

$$\sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_b^2} = \sqrt{64.8^2 + 3 \cdot 0.0^2} = 64.8 \text{ MPa} < 215.0 \text{ MPa} = f_d$$

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto samodzielnie.

W płaszczyźnie układu: $\mu_x = 2.000$ i $l_{0,x} = 3.5 \text{ m}$

oraz prostopadle do płaszczyzny układu: $\mu_y = 2.000$ i $l_{0,y} = 3.5 \text{ m}$.

Wyboczenie skrętne: $\mu_{\omega} = 2.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.5 \text{ m}$

Siły krytyczne

$$N_{cr,x} = \frac{\pi^2 E I_x}{(\mu_x l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 205000.0 \text{ MPa} \cdot 16270.0 \text{ cm}^4}{(2.000 \cdot 3.5 \text{ m})^2} = 6662.7 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E I_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 205000.0 \text{ MPa} \cdot 1040.0 \text{ cm}^4}{(2.000 \cdot 3.5 \text{ m})^2} = 425.9 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{1}{i_z^2} \left[\frac{\pi^2 E I_{\omega}}{(\mu_{\omega} l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,z} = \frac{1}{15.4^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 205000.0 \text{ MPa} \cdot 212580.3 \text{ cm}^6}{(2.000 \cdot 3.5 \text{ m})^2} + 78846.2 \text{ MPa} \cdot 36.3 \text{ cm}^4 \right] = 1740.2 \text{ kN}$$

$$N_{cr,yz} = \frac{(N_y + N_z) - \sqrt{(N_y + N_z)^2 - 4 N_y N_z (1 - \mu_y^2 / i_z^2)}}{2(1 - \mu_y^2 / i_z^2)} = \frac{(N_y + N_z) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_y^2 / i_z^2)}$$

$$R = (425.9 + 1740.2)^2 - 4 \cdot 425.9 \cdot 1740.2 (1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 15.431^2) = 1727342.3 \text{ kN}$$

$$N_{cr,yz} = \frac{(425.9 + 1740.2) - \sqrt{1727342.3}}{2(1 - 1.000 \cdot 0.0^2 / 15.431^2)} = 425.9 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. 1 do PN-90/B-03200 (Z1-9).

Wsp. długości wyboczeniowej: $\mu_{y,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (tylko do obliczeń M_{cr})

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $A_1 = 0.61$, $A_2 = 0.53$, $B = 1.14$

Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $a_0 = 18.00 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $y_s = 0.00 \text{ cm}$

$$b_y = y_s - 0.5 r_x = 0.00 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ cm}$$

$$A_0 = A_1 b_y + A_2 (y_s - a_0) = 0.61 \cdot 0.00 + 0.53 \cdot (0.00 - 18.00) = -9.540$$

$$N_{cr,y} = \pi^2 E I_y / (\mu_{y,Mcr} l)^2 = \pi^2 \cdot 205000.0 \cdot 1040.0 / (1.00 \cdot 351.5)^2 = 1703.56 \text{ kN}$$

$$N_{cr,x} = \frac{1}{i_z^2} \left[\frac{\pi^2 E I_{\omega}}{(\mu_{\omega,Mcr} l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,x} = \frac{1}{15.43^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 205000.0 \cdot 212580.3}{(1.00 \cdot 351.5)^2} + 7884.6 \cdot 36.3 \right] = 3358.14 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = A_0 N_{cr,y} \sqrt{((A_0 N_{cr,y})^2 + B^2 i_z^2 N_{cr,y} N_{cr,x})}$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot -9.540 \cdot 1703.56 \sqrt{((-9.540 \cdot 1703.56)^2 + 1.14^2 \cdot 15.43^2 \cdot 1703.56 \cdot 3358.14)} = 288.52 \text{ kNm}$$

Ściskanie (1.3 %)

Przekrój: $x/L = 1.000$, $L = 3.51 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+1, +2, +4, +5, +6, +8,)$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{Rc} = A f_d = 72.7 \cdot 21.5 = 1563.0 \text{ kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_x = 1.15 \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 1563.0 / 6662.7 = 0.557 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \phi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.955 \text{ (giętnie x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_y = 1.15 \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,y}} = 1563.0 / 425.9 = 2.203 \rightarrow \text{krzywa 'b'} \rightarrow \phi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.196 \text{ (giętnie y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1.15 \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,z}} = 1563.0 / 1740.2 = 1.090 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \phi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.513 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{yz} = 1.15 \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,yz}} = 1563.0 / 425.9 = 2.203 \rightarrow \text{krzywa 'b'} \rightarrow \phi_{yz}(\bar{\lambda}_{yz}) = 0.196$$

Przyjęto do obliczeń: $\phi = \min(\phi_i) = 0.196$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$\phi N_{Rc} = 0.196 \cdot 1563.0 = 306.9 \text{ kN} > 3.9 \text{ kN} = N$$

Ścinanie (10.2 %)