tab. 6.4

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (1,33 - 0,2) + 1,33^2] = 1,50 \quad \text{6.3.2.2}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{1,50 + \sqrt{1,50^2 - 1,33^2}} = 0,46 \quad \text{6.3.2.2}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{W_y \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = 0,46 \cdot \frac{628400 \cdot 10^{-9} \cdot 355 \cdot 10^6}{1,00} = 102,62 \text{ kNm} \quad \text{(6.55)}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{80,00}{102,62} = 0,78 \leq 1 \quad \text{(6.54)}$$

Posouzení nosníku

Podmínka spolehlivosti je splněna. Maximální využití průřezu činí 78 %.

Použité zdroje

- [1] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [2] ČSN EN 1999-1-1 *Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla pro konstrukce*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009.