

---

**Węzeł nr 1 - Połączenie doczołowe belki do słupa**

---

**Informacje o węźle**

Polożenie: (x=0.000m, y=5.140m)

**Dane projektowe połączenia****Profil belki przy blasze czołowej (Is 935-300-300-12-12-12):**

Stal:	fy:	235.0 [MPa]	fu:	360.0 [MPa]	
Wysokość:	997.1 [mm]	Szerokość:	300.0 [mm]	Gr. półki:	14.2 [mm]
Gr. środka:	12.0 [mm]	Pr. zaokrągl.:	0.0 [mm]		

**Profil słupa (HE-B 450):**

Stal:	fy:	235.0 [MPa]	fu:	360.0 [MPa]	
Wysokość:	450.0 [mm]	Szerokość:	300.0 [mm]	Gr. półki:	26.0 [mm]
Gr. środka:	14.0 [mm]	Pr. zaokrągl.:	27.0 [mm]		

**Blacha czołowa:**

Stal:	fy:	235.0 [MPa]	fu:	360.0 [MPa]	
Wysokość:	1130.0 [mm]	Szerokość:	300.0 [mm]	Grubość:	30.0 [mm]

**Parametry śrub:**

Typ śrub: M30  
Klasa śrub: 8.8  
Ilość śrub: 6  
Rozstaw poziomy śrub: 170.0 [mm],  
Rozstaw pionowy śrub: 100.0 [mm], 680.0 [mm],  
Polożenie pierwszego rzędu śrub względem górnej krawędzi blachy: 170.0 [mm]

**Parametry spawu łączącego blachę czołową z profilem:**

Grubość spoiny półki: 16.0 [mm]  
Grubość spoiny środka: 8.0 [mm]

**Parametry żeber słupa:**

Grubość blachy: 25.0 [mm]  
Szerokość pojedynczego żebra: 140.0 [mm]  
Stal: S 235  
fy: 235.0 [MPa]  
fu: 360.0 [MPa]

**Parametry żeber belki:**

Grubość blachy: 25.0 [mm]  
Szerokość pojedynczego żebra: 140.0 [mm]  
Stal: S 235  
fy: 235.0 [MPa]  
fu: 360.0 [MPa]

**Obliczenia**

Najbardziej niekorzystna kombinacja: ('S2',)

**Nośność na ścinanie (7.9 %)**

**Nośność śruby na ścięcie trzpienia:**

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 30.0^2}{4} = 706 \text{ mm}^2$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = \frac{0.600 \cdot 0.800 \cdot 706}{1.25} = 271 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{v,Ed} = |-21.4 \text{ kN}| \leq 271.4 \text{ kN} = F_{v,Rd}$$

**Warunek nośności spełniony.****Nośność śruby na docisk śruby do ścianki otworu:**

Szereg numer: 1

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_{1,min}}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{170}{3 \cdot 33.0}; \frac{100.0}{3 \cdot 33.0} - \frac{1}{4}\right) = 0.760$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(0.760; \frac{0.800}{0.360}, 1\right) = 0.760$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_2}{d_0} - 1.7\right) = \min\left(\frac{2.8 \cdot 65.0}{33.0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4 \cdot 170}{33.0} - 1.7\right) = 2.50$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.760 \cdot 0.360 \cdot 30.0 \cdot 30.0}{1.25} = 492 \text{ kN}$$

Szereg numer: 2

$$\alpha_d = \min\left(\frac{p_{1,min}}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{100.0}{3 \cdot 33.0} - \frac{1}{4}\right) = 0.760$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(0.760; \frac{0.800}{0.360}, 1\right) = 0.760$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_2}{d_0} - 1.7\right) = \min\left(\frac{2.8 \cdot 65.0}{33.0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4 \cdot 170}{33.0} - 1.7\right) = 2.50$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 0.760 \cdot 0.360 \cdot 30.0 \cdot 30.0}{1.25} = 492 \text{ kN}$$

Szereg numer: 3

$$\alpha_d = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_{1,min}}{3d_0} - \frac{1}{4}\right) = \min\left(\frac{180}{3 \cdot 33.0}; \frac{680}{3 \cdot 33.0} - \frac{1}{4}\right) = 1.82$$

$$\alpha_b = \min\left(\alpha_d; \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = \min\left(1.82; \frac{0.800}{0.360}, 1\right) = 1.000$$

$$k_1 = \min\left(\frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4p_2}{d_0} - 1.7\right) = \min\left(\frac{2.8 \cdot 65.0}{33.0} - 1.7; 2.5; \frac{1.4 \cdot 170}{33.0} - 1.7\right) = 2.50$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u t_p d}{\gamma_{M2}} = \frac{2.50 \cdot 1.000 \cdot 0.360 \cdot 30.0 \cdot 30.0}{1.25} = 648 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$F_{b,Ed} = |-21.4 \text{ kN}| \leq 492.5 \text{ kN} = F_{b,Rd}$$

**Warunek nośności spełniony.****Nośność na rozciąganie (0.0 %)**

Ze względu na brak siły rozciągającej w węźle pominięto obliczenia nośności węzła na rozciąganie.

**Nośność na zginanie (74.5 %)****Nośność środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu:**

Szerokość efektywna środnika słupa przy ściskaniu:

$$s_p = \min(t_p + c, 2t_p) = \min(30.0 + 32.3, 2 \cdot 30.0) = 60.0 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},c,wc} = t_{fb} + z_{f,t} + z_{f,b} + 5(t_{fc} + s) + s_p = 14.2 + 18.0 + 34.6 + 5(26.0 + 27.0) + 60.0 = 391 \text{ mm}$$

Ze względu usztywnienie środnika słupa obustronnymi żebrami, nie istnieje konieczność obliczania współczynnika redukcyjnego zewzględę na wyboczenie miejscowe

Maksymalne ściskające naprężenia normalne w części płaskiej środnika słupa:

$$\sigma_{\text{com},Ed} = 136 \text{ MPa}$$

$$0,7 f_{y,wc} = 0,7 \cdot 235 = 164 \text{ MPa}$$

Współczynnik redukcyjny:

$$\sigma_{\text{com},Ed} \leq 0,7 f_{y,wc} \Rightarrow k_{wc} = 1$$

Współczynnik redukcyjny ze względu na interakcję ze ścinaniem:

$$\beta = 1.000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3(b_{\text{eff},c,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3(391 \cdot 14.0 / 7.98)^2}} = 0.787$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0.787$$

Nośności nieuzębrowanego środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu:

$$F_{c,wc,Rd,1} = \frac{\omega k_{wc} b_{\text{eff},c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.787 \cdot 1.000 \cdot 391 \cdot 14.0 \cdot 0.235}{1.000} = 1014 \text{ kN}$$

$$F_{c,wc,Rd,2} = \frac{\omega k_{wc} \rho b_{\text{eff},c,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M1}} = \frac{0.787 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 391 \cdot 14.0 \cdot 0.235}{1.000} = 1014 \text{ kN}$$

Przyrost obliczeniowej nośności ze względu na żebra poprzeczne słupa:

$$F_{c,wc,stiff,Rd} = \frac{A_s f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 25.0 \cdot 0.235}{1.000} = 1645 \text{ kN}$$

Nie uwzględniono wpływu smukłości żeber (ich miejscowej utraty stateczności) na nośność środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu.

Nośność środnika słupa przy poprzecznym ściskaniu:

$$F_{c,wc,Rd} = \min(F_{c,wc,Rd,1}; F_{c,wc,Rd,2}) + F_{c,wc,stiff,Rd} = \min(1014; 1014) + 1645 = 2659 \text{ kN}$$

**Nośność pasa i środnika belki w strefie ściskania:**

Nośność na ścinanie:

$$A_v = \min(A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f, \eta h_w t_w)$$

$$A_v = \min(17668 - 2 \cdot 300 \cdot 14.2 + (12.0 + 2 \cdot 0.000)14.2, 1.20 \cdot 968 \cdot 12.0) = 13947 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{13947 (0.235 \cdot \sqrt{3})}{1.000} = 1892 \text{ kN}$$

Nośność na zginanie (przekrój belki klasy 2):

$$M_{y,c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{5557936 \cdot 0.235}{1.000} = 1306114 \text{ kNmm}$$

Pominięto wpływ ścinania na nośność przy zginaniu:

$$|V_{Ed}| = 128 \text{ kN} < 946 \text{ kN} = 0.5 \cdot V_{pl,Rd}$$

Nośność pasa i środnika belki w strefie ściskania:

$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / (h - t_{fb}) = 1306114 / (997 - 14.2) = 1255 \text{ kN}$$

**Nośność środnika belki przy poprzecznym ściskaniu:**

Szerokość efektywna łożyska belki przy ściskaniu:

$$b_{eff, c, wb} = t_{fb} / \sin(\gamma) + 5(t_{fb} + s) = 15.0 / \sin(12.1) + 5(15.0 + 0.000) = 146 \text{ mm}$$

Ze względu usztywnienie łożyska belki obustronnymi żebrami, nie istnieje konieczność obliczania współczynnika redukcyjnego zewzględu na wyobczenie miejscowe

Maksymalne ściskające naprężenia normalne w części płaskiej łożyska belki:

$$\sigma_{com, b, Ed} = 0.000 \text{ MPa}$$

$$0,7 f_{y, wb} = 0,7 \cdot 235 = 164 \text{ MPa}$$

Współczynnik redukcyjny:

$$\sigma_{com, b, Ed} \leq 0,7 f_{y, wb} \Rightarrow k_{wb} = 1$$

Współczynnik redukcyjny ze względu na interakcję ze ścinaniem:

$$\beta = 1.000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3(b_{eff, c, wb} t_{wb} / A_{vb})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 1,3(146 \cdot 12.0 / 7488)^2}} = 0.966$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0.966$$

Nośności nieuzębrowanego łożyska belki przy poprzecznym ściskaniu:

$$F_{c, wb, Rd, 1} = \frac{\omega k_{wb} b_{eff, c, wb} t_{wb} f_{y, wb}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.966 \cdot 1.000 \cdot 146 \cdot 12.0 \cdot 0.235}{1.000} = 399 \text{ kN}$$

$$F_{c, wb, Rd, 2} = \frac{\omega k_{wb} \rho b_{eff, c, wb} t_{wb} f_{y, wb}}{\gamma_{M1}} = \frac{0.966 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 146 \cdot 12.0 \cdot 0.235}{1.000} = 399 \text{ kN}$$

Przyrost obliczeniowej nośności ze względu na żebra poprzeczne belki:

$$F_{c, wb, stiff, Rd} = \frac{A_s f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{2 \cdot 140 \cdot 25.0 \cdot 0.235}{1.000} = 1645 \text{ kN}$$

Nie uwzględniono wpływu smukłości żeber (ich miejscowej utraty stateczności) na nośność łożyska belki przy poprzecznym ściskaniu.

Nośność łożyska belki przy poprzecznym ściskaniu:

$$F_{c, wb, Rd} = \min(F_{c, wb, Rd, 1}; F_{c, wb, Rd, 2}) + F_{c, wb, stiff, Rd} = \min(399; 399) + 1645 = 2044 \text{ kN}$$

**Nośność łożyska belki ze skosem przy poprzecznym ściskaniu:**

$$F_{c, hb, Rd} = \frac{F_{c, wb, Rd}}{\tan(\alpha)} = \frac{2044}{\tan(12.1)} = 9541 \text{ kN}$$

**Nośność panelu łożyska słupa przy ścinaniu:**

Obliczeniowa nośność plastyczna na zginanie pasa słupa:

$$M_{pl, fc, Rd} = 0.25 b_{fc} t_{fc}^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 300 \cdot 26.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 11914 \text{ kNmm}$$

Obliczeniowa nośność plastyczna na zginanie żebra:

$$M_{pl, st, Rd} = 0.25 b_s t_s^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 140 \cdot 25.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 10281 \text{ kNmm}$$

Obliczeniowa nośność żeber przy ścinaniu panelu łożyska słupa:

$$V_{wp, add, Rd} = \min\left(\frac{4 M_{pl, fc, Rd}}{d_s}; \frac{2 M_{pl, fc, Rd} + 2 M_{pl, st, Rd}}{d_s}\right)$$

$$V_{wp, add, Rd} = \min\left(\frac{4 \cdot 11914}{982}; \frac{2 \cdot 11914 + 2 \cdot 10281}{982}\right) = \min(48.5; 45.2) = 45.2 \text{ kN}$$

Obliczeniowa nośność przy ścinaniu panelu łożyska słupa:

$$V_{wp, Rd} = \frac{0.9 f_{y, wc} A_{vc}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} + V_{wp, Rd, add} = \frac{0.9 \cdot 0.235 \cdot 7.98}{\sqrt{3} \cdot 1.000} + 45.2 = 1019 \text{ kN}$$

**Nośność blachy czołowej:**

Nośność śruby na rozciąganie:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0.900 \cdot 0.800 \cdot 561}{1.25} = 323 \text{ kN}$$

Nośność śruby na przeciągnięcie trzpienia:

$$B_{p,Rd} = 0.6 \pi d_m t_p f_{up} / \gamma_{M2} = 0.6 \cdot \pi \cdot 47.9 \cdot 30.0 \cdot 0.360 / 1.25 = 780 \text{ kN}$$

Nośność śruby na rozciąganie z uwzględnieniem ścinania:

$$F_{t,v,Rd} = \min \left( 1.4 \left( 1 - \frac{|F_{v,Ed}|}{F_{v,Rd}} \right), F_{t,Rd} \right) = \min \left( 1.4 \left( 1 - \frac{|-21.4|}{271} \right), 323 \right) = 323 \text{ kN}$$

Śruby rozpatrywane indywidualnie:

Szereg numer: 1

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 389) = 389 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 389 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 389 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 20590 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 389 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 20590 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 20590 / 69.9 = 1177 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 20590 + 65.0 \cdot 2.00 \cdot 323}{69.9+65.0} = 616 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2.00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(1177, 616, 646) = 616 \text{ kN}$$

Szereg numer: 2

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 361) = 361 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 361 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 361 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19090 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 361 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19090 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 19090 / 69.9 = 1091 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 19090 + 65.0 \cdot 2.00 \cdot 323}{69.9+65.0} = 594 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2.00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(1091, 594, 646) = 594 \text{ kN}$$

Szereg numer: 3

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 375) = 375 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 375 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 3:

$$M_{pl,1,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 375 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19858 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0.25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0.25 \cdot 375 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19858 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 19858 / 69.9 = 1135 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 19858 + 65.0 \cdot 2.00 \cdot 323}{69.9 + 65.0} = 605 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2.00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(1135, 605, 646) = 605 \text{ kN}$$

Szeregi śrub 1, 2 rozpatrywane indywidualnie:

Długości efektywne szeregu 1:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 389) = 389 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 389 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 389 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 20590 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 389 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 20590 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 20590 / 69.9 = 1177 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 20590 + 65.0 \cdot 2.00 \cdot 323}{69.9 + 65.0} = 616 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2.00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(1177, 616, 646) = 616 \text{ kN}$$

Długości efektywne szeregu 2:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 361) = 361 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 361 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 361 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19090 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 361 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 19090 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 19090 / 69.9 = 1091 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 19090 + 65.0 \cdot 2.00 \cdot 323}{69.9 + 65.0} = 594 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2.00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(1091, 594, 646) = 594 \text{ kN}$$

Szeregi śrub jako część grupy szeregów śrub (grupa: 1+2):

Długości efektywne szeregu 1:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(319, 258) = 258 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 258 \text{ mm}$$

Długości efektywne szeregu 2:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(319, 230) = 230 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 230 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1+2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 489 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 25878 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 489 \cdot 30.0^2 \cdot 0.235 / 1.000 = 25878 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 25878 / 69.9 = 1479 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 25878 + 65.0 \cdot 4.00 \cdot 323}{69.9 + 65.0} = 1006 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4.00 \cdot 323 = 1292 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(1479, 1006, 1292) = 1006 \text{ kN}$$

Szereg śrub 3 rozpatrywany indywidualnie:

Długości efektywne szeregu 3:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(439, 375) = 375 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 375 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 3:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 375 \cdot 30,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 19858 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 375 \cdot 30,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 19858 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 19858 / 69,9 = 1135 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 19858 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{69,9 + 65,0} = 605 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(1135, 605, 646) = 605 \text{ kN}$$

**Nośność środnika belki w strefie rozciągania:**

Króciec teowy 1:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 389 \cdot 12,0 \cdot 0,235 \cdot 1,000 = 1098 \text{ kN}$$

Króciec teowy 2:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 361 \cdot 12,0 \cdot 0,235 \cdot 1,000 = 1018 \text{ kN}$$

Króciec teowy 1+2:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 489 \cdot 12,0 \cdot 0,235 \cdot 1,000 = 1380 \text{ kN}$$

Króciec teowy 3:

$$F_{t,wb,Rd} = b_{eff,t,wb} t_{wb} f_{y,wb} / \gamma_{M0} = 375 \cdot 12,0 \cdot 0,235 \cdot 1,000 = 1059 \text{ kN}$$

**Nośność zginanego pasa słupa:**

Śruby rozpatrywane indywidualnie:

Szereg numer: 1

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 338) = 338 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 338 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 338 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 13431 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 338 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 13431 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 13431 / 56,4 = 952 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 13431 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 567 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(952, 567, 646) = 567 \text{ kN}$$

Szereg numer: 2

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 306) = 306 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 306 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 306 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12186 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 306 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12186 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 12186 / 56,4 = 864 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 12186 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 546 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(864, 546, 646) = 546 \text{ kN}$$

Szereg numer: 3

Długości efektywne śrub:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 314) = 314 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 314 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 3:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 314 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12482 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 314 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12482 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 12482 / 56,4 = 885 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 12482 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 551 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(885, 551, 646) = 551 \text{ kN}$$

Szeregi śrub 1, 2 rozpatrywane indywidualnie:

Długości efektywne szeregu 1:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 338) = 338 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 338 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 338 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 13431 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 338 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 13431 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 13431 / 56,4 = 952 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 13431 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 567 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd}, F_{T,2,Rd}, F_{T,3,Rd}) = \min(952, 567, 646) = 567 \text{ kN}$$

Długości efektywne szeregu 2:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 306) = 306 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 306 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 306 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12186 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 306 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12186 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 12186 / 56,4 = 864 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 12186 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 546 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$



$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(864, 546, 646) = 546 \text{ kN}$$

Szeregi śrub jako część grupy szeregów śrub (grupa: 1+2):

Długości efektywne szeregu 1:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(277, 234) = 234 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 234 \text{ mm}$$

Długości efektywne szeregu 2:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(277, 203) = 203 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 203 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 1+2:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 438 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 17402 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 438 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 17402 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 17402 / 56,4 = 1234 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 17402 + 65,0 \cdot 4,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 978 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 4,00 \cdot 323 = 1292 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(1234, 978, 1292) = 978 \text{ kN}$$

Szereg śrub 3 rozpatrywany indywidualnie:

Długości efektywne szeregu 3:

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}, l_{eff,nc}) = \min(354, 314) = 314 \text{ mm}$$

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 314 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność półki króćca teowego 3:

$$M_{pl,1,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,1} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 314 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12482 \text{ kNmm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = 0,25 \Sigma l_{eff,2} t_p^2 f_y / \gamma_{M0} = 0,25 \cdot 314 \cdot 26,0^2 \cdot 0,235 / 1,000 = 12482 \text{ kNmm}$$

$$F_{T,1,Rd} = 4 M_{pl,1,Rd} / m = 4 \cdot 12482 / 56,4 = 885 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 M_{pl,2,Rd} + n \Sigma F_{t,Rd}}{m+n} = \frac{2 \cdot 12482 + 65,0 \cdot 2,00 \cdot 323}{56,4 + 65,0} = 551 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2,00 \cdot 323 = 646 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \min(F_{T,1,Rd} F_{T,2,Rd} F_{T,3,Rd}) = \min(885, 551, 646) = 551 \text{ kN}$$

**Nośność środnika słupa przy poprzecznym rozciąganiu:**

Króciec teowy 1:

Szerokość efektywna środnika słupa przy rozciąganiu:

$$b_{eff,t,wc} = 338 \text{ mm}$$

$$\beta = 1,000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(b_{eff,t,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(338 \cdot 14,0 / 7,98)^2}} = 0,828$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0,828$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0,828 \cdot 338 \cdot 14,0 \cdot 0,235}{1,000} = 921 \text{ kN}$$

Króciec teowy 2:

Szerokość efektywna środnika słupa przy rozciąganiu:

$$b_{eff,t,wc} = 306 \text{ mm}$$

$$\beta = 1.000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(b_{eff,t,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(306 \cdot 14.0 / 7.98)^2}} = 0.852$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0.852$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.852 \cdot 306 \cdot 14.0 \cdot 0.235}{1.000} = 860 \text{ kN}$$

Króciec teowy 1+2:

Szerokość efektywna środka słupa przy rozciąganiu:

$$b_{eff,t,wc} = 438 \text{ mm}$$

$$\beta = 1.000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(b_{eff,t,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(438 \cdot 14.0 / 7.98)^2}} = 0.752$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0.752$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.752 \cdot 438 \cdot 14.0 \cdot 0.235}{1.000} = 1083 \text{ kN}$$

Króciec teowy 3:

Szerokość efektywna środka słupa przy rozciąganiu:

$$b_{eff,t,wc} = 314 \text{ mm}$$

$$\beta = 1.000$$

$$\omega_1 = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(b_{eff,t,wc} t_{wc} / A_{vc})^2}} = \frac{1}{\sqrt{1+1,3(314 \cdot 14.0 / 7.98)^2}} = 0.847$$

$$\beta = 1,0 \Rightarrow \omega = \omega_1 = 0.847$$

$$F_{t,wc,Rd} = \frac{\omega b_{eff,t,wc} t_{wc} f_{y,wc}}{\gamma_{M0}} = \frac{0.847 \cdot 314 \cdot 14.0 \cdot 0.235}{1.000} = 875 \text{ kN}$$

**Nośności całkowite poszczególnych szeregów śrub:**

Szereg 1:

$$F_{t,1,Rd} = \min \left\{ \begin{array}{l} F_{c,fb,Rd} = 1255.7 \\ V_{\phi,Rd} / \beta = 1019.3 \\ F_{c,wc,Rd} = 2659.6 \\ F_{c,hb,Rd} = 9541.2 \\ F_{t,1,fc,Rd} = 567.3 \\ F_{t,1,ep,Rd} = 616.4 \\ F_{t,1,wc,Rd} = 921.5 \\ F_{t,1,wb,Rd} = 1098.1 \end{array} \right\} = 567.3 \text{ kN}$$

Szereg 2:

$$F_{t,2,Rd} = \min \left( \begin{array}{l} F_{c,fb,Rd} - F_{1,t,Rd} = 1255.7 - 567.3 = 688.4 \\ V_{\varnothing,Rd} / \beta - F_{1,t,Rd} = 1019.3 - 567.3 = 452.0 \\ F_{c,wc,Rd} - F_{1,t,Rd} = 2659.6 - 567.3 = 2092.3 \\ F_{c,hb,Rd} - F_{1,t,Rd} = 9541.2 - 567.3 = 8973.9 \\ F_{t,2,fc,Rd} = 546.8 \\ F_{t,2,ep,Rd} = 594.2 \\ F_{t,2,wc,Rd} = 860.3 \\ F_{t,2,wb,Rd} = 1018.2 \\ F_{t,1+2,fc,Rd} - F_{1,t,Rd} = 978.8 - 567.3 = 411.5 \\ F_{t,1+2,ep,Rd} - F_{1,t,Rd} = 1006.1 - 567.3 = 438.8 \\ F_{t,1+2,wc,Rd} - F_{1,t,Rd} = 1084.0 - 567.3 = 516.7 \\ F_{t,1+2,wb,Rd} - F_{1,t,Rd} = 1380.2 - 567.3 = 812.9 \end{array} \right) = 411.5 \text{ kN}$$

Szereg 3:

$$F_{t,3,Rd} = \min \left( \begin{array}{l} F_{c,fb,Rd} - (F_{1,t,Rd} + F_{2,t,Rd}) = 1255.7 - 978.8 = 277.0 \\ V_{\varnothing,Rd} / \beta - (F_{1,t,Rd} + F_{2,t,Rd}) = 1019.3 - 978.8 = 40.5 \\ F_{c,wc,Rd} - (F_{1,t,Rd} + F_{2,t,Rd}) = 2659.6 - 978.8 = 1680.8 \\ F_{c,hb,Rd} - (F_{1,t,Rd} + F_{2,t,Rd}) = 9541.2 - 978.8 = 8562.4 \\ F_{t,3,fc,Rd} = 551.7 \\ F_{t,3,ep,Rd} = 605.6 \\ F_{t,3,wc,Rd} = 875.3 \\ F_{t,3,wb,Rd} = 1059.1 \end{array} \right) = 40.5 \text{ kN}$$

Redukcja nośności szeregu:

$$F_{t,1,Rd} = 567.3 > 1.9 \cdot F_{t,3,Rd} = 40.5$$

$$F_{t,3,Rd} = \min(F_{t,3,Rd}; F_{t,1,Rd} h_3 / h_1) = \min(40.5; 567.3 \cdot 106.0 / 886.0) = 40.5 \text{ kN}$$

Nośności węzła na zginanie:

$$M_{j,Rd} = \sum_1^3 h_r F_{tr,Rd} = 0.8860 \cdot 567.3 + 0.7860 \cdot 411.5 + 0.1060 \cdot 40.5 = 830.3 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$M_{j,Ed} = 618.7 \text{ kNm} \leq 830.3 \text{ kNm} = M_{j,Rd}$$

Warunek nośności spełniony.

**Nośność spoin (25.2 %)**

Parametry spoin:

$$A_w = 173 \text{ cm}^2, A_{w,w} = 77.5 \text{ cm}^2, I_{w,y} = 575911 \text{ cm}^4$$

Naprężenia normalne:

$$\sigma = \frac{M_{Ed}}{I_{w,y}} z_p = \frac{61865}{575911} \cdot 49.9 = -5.76 \text{ kN/cm}^2$$

Naprężenia styczne prostopadłe do osi spoiny:

$$\tau_{\perp} = \sigma \cdot \cos(\theta) = -5.76 \cdot \cos(30.6) = -4.96 \text{ kN/cm}^2$$

Naprężenia normalne prostopadłe do osi spoiny:

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cdot \sin(\theta) = -5.76 \cdot \sin(30.6) = -2.93 \text{ kN/cm}^2$$

Naprężenia styczne równoległe do osi spoiny:

$$\tau_{\parallel} = V_{Ed} / A_{w,w} = -128 / 77.5 = 0.000 \text{ kN}$$

Warunki nośności spoin:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{-2.93^2 + 3(-4.96^2 + 0.000^2)} = 9.08 \text{ kN/cm}^2 \leq 36.0 \text{ kN/cm}^2 = \frac{36.0}{0.800 \cdot 1.25} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$$

**Warunek spełniony.**

$$|\sigma_{\perp}| = 2.93 \text{ kN/cm}^2 \leq 25.9 \text{ kN/cm}^2 = \frac{0.9 \cdot 36.0}{1.25} = \frac{0.9 f_u}{\gamma_{M2}}$$

**Warunek spełniony.**