

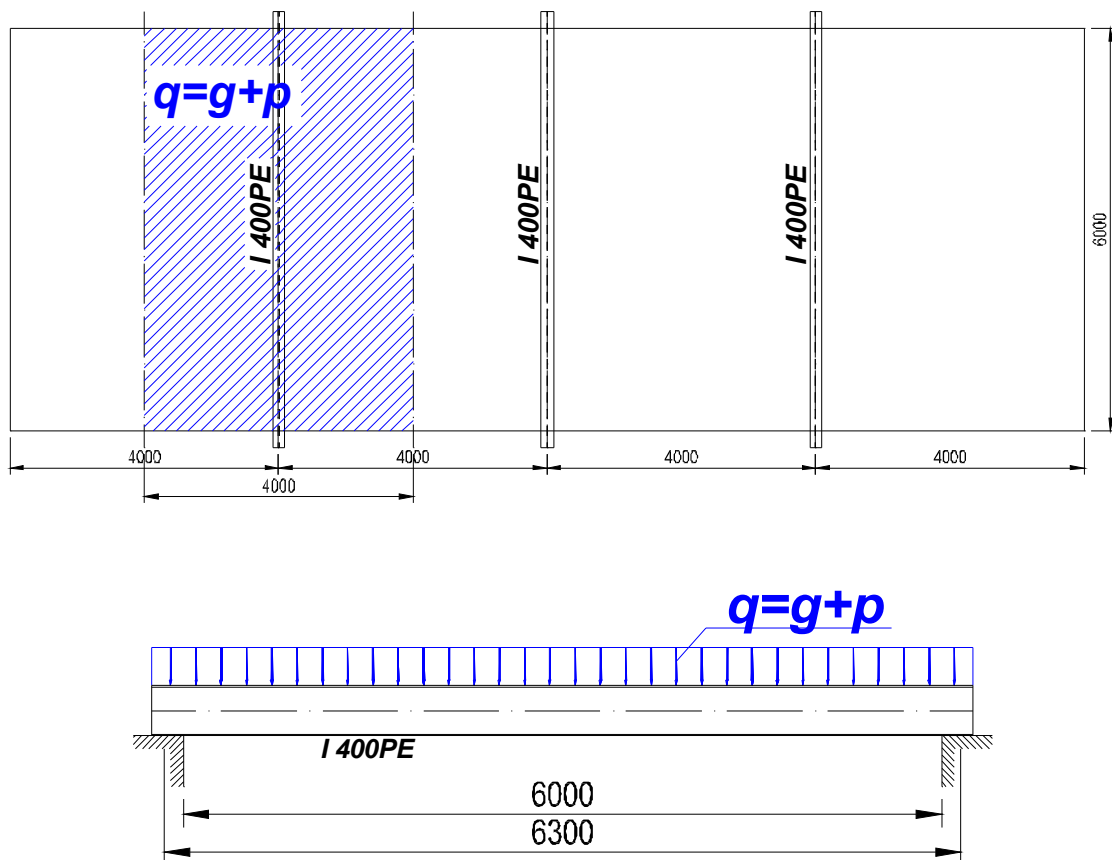
Przykład 1.1

Zaprojektować swobodnie podpartą belkę stropu wykonaną z dwuteownika walcowanego I PE ze stali St3S. Rozpiętość belki w świetle ścian $L=600\text{cm}$.

Obciążenia:

- obciążenie stałe, stanowią warstwy stropu:
 - gładź cementowa grubości 2,0cm
 - płyta żelbetowa grubości 15,0cm
 - tynk grubości 1,5cm
 - belka stalowa - wstępnie przyjęto I 400PE
- obciążenie zmienne - użytkowe $5,0\text{kN/m}^2$

Przyjęto, że płyta stropu jest trwale połączona z stalowymi belkami stalowymi i zabezpiecza je przed zwichrzeniem. Układ stropu przedstawiono na poniższym rysunku.



Zebranie obciążeń przydających na belkę stropową

Obciążenie	Wartość charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia γ_f	Wartość obliczeniowa [kN/m]
Obciążenia stałe			
Gładź cementowa 0,02m·21,0kN/m ³ ·4,0m	1,68	1,3	2,18
Płyta żelbetowa 0,15m·25, 0kN/m ³ ·4,0m	15,00	1,1	16,50
Tynk 0,015m·22, 0kN/m ³ ·4,0m	1,32	1,3	1,72
Belka stalowa - wstępnie przyjęto I 400PE 0,663kN/m	0,66	1,1	0,73
	$\Sigma g_k = 18,66$		$\Sigma g_o = 21,13$
Obciążenia zmienne			
Obciążenie użytkowe 5kN/m ² 5,0kN/m ² ·4,0m	20,00	1,3	26,00
	$\Sigma p_k = 20,00$		$\Sigma p_o = 26,00$
Razem	$\Sigma q_k = 38,66$		$\Sigma q_o = 47,13$

Długość obliczeniowa belki stropowej

$$l_0 = 1,05 \cdot l = 1,05 \cdot 600 = 630 \text{ cm}$$

Wartości sił wewnętrznych

$$M_{\max} = \frac{q_o \cdot l_0^2}{8} = \frac{0,4713 \cdot 630^2}{8} = 23382,37 \text{ kNcm}$$

$$V_{\max} = \frac{q_o \cdot l_0}{2} = \frac{0,4713 \cdot 630}{2} = 148,46 \text{ kN}$$

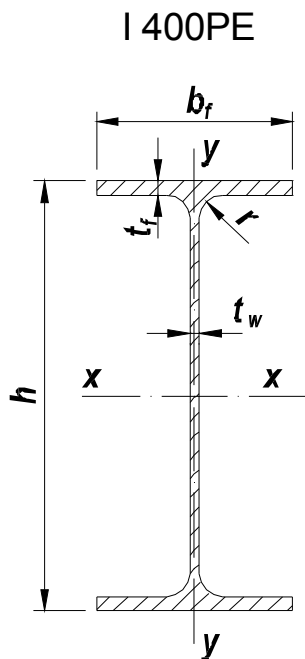
Przyjęcie potrzebnego przekroju belki stropowej ze względu na potrzebny wskaźnik wytrzymałości

$$W_{\min} \geq \frac{M_{\max}}{f_d}$$

$$W_{\min} = \frac{23382,37}{21,5} = 1087,55 \text{ cm}^3$$

Przyjęto I 400PE o $W_x = 1160,00 \text{ cm}^3$

Charakterystyka geometryczna przekroju:



I 400PE

$$\begin{aligned}
 A &= 84,50\text{cm}^2; \\
 I_x &= 23130\text{cm}^4; I_y = 1320\text{cm}^4; \\
 W_x &= 1160,0\text{cm}^3; W_y = 146,0\text{cm}^3; \\
 i_x &= 16,50\text{cm}; i_y = 3,95\text{cm}; \\
 h &= 400\text{mm}; t_w = 8,6\text{mm}; \\
 t_f &= 13,5\text{mm}; b_f = 180\text{mm}; \\
 r &= 21,0\text{mm}; m = 66,3\text{kg/m}
 \end{aligned}$$

Określenie klasy przekroju

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1,0$$

- Środek

$$\frac{b}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} \quad (\text{tabl. 6})$$

$$\frac{400 - 2(13,5 + 21,0)}{8,6} = \frac{331}{8,6} = 38,49 < 39\varepsilon$$

- Stopka

$$\frac{b}{t} = \frac{0,5(b_f - t_w - 2r)}{t_f} \quad (\text{tabl. 6})$$

$$\frac{0,5(180 - 8,6 - 2 \cdot 21,0)}{13,5} = \frac{64,7}{13,5} = 4,79 < 9\varepsilon$$

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 2.

Stan graniczny nośności

Nośność obliczeniowa przekroju przy jednokierunkowym zginaniu

Przekrój I 400PE jest klasy 2 i jest zginany w płaszczyźnie środka
przyjęto, więc obliczeniowy współczynnik rezerwy plastycznej $\alpha_p = 1,07$

$$M_R = \alpha_p \cdot W \cdot f_d = 1,07 \cdot 1160,00 \cdot 21,5 = 26685,80\text{kNcm} \quad (\text{wzór 42})$$

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu

$$V_R = 0,58 \cdot A_V \cdot f_d = 0,58 \cdot 34,4 \cdot 21,5 = 428,97 \text{ kN} \quad (\text{wzór 47})$$

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h}{t_w} = \frac{400,0}{8,6} = 46,51 < 70\varepsilon = 70,00 \quad (\text{tabl. 7})$$

$$A_V = \sum h_w \cdot t_w = 40,0 \cdot 0,86 = 34,4 \text{ cm}^2$$

Nośność elementów jednokierunkowo zginanych

$$\frac{M_{\max}}{\varphi_L \cdot M_R} = \frac{23382,37}{1,0 \cdot 26685,80} = 0,88 < 1,0 \quad (\text{wzór 52})$$

Warunek jest spełniony.

Nośność elementów ścinanych

$$\frac{V_{\max}}{V_R} = \frac{148,46}{428,97} = 0,35 < 1,0$$

Warunek jest spełniony.

Stan graniczny użytkowania

Ugięcie graniczne

$$f_{\max} = \frac{l_0}{250} = \frac{630}{250} = 2,52 \text{ cm} \quad (\text{tabl. 4})$$

Ugięcie rzeczywiste

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot l_0^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,3866 \cdot 630,00^4}{20500 \cdot 23130,00} = 1,67 \text{ cm} < f_{\max}$$

Uwaga!

W nawiasach podano numerację wzorów w PN-90/B-03200.