

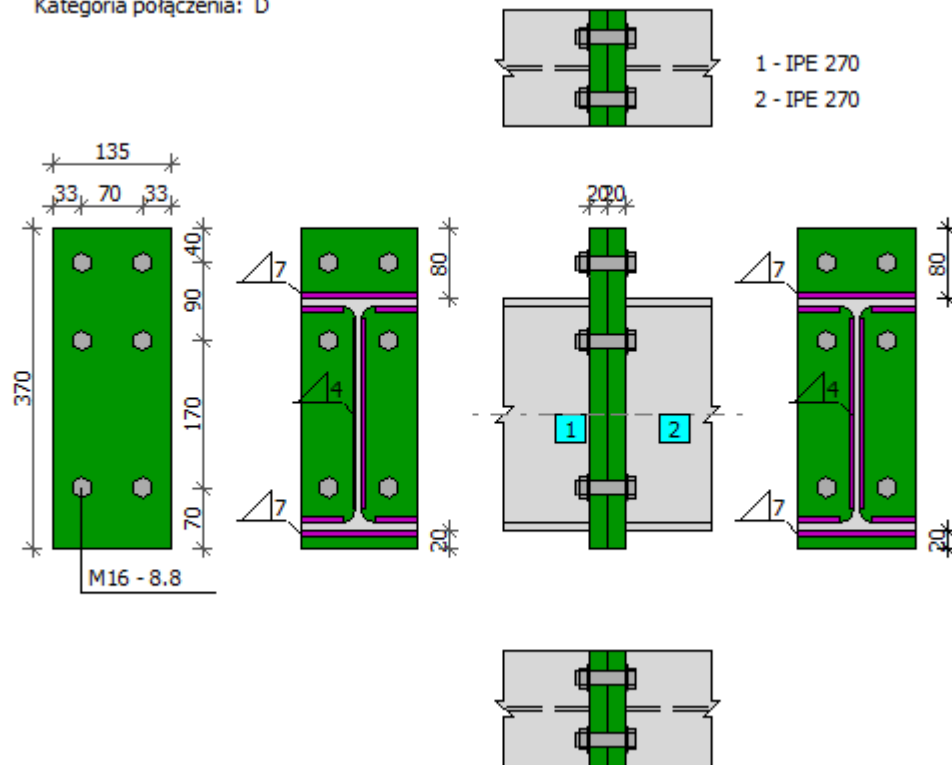
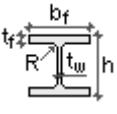


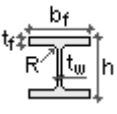
Biuro			
Inwestor			
Nazwa projektu			
Adres			
Projektował			
Sprawdził			
	Belka - belka (blacha czołowa)		Wyteżenie: 0.56
BeamsRigid v. 0.9.9.5	EN 1993-1-8:2006		

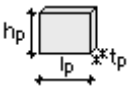
Kategoria połączenia: D



Dane

Lewa belka IPE 270					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	270.00[mm]	135.00[mm]	10.20[mm]	6.60[mm]	15.00[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	45.95[cm ²]	5791.07[cm ⁴]	419.88[cm ⁴]	67.50[mm]	135.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u		
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]		

Prawa belka IPE 270					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	270.00[mm]	135.00[mm]	10.20[mm]	6.60[mm]	15.00[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	45.95[cm ²]	5791.07[cm ⁴]	419.88[cm ⁴]	67.50[mm]	135.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u		
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]		

Blacha czołowa			
	l_p	h_p	t_p
	135.00[mm]	370.00[mm]	20.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]

Śruby łączące blachy czołowe

Klasa śruby	Klasa	8.8
Granica plastyczności	$f_{yb} =$	640.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{ub} =$	800.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	16.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	18.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	2.01 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	1.57 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	3.00
Odległość od krawędzi poziomej	$e_1 =$	40.00 [mm]
Rozstaw poziomy	$w_1 =$	70.00 [mm]
Liczba śrub w wierszach $m_1=2$; $m_2=2$; $m_3=2$		
Rozstawy pionowe wierszy $p_1=90.20$ [mm]; $p_2=169.60$ [mm]		

Spoiny

Strona lewa

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową $a_f = 7.00$ [mm]

Grubość spoin pachwinowych łączących środnik belki i blachę czołową $a_w = 4.00$ [mm]

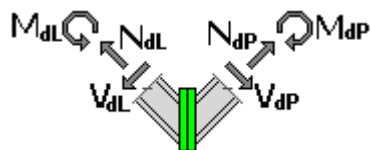
Strona prawa

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową $a_f = 7.00$ [mm]

Grubość spoin pachwinowych łączących środnik belki i blachę czołową $a_w = 4.00$ [mm]

Siły

$N_{b1,Ed} =$	0.00	[kN]
$V_{b1,Ed} =$	0.00	[kN]
$M_{b1,Ed} =$	50.00	[kNm]
$N_{b2,Ed} =$	0.00	[kN]
$V_{b2,Ed} =$	0.00	[kN]
$M_{b2,Ed} =$	50.00	[kNm]



Rezultaty

Strona lewa

Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Pas i środek belki w strefie ściskanej

Wskaźnik plastyczny przekroju

$$W_{pl} = 484.10 [cm^3]$$

Nośność przekroju belki na zginanie

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yb}) / \gamma_{M0} = (484.10 [cm^3] \cdot 235.00 [MPa]) / 1.00 = 113.76 [kNm]$$

Odległość pomiędzy polkami

$$h_f = 259.80 [mm]$$

Obliczeniowa nośność środnika słupa przy ściskaniu

$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / h_f = 113.76 [kNm] / 259.80 [mm] = 437.89 [kN]$$

Nośność  ruby na rozciąganie

$$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = (0.90 \cdot 800.00 [MPa] \cdot 1.57 [cm^2]) / 1.25 = 90.43 [kN]$$

Pole  cinanej cz ci  ruby

$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot \pi \cdot (16.00 [mm])^2 = 2.01 [cm^2]$$

Nośność  ruby na  cinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 800.00 [MPa] \cdot 2.01 [cm^2]) / 1.25 = 64.34 [kN]$$

Nośność na przeciąganie

$$B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{fc} \cdot f_{ub}) / \gamma_{M2} = (0.6 \cdot \pi \cdot 16.00 [mm] \cdot 20.00 \cdot 800.00 [MPa]) / 1.25 = 275.51 [kN]$$

Szereg  rub 1

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość  ruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{ep} = 32.50 [mm]$$

Odległość  ruby od środnika belki

$$m_{ep} = 0.5 \cdot (w - t_{wb} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00 [mm] - 6.60 [mm] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00 [mm]) = 27.17 [mm]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{min}; 1.25 \cdot m_{ep}) = \min(0.00 [mm]; 1.25 \cdot 27.17 [mm]) = 32.50 [mm]$$

Odległość  ruby od półki belki

$$m_x = e_{p1} - e_1 - 0.8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 80.00 [mm] - 40.00 [mm] - 0.8 \cdot 7.00 [mm] \cdot \sqrt{2} = 32.08 [mm]$$

Odległość  ruby od poziomej krawędzi zewnętrznej

$$e_x = e_1 = 40.00 [mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,cp,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 32.08 [mm] = 201.57 [mm]$$

$$l_{eff,cp,2} = \pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 32.08 [mm] + 70.00 [mm] = 170.78 [mm]$$

$$l_{eff,cp,3} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 32.08 [mm] + 2 \cdot 32.50 [mm] = 165.78 [mm]$$

$$l_{eff,cp} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,cp,3}) = \min(201.57 [mm]; 170.78 [mm]; 165.78 [mm]) = 165.78 [mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{\text{eff,nc},1} = 4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x = 4 \cdot 32.08[\text{mm}] + 1.25 \cdot 40.00[\text{mm}] = 178.32[\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff,nc},2} = e + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x = 32.50[\text{mm}] + 2 \cdot 32.08[\text{mm}] + 0.625 \cdot 40.00[\text{mm}] = 121.66[\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff,nc},3} = 0.5 \cdot b_p = 0.5 \cdot 135.00[\text{mm}] = 67.50[\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff,nc},4} = 0.5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x = 0.5 \cdot 70.00[\text{mm}] + 2 \cdot 32.08[\text{mm}] + 0.625 \cdot 40.00[\text{mm}] = 124.16[\text{mm}]$$

$$l_{\text{eff,nc}} = \min(l_{\text{eff,nc},1}; l_{\text{eff,nc},2}; l_{\text{eff,nc},3}; l_{\text{eff,nc},4}) = \min(178.32[\text{mm}]; 121.66[\text{mm}]; 67.50[\text{mm}]; 124.16[\text{mm}]) = 67.50[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff},1} = \min(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 67.50[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff,nc}} = 67.50[\text{mm}]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = (0.25 \cdot l_{\text{eff},1} \cdot t_p^2 \cdot f_{\text{yp}}) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 67.50[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^2 \cdot 235.00[\text{MPa}]) / 1.00 = 1.59[\text{kNm}]$$

Metoda 1

$$F_{\text{T},1,\text{Rd1}} = (4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}) / m_{\text{ep}} = 4 \cdot 1.59[\text{kNm}] / 27.17[\text{mm}] = 233.49[\text{kN}]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00[\text{mm}] = 7.50[\text{mm}]$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd2}} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}] / [2 \cdot m_{\text{ep}} \cdot n - e_w \cdot (m_{\text{ep}} + n)] = [(8 \cdot 32.50[\text{mm}] - 2 \cdot 7.50[\text{mm}] \cdot 1.59[\text{kNm}]) / (2 \cdot 27.17[\text{mm}] \cdot 32.50[\text{mm}] - 7.50[\text{mm}] \cdot (27.17[\text{mm}] + 32.50[\text{mm}]))] = 294.69[\text{kN}]$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd1}}; F_{\text{T},1,\text{Rd2}}) = (233.49[\text{kN}]; 294.69[\text{kN}]) = 233.49[\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = (0.25 \cdot l_{\text{eff},2} \cdot t_p^2 \cdot f_{\text{yp}}) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 67.50[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^2 \cdot 235.00[\text{MPa}]) / 1.00 = 1.59[\text{kNm}]$$

$$F_{\text{T},2,\text{Rd}} = (2 \cdot M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \cdot \Sigma F_{\text{t,Rd}}) / (m_{\text{ep}} + n) = (2 \cdot 1.59[\text{kNm}] + 32.50[\text{mm}] \cdot 2 \cdot 90.43[\text{kN}]) / (27.17[\text{mm}] + 32.50[\text{mm}]) = 151.67[\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma F_{\text{t,Rd}} = 2 \cdot 90.43[\text{kN}] = 180.86[\text{kN}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,ep,Rd(1)}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = (233.49[\text{kN}]; 151.67[\text{kN}]; 180.86[\text{kN}]) = 151.67[\text{kN}]$$

Nośność rzędu śrub 1

$$F_{\text{t,Rd(1)}} = \min[F_{\text{t,ep,Rd(1)}}] = \min[151.67[\text{kN}]] = 151.67[\text{kN}]$$

Szereg śrub 2

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{ep} = 32.50[mm]$$

Odległość śruby od środka belki

$$m_{ep} = 0.5 \cdot (w - t_{wb} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00[mm] - 6.60[mm] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00[mm]) = 27.17[mm]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{min}; 1.25 \cdot m_{ep}) = \min(0.00[mm]; 1.25 \cdot 27.17[mm]) = 32.50[mm]$$

$$\lambda_1 = m_{ep} / (m_{ep} + e_{ep}) = 27.17[mm] / (27.17[mm] + 32.50[mm]) = 0.46$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m_{ep} + e_{ep}) = 1.00[mm] / (27.17[mm] + 32.50[mm]) = 0.50$$

$$\alpha = 5.96$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m_{ep} = 2 \cdot \pi \cdot 27.17[mm] = 170.74[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m_{ep} = 5.96 \cdot 27.17[mm] = 161.98[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = 161.98[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 161.98[mm]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 161.98[mm] \cdot 20.00[mm]^2 \cdot 235.00[MPa]) / 1.00 = 3.81[kNm]$$

Metoda 1

$$F_{T,1,Rd1} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m_{ep} = 4 \cdot 3.81[kNm] / 27.17[mm] = 560.33[kN]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00[mm] = 7.50[mm]$$

$$F_{T,1,Rd2} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}] / [2 \cdot m_{ep} \cdot n - e_w \cdot (m_{ep} + n)] = [(8 \cdot 32.50[mm] - 2 \cdot 7.50[mm]) \cdot 3.81[kNm]] / [2 \cdot 27.17[mm] \cdot 32.50[mm] - 7.50[mm] \cdot (27.17[mm] + 32.50[mm])] = 707.19[kN]$$

$$F_{T,1,Rd} = \min(F_{T,1,Rd1}; F_{T,1,Rd2}) = (560.33[kN]; 707.19[kN]) = 560.33[kN]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 161.98[mm] \cdot 20.00[mm]^2 \cdot 235.00[MPa]) / 1.00 = 3.81[kNm]$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m_{ep} + n) = (2 \cdot 3.81[kNm] + 32.50[mm] \cdot 2 \cdot 90.43[kN]) / (27.17[mm] + 32.50[mm]) = 226.08[kN]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 90.43[kN] = 180.86[kN]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = (560.33[kN]; 226.08[kN]; 180.86[kN]) = 180.86[kN]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{\text{eff,t,wb}} = l_{\text{eff1(2)}} = 161.98[\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,wb,Rd(2)}} = (b_{\text{eff,t,wb}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot f_{\text{yb}}) / \gamma_{\text{M0}} = (161.98[\text{mm}] \cdot 6.60[\text{mm}] \cdot 235.00[\text{MPa}] / 1.00 = 251.24[\text{kN}]$$

Nośność rzędu śrub 2

$$F_{\text{T,Rd(2)}} = \min[F_{\text{t,ep,Rd(2)}}, F_{\text{t,wb,Rd(2)}}] = \min[180.86[\text{kN}]; 251.24[\text{kN}]] = 180.86[\text{kN}]$$

Szereg śrub 3

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{\text{ep}} = 32.50[\text{mm}]$$

Odległość śruby od środka belki

$$m_{\text{ep}} = 0.5 \cdot (w - t_{\text{wb}} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00[\text{mm}] - 6.60[\text{mm}] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00[\text{mm}]) = 27.17[\text{mm}]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{\text{min}}; 1.25 \cdot m_{\text{ep}}) = \min(0.00[\text{mm}]; 1.25 \cdot 27.17[\text{mm}]) = 32.50[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 \cdot \pi \cdot m_{\text{ep}} = 2 \cdot \pi \cdot 27.17[\text{mm}] = 170.74[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 27.17[\text{mm}] + 1.25 \cdot 32.50[\text{mm}] = 149.32[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff,1}} = \min(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 149.32[\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 149.32[\text{mm}]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = (0.25 \cdot l_{\text{eff,1}} \cdot t_p^2 \cdot f_{\text{yp}}) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 149.32[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^2 \cdot 235.00[\text{MPa}] / 1.00 = 3.51[\text{kNm}]$$

Metoda 1

$$F_{\text{T,1,Rd1}} = (4 \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}) / m_{\text{ep}} = 4 \cdot 3.51[\text{kNm}] / 27.17[\text{mm}] = 516.53[\text{kN}]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00 [\text{mm}] = 7.50 [\text{mm}]$$

$$F_{T,1,Rd2} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}] / [2 \cdot m_{ep} \cdot n - e_w \cdot (m_{ep} + n)] = [(8 \cdot 32.50 [\text{mm}] - 2 \cdot 7.50 [\text{mm}] \cdot 3.51 [\text{kNm}]) / [2 \cdot 27.17 [\text{mm}] \cdot 32.50 [\text{mm}] - 7.50 [\text{mm}] \cdot (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}])] = 651.91 [\text{kN}]$$

$$F_{T,1,Rd} = \min(F_{T,1,Rd1}; F_{T,1,Rd2}) = (516.53 [\text{kN}]; 651.91 [\text{kN}]) = 516.53 [\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 149.32 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 3.51 [\text{kNm}]$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m_{ep} + n) = (2 \cdot 3.51 [\text{kNm}] + 32.50 [\text{mm}] \cdot 2 \cdot 90.43 [\text{kN}]) / (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}]) = 216.11 [\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 90.43 [\text{kN}] = 180.86 [\text{kN}]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = (516.53 [\text{kN}]; 216.11 [\text{kN}]; 180.86 [\text{kN}]) = 180.86 [\text{kN}]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{eff,t,wb} = I_{eff1(3)} = 149.32 [\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,wb,Rd(3)} = (b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{yb}) / \gamma_{M0} = (149.32 [\text{mm}] \cdot 6.60 [\text{mm}] \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 231.60 [\text{kN}]$$

Blacha czołowa zginana

Wiersz 2+3 traktowany jako grupa

Mechanizmy kołowe

Szereg śrub 2

$$I_{eff,cp(2,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 27.17 [\text{mm}] + 169.60 [\text{mm}] = 254.97 [\text{mm}]$$

Szereg śrub 3

$$I_{eff,cp(3,g)} = 2 \cdot p = 2 \cdot 169.60 [\text{mm}] = 339.20 [\text{mm}]$$

$$\Sigma I_{eff(2+3)} = I_{eff,cp(2,g)} + I_{eff,cp(3,g)} = 254.97 [\text{mm}] + 339.20 [\text{mm}] = 594.17 [\text{mm}]$$

Mechanizmy niekołowe

Szereg śrub 2

$$I_{eff,nc(2,g)} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 0.5 \cdot 169.60 [\text{mm}] + 5.96 \cdot 27.17 [\text{mm}] - (2 \cdot 27.17 [\text{mm}] + 0.625 \cdot 32.50 [\text{mm}]) = 172.12 [\text{mm}]$$

Szereg śrub 3

$$I_{eff,nc(3,g)} = p = 169.60 [\text{mm}]$$

$$\Sigma I_{eff,nc(2+3)} = I_{eff,nc(2,g)} + I_{eff,nc(3,g)} = 172.12 [\text{mm}] + 169.60 [\text{mm}] = 341.72 [\text{mm}]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenie

$$\Sigma l_{\text{eff},1(2+3)} = \Sigma l_{\text{eff,cp}(2+3)} = 341.72[\text{mm}]$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},1(2+3)} \cdot t_{\text{fc}}^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 594.17[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^2 \cdot 235.00[\text{MPa}]) / 1.00 = 13.96[\text{kNm}]$$

Metoda 1

$$F_{\text{T},1,\text{Rd1}} = (4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}) / m = 4 \cdot 13.96[\text{kNm}] / 27.17[\text{mm}] = 2055.31[\text{kN}]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

$$F_{\text{T},1,\text{Rd2}} = [(8 \cdot n \cdot 2 \cdot e_w) \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}] / [2 \cdot m \cdot n \cdot e_w \cdot (m+n)] = [(8 \cdot 32.50[\text{mm}] \cdot 2 \cdot 7.50[\text{mm}]) \cdot 13.96[\text{kNm}]] / [2 \cdot 27.17[\text{mm}] \cdot 32.50[\text{mm}] \cdot 7.50[\text{mm}] \cdot (27.17[\text{mm}] + 32.50[\text{mm}])] = 2594.01[\text{kN}]$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd1}}; F_{\text{T},1,\text{Rd2}}) = (2055.31[\text{kN}]; 2594.01[\text{kN}]) = 361.73[\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenie

$$\Sigma l_{\text{eff},2(2+3)} = \Sigma l_{\text{eff,cp}(2+3)} = 341.72[\text{mm}]$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},2(2+3)} \cdot t_{\text{f}}^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 341.72[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^2 \cdot 235.00[\text{MPa}]) / 1.00 = 13.96[\text{kNm}]$$

$$F_{\text{T},2,\text{Rd}} = (2 \cdot M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \cdot \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}}) / (m+n) = (2 \cdot 13.96[\text{kNm}] + 32.50[\text{mm}] \cdot 90.43[\text{kN}]) / (27.17[\text{mm}] + 32.50[\text{mm}]) = 633.10[\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}} = 4 \cdot 90.43[\text{kN}] = 1224.91[\text{kN}]$$

Nośność grupy

$$F_{\text{t,ep}(2+3)} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = (361.73[\text{kN}]; 633.10[\text{kN}]; 1224.91[\text{kN}]) = 361.73[\text{kN}]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{\text{eff,t,wb}} = \Sigma l_{\text{eff}1(3)} = 594.17[\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,wb,Rd}(3)} = (b_{\text{eff,t,wb}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot f_{\text{yb}}) / \gamma_{\text{M0}} = (594.17[\text{mm}] \cdot 6.60[\text{mm}] \cdot 235.00[\text{MPa}]) / 1.00 = 921.56[\text{kN}]$$

Nośność rzędu śrub 3

$$F_{\text{t,ep,Rd}(3)}; F_{\text{t,wb,Rd}(3)} \quad 180.86[\text{kN}]; 231.60[\text{kN}]$$

$$F_{\text{t,Rd}(3)} = \min[; F_{\text{t,ep,Rd}(2+3)}; F_{\text{t,wb,Rd}(2+3)}] = \min[; 361.73[\text{kN}]; 921.56[\text{kN}]] = 105.36[\text{kN}]$$

Nośność na zginanie

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d = 50.00[\text{kNm}]$$

$$M_{\text{Rd}} = F_{\text{t,Rd}(1)} \cdot h_1 + F_{\text{t,Rd}(2)} \cdot h_2 + F_{\text{t,Rd}(3)} \cdot h_3 = 151.67[\text{kN}] \cdot 304.90[\text{mm}] + 180.86[\text{kN}] \cdot 214.70[\text{mm}] + 105.36[\text{kN}] \cdot 45.10[\text{mm}] = 89.83[\text{kNm}]$$

$$|M_{\text{Ed}}| / M_{\text{Rd}} \leq 1$$

$$0.56 < 1.00$$

$$0.56$$



Spoiny pachwinowe łączące belkę i blachę czołową

Siły w spoinach

Siła podłużna

$$N_0 = N_{b2,Ed} \cdot \cos(\alpha_1) + V_{b2,Ed} \cdot \sin(\alpha_1) = 0.00[kN] \cdot \cos(0.00[Deg]) + 0.00[kN] \cdot \sin(0.00[Deg]) = 0.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = -N_{b2,Ed} \cdot \sin(\alpha_1) + V_{b2,Ed} \cdot \cos(\alpha_1) = -(0.00[kN]) \cdot \sin(0.00[Deg]) + 0.00[kN] \cdot \cos(0.00[Deg]) = 0.00[kN]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_{b2,Ed} = 50.00[kNm]$$

Charakterystyki geometryczne układu spoin

Pole spoin poziomych na półce górnej

$$A_{wfu} = 2 \cdot [b_{effu} + (b_{effu} - t_{wb} - 2 \cdot r_b)] \cdot a_f = 2 \cdot [135.00[mm] + (135.00[mm] - 6.60[mm] - 2 \cdot 15.00[mm])] \cdot 7.00[mm] = 16.34[cm^2]$$

Pole spoin poziomych na półce dolnej

$$A_{wfl} = 2 \cdot [b_{effl} + (b_{effl} - t_{wb} - 2 \cdot r_b)] \cdot a_f = 2 \cdot [135.00[mm] + (135.00[mm] - 6.60[mm] - 2 \cdot 15.00[mm])] \cdot 7.00[mm] = 16.34[cm^2]$$

Pole spoin poziomych

$$A_{wf} = A_{wfu} + A_{wfl} = 16.34[cm^2] + 16.34[cm^2] = 32.68[cm^2]$$

Pole spoin pionowych

$$A_{ww} = 2 \cdot [(h_b - 2 \cdot (t_{fb} - r_b)) / \cos(\alpha)] \cdot a_w = 2 \cdot [(270.00[mm] - 2 \cdot (10.20[mm] - 15.00[mm])) / \cos(0.00[Deg])] \cdot 4.00[mm] = 17.57[cm^2]$$

Pole wszystkich spoin

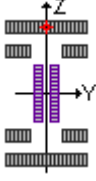
$$A_w = A_{wfu} + A_{wfl} + A_{ww} = 16.34[cm^2] + 16.34[cm^2] + 17.57[cm^2] = 50.24[cm^2]$$

Przesunięcie środka ciężkości układu spoin względem środka ciężkości belki

$$e_{ow} = 0.00[mm]$$

Moment bezwładności układu spoin

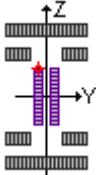
$$I_w = 6359.74[cm^4]$$

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = 138.50[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 459.19[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0 / A_w = 0.00[kN] / 50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0 / W_w = 50.00[kNm] / 459.19[cm^3] = 108.89[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 108.89[MPa] = 108.89[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 108.89[MPa] / \sqrt{2} = 77.00[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma / \sqrt{2} = 108.89[MPa] / \sqrt{2} = 77.00[MPa]$	

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 77.00[MPa] < 259.20[MPa]$	0.21	✓
$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$153.99[MPa] < 288.00[MPa]$	0.53	✓

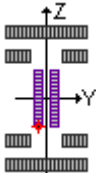
Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = 109.80[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 579.21[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/579.21[cm^3] = 86.32[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 86.32[MPa] = 86.32[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne równoległe	
$\tau_{\parallel} = V_0/A_{ww} = 0.00[kN]/17.57[cm^2] = 0.00[MPa]$	

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 61.04[MPa] < 259.20[MPa]$	0.17	✓
---	------------------------------	-------------	---

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$122.08[MPa] < 288.00[MPa]$	0.42	✓
---	-----------------------------	-------------	---

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = -109.80[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 579.21[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/579.21[cm^3] = 86.32[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 86.32[MPa] = 86.32[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne równoległe	
$\tau_{\parallel} = V_0/A_{ww} = 0.00[kN]/17.57[cm^2] = 0.00[MPa]$	

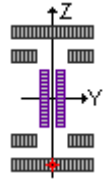
Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 61.04[MPa] < 259.20[MPa]$	0.17	✓
---	------------------------------	-------------	---

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$122.08[MPa] < 288.00[MPa]$	0.42	✓
---	-----------------------------	-------------	---

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = -138.50[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 459.19[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/459.19[cm^3] = 108.89[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 108.89[MPa] = 108.89[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	



Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 77.00[MPa] < 259.20[MPa]$	0.21	<input checked="" type="checkbox"/>
---	------------------------------	-------------	-------------------------------------

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp})^2]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$153.99[MPa] < 288.00[MPa]$	0.53	<input checked="" type="checkbox"/>
---	-----------------------------	-------------	-------------------------------------

Sztywność obrotowa węzła

Baza wydłużalności śruby

$$L_b = t_p + 0.5 \cdot (m+k) + t_{wa} = 20.00[mm] + 0.5 \cdot (15.90[mm] + 10.00[mm]) + 3.00[mm] = 58.95[mm]$$

$$k_{10} = (3.2 \cdot A_s) / L_b = (3.2 \cdot 1.57[cm^2]) / 58.95[mm] = 4.26[mm]$$

Szereg śrub 1

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,1} = (0.9 \cdot I_{eff} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 67.50[mm] \cdot 20.00[mm]^3) / 32.08[mm]^3 = 0.00[mm]$$

$$k_{eff,1} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[mm] + 1/24.22[mm] + 1/4.26[mm]) = 3.62[mm]$$

Szereg śrub 2

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,2} = (0.9 \cdot I_{eff} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 161.98[mm] \cdot 20.00[mm]^3) / 0.00[mm]^3 = 0.00[mm]$$

$$k_{eff,2} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[mm] + 1/58.12[mm] + 1/4.26[mm]) = 3.97[mm]$$

Szereg śrub 3

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,3} = (0.9 \cdot I_{eff} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 149.32[mm] \cdot 20.00[mm]^3) / 0.00[mm]^3 = 0.00[mm]$$

$$k_{eff,3} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[mm] + 1/53.58[mm] + 1/4.26[mm]) = 3.95[mm]$$

Zastępcze ramię sił wewnętrznych

$$Z_{eq} = [k_{eff,1} \cdot h_1^2 + k_{eff,2} \cdot h_2^2 + k_{eff,3} \cdot h_3^2] / [k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2 + k_{eff,3} \cdot h_3] = [3.62[mm]^2 \cdot 304.90[mm]^2 + 3.97[mm]^2 \cdot 214.70[mm]^2 + 3.95[mm]^2 \cdot 45.10[mm]^2] / [3.62[mm] \cdot 304.90[mm] + 3.97[mm] \cdot 214.70[mm] + 3.95[mm] \cdot 45.10[mm]] = 247.23[mm]$$

Zastępczy współczynnik sztywności grupy szeregów śrub

$$k_{eq} = [k_{eff,1} \cdot h_1 + k_{eff,2} \cdot h_2 + k_{eff,3} \cdot h_3] / Z_{eq} =$$

$$[3.62[mm]*304.90[mm]+3.97[mm]*214.70[mm]+3.95[mm]*45.10[mm]]/247.23[mm] = 8.64[mm]$$

Początkowa sztywność obrotowa wężła

$$S_{j,ini} = E \cdot z_{eq}^2 / (1/k_{eq}) = (210000000.00[MPa] \cdot (247.23[mm])^2) / (1/8.64[mm]) = 110860555.77[kNm]$$

Sztywność obrotowa dla wężła przegubowego

$$S_{j,pin} = (0.5 \cdot E \cdot I_{yb}) / L_b = (0.5 \cdot 210000000.00[MPa] \cdot 5791.07[cm^4]) / 4000.00[mm] = 1520154.86[kNm]$$

Sztywność obrotowa dla wężła sztywnego

$$S_{j,rig} = (k_b \cdot E \cdot I_{yb}) / L_b = (25.00 \cdot 210000000.00[MPa] \cdot 5791.07[cm^4]) / 4000.00[mm] = 76007743.14[kNm]$$

Klasyfikacja wężła

Sztywny

Strona prawa

Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Pas i środek belki w strefie ściskanej

Wskaźnik plastyczny przekroju

$$W_{pl} = 484.10[cm^3]$$

Nośność przekroju belki na zginanie

$$M_{c,Rd} = (W_{pl} \cdot f_{yb}) / \gamma_{M0} = (484.10[cm^3] \cdot 235.00[MPa]) / 1.00 = 113.76[kNm]$$

Odległość pomiędzy polkami

$$h_f = 259.80[mm]$$

Obliczeniowa nośność środka słupa przy ściskaniu

$$F_{c,fb,Rd} = M_{c,Rd} / h_f = 113.76[kNm] / 259.80[mm] = 437.89[kN]$$

Nośność śruby na rozciąganie

$$F_{t,Rd} = (k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s) / \gamma_{M2} = (0.90 \cdot 800.00[MPa] \cdot 1.57[cm^2]) / 1.25 = 90.43[kN]$$

Pole ścinanej części śruby

$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot \pi \cdot (16.00[mm])^2 = 2.01[cm^2]$$

Nośność śruby na ścinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 800.00[MPa] \cdot 2.01[cm^2]) / 1.25 = 64.34[kN]$$

Nośność na przeciąganie

$$B_{p,Rd} = (0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_{fc} \cdot f_{ub}) / \gamma_{M2} = (0.6 \cdot \pi \cdot 16.00[mm] \cdot 20.00 \cdot 800.00[MPa]) / 1.25 = 275.51[kN]$$

Szereg śrub 1

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{ep} = 32.50[mm]$$

Odległość śruby od środka belki

$$m_{ep} = 0.5 \cdot (w - t_{wb} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00[mm] - 6.60[mm] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00[mm]) = 27.17[mm]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{min}; 1.25 \cdot m_{ep}) = \min(0.00[mm]; 1.25 \cdot 27.17[mm]) = 32.50[mm]$$

Odległość śruby od półki belki

$$m_x = e_{p1} - e_1 - 0.8 \cdot a_f \cdot \sqrt{2} = 80.00[mm] - 40.00[mm] - 0.8 \cdot 7.00[mm] \cdot \sqrt{2} = 32.08[mm]$$

Odległość śruby od poziomej krawędzi zewnętrznej

$$e_x = e_1 = 40.00[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,cp,1} = 2 \cdot \pi \cdot m_x = 2 \cdot \pi \cdot 32.08[mm] = 201.57[mm]$$

$$l_{eff,cp,2} = \pi \cdot m_x + w = \pi \cdot 32.08[mm] + 70.00[mm] = 170.78[mm]$$

$$l_{eff,cp,3} = \pi \cdot m_x + 2 \cdot e = \pi \cdot 32.08[mm] + 2 \cdot 32.50[mm] = 165.78[mm]$$

$$l_{eff,cp} = \min(l_{eff,cp,1}; l_{eff,cp,2}; l_{eff,cp,3}) = \min(201.57[mm]; 170.78[mm]; 165.78[mm]) = 165.78[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,nc,1} = 4 \cdot m_x + 1.25 \cdot e_x = 4 \cdot 32.08[mm] + 1.25 \cdot 40.00[mm] = 178.32[mm]$$

$$l_{eff,nc,2} = e + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x = 32.50[mm] + 2 \cdot 32.08[mm] + 0.625 \cdot 40.00[mm] = 121.66[mm]$$

$$l_{eff,nc,3} = 0.5 \cdot b_p = 0.5 \cdot 135.00[mm] = 67.50[mm]$$

$$l_{eff,nc,4} = 0.5 \cdot w + 2 \cdot m_x + 0.625 \cdot e_x = 0.5 \cdot 70.00[mm] + 2 \cdot 32.08[mm] + 0.625 \cdot 40.00[mm] = 124.16[mm]$$

$$l_{eff,nc} = \min(l_{eff,nc,1}; l_{eff,nc,2}; l_{eff,nc,3}; l_{eff,nc,4}) = \min(178.32[mm]; 121.66[mm]; 67.50[mm]; 124.16[mm]) = 67.50[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = 67.50[mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 67.50[mm]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 67.50[mm] \cdot 20.00[mm]^2 \cdot 235.00[MPa]) / 1.00 = 1.59[kNm]$$

Metoda 1

$$F_{T,1,Rd1} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m_{ep} = 4 \cdot 1.59[kNm] / 27.17[mm] = 233.49[kN]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00[mm] = 7.50[mm]$$

$$F_{T,1,Rd2} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}] / [2 \cdot m_{ep} \cdot n - e_w \cdot (m_{ep} + n)] = [(8 \cdot 32.50[mm] - 2 \cdot 7.50[mm]) \cdot 1.59[kNm]] / [2 \cdot 27.17[mm] \cdot 32.50[mm] - 7.50[mm] \cdot (27.17[mm] + 32.50[mm])] = 294.69[kN]$$

$$F_{T,1,Rd} = \min(F_{T,1,Rd1}; F_{T,1,Rd2}) = (233.49[kN]; 294.69[kN]) = 233.49[kN]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot l_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 67.50[mm] \cdot 20.00[mm]^2 \cdot 235.00[MPa]) / 1.00 = 1.59[kNm]$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m_{ep} + n) = (2 \cdot 1.59[kNm] + 32.50[mm] \cdot 2 \cdot 90.43[kN]) / (27.17[mm] + 32.50[mm]) = 151.67[kN]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 90.43 [kN] = 180.86 [kN]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = (233.49 [kN]; 151.67 [kN]; 180.86 [kN]) = 151.67 [kN]$$

Nośność rzędu śrub 1

$$F_{t,Rd(1)} = \min[F_{t,ep,Rd(1)}] = \min[151.67 [kN]] = 151.67 [kN]$$

Szereg śrub 2

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{ep} = 32.50 [mm]$$

Odległość śruby od środka belki

$$m_{ep} = 0.5 \cdot (w - t_{wb} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00 [mm] - 6.60 [mm] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00 [mm]) = 27.17 [mm]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{min}; 1.25 \cdot m_{ep}) = \min(0.00 [mm]; 1.25 \cdot 27.17 [mm]) = 32.50 [mm]$$

$$\lambda_1 = m_{ep} / (m_{ep} + e_{ep}) = 27.17 [mm] / (27.17 [mm] + 32.50 [mm]) = 0.46$$

$$\lambda_2 = m_2 / (m_{ep} + e_{ep}) = 1.00 [mm] / (27.17 [mm] + 32.50 [mm]) = 0.50$$

$$\alpha = 5.96$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m_{ep} = 2 \cdot \pi \cdot 27.17 [mm] = 170.74 [mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,nc} = \alpha \cdot m_{ep} = 5.96 \cdot 27.17 [mm] = 161.98 [mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{eff,1} = \min(l_{eff,cp}; l_{eff,nc}) = 161.98 [mm]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{eff,2} = l_{eff,nc} = 161.98 [mm]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{pl,1,Rd} = (0.25 \cdot l_{eff,1} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 161.98 [mm] \cdot 20.00 [mm]^2 \cdot 235.00 [MPa]) / 1.00 = 3.81 [kNm]$$

Metoda 1

$$F_{T,1,Rd1} = (4 \cdot M_{pl,1,Rd}) / m_{ep} = 4 \cdot 3.81 [kNm] / 27.17 [mm] = 560.33 [kN]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00 [\text{mm}] = 7.50 [\text{mm}]$$

$$F_{T,1,Rd2} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{pl,1,Rd}] / [2 \cdot m_{ep} \cdot n - e_w \cdot (m_{ep} + n)] = [(8 \cdot 32.50 [\text{mm}] - 2 \cdot 7.50 [\text{mm}] \cdot 3.81 [\text{kNm}]) / [2 \cdot 27.17 [\text{mm}] \cdot 32.50 [\text{mm}] - 7.50 [\text{mm}] \cdot (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}])] = 707.19 [\text{kN}]$$

$$F_{T,1,Rd} = \min(F_{T,1,Rd1}; F_{T,1,Rd2}) = (560.33 [\text{kN}]; 707.19 [\text{kN}]) = 560.33 [\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{pl,2,Rd} = (0.25 \cdot I_{eff,2} \cdot t_p^2 \cdot f_{yp}) / \gamma_{M0} = (0.25 \cdot 161.98 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 3.81 [\text{kNm}]$$

$$F_{T,2,Rd} = (2 \cdot M_{pl,2,Rd} + n \cdot \Sigma F_{t,Rd}) / (m_{ep} + n) = (2 \cdot 3.81 [\text{kNm}] + 32.50 [\text{mm}] \cdot 2 \cdot 90.43 [\text{kN}]) / (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}]) = 226.08 [\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{T,3,Rd} = \Sigma F_{t,Rd} = 2 \cdot 90.43 [\text{kN}] = 180.86 [\text{kN}]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,ep,Rd(1)} = \min(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = (560.33 [\text{kN}]; 226.08 [\text{kN}]; 180.86 [\text{kN}]) = 180.86 [\text{kN}]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{eff,t,wb} = I_{eff1(2)} = 161.98 [\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{t,wb,Rd(2)} = (b_{eff,t,wb} \cdot t_{wb} \cdot f_{yb}) / \gamma_{M0} = (161.98 [\text{mm}] \cdot 6.60 [\text{mm}] \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 251.24 [\text{kN}]$$

Nośność rzędu śrub 2

$$F_{t,Rd(2)} = \min[F_{t,ep,Rd(2)}; F_{t,wb,Rd(2)}] = \min[180.86 [\text{kN}]; 251.24 [\text{kN}]] = 180.86 [\text{kN}]$$

Szereg śrub 3

Blacha czołowa zginana

Parametry geometryczne

Odległość śruby od krawędzi zewnętrznej

$$e_{ep} = 32.50 [\text{mm}]$$

Odległość śruby od środka belki

$$m_{ep} = 0.5 \cdot (w - t_{wb} - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot a_w) = 0.5 \cdot (70.00 [\text{mm}] - 6.60 [\text{mm}] - 0.8 \cdot \sqrt{2} \cdot 7.00 [\text{mm}]) = 27.17 [\text{mm}]$$

Parametr obliczeniowy n

$$n = \min(e_{min}; 1.25 \cdot m_{ep}) = \min(0.00 [\text{mm}]; 1.25 \cdot 27.17 [\text{mm}]) = 32.50 [\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w kołowym trybie zniszczenia

$$l_{eff,cp} = 2 \cdot \pi \cdot m_{ep} = 2 \cdot \pi \cdot 27.17 [\text{mm}] = 170.74 [\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby w niekołowym trybie zniszczenia

$$l_{\text{eff,nc}} = 4 \cdot m + 1.25 \cdot e = 4 \cdot 27.17 [\text{mm}] + 1.25 \cdot 32.50 [\text{mm}] = 149.32 [\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff,1}} = \min(l_{\text{eff,cp}}; l_{\text{eff,nc}}) = 149.32 [\text{mm}]$$

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenia

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 149.32 [\text{mm}]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = (0.25 \cdot l_{\text{eff,1}} \cdot t_p^2 \cdot f_{\text{yp}}) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 149.32 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 3.51 [\text{kNm}]$$

Metoda 1

$$F_{\text{T,1,Rd1}} = (4 \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}) / m_{\text{ep}} = 4 \cdot 3.51 [\text{kNm}] / 27.17 [\text{mm}] = 516.53 [\text{kN}]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

Parametr dla strefy docisku

$$e_w = 0.25 \cdot d_w = 0.25 \cdot 22.00 [\text{mm}] = 7.50 [\text{mm}]$$

$$F_{\text{T,1,Rd2}} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{\text{pl,1,Rd}}] / [2 \cdot m_{\text{ep}} \cdot n - e_w \cdot (m_{\text{ep}} + n)] = [(8 \cdot 32.50 [\text{mm}] - 2 \cdot 7.50 [\text{mm}] \cdot 3.51 [\text{kNm}]) / [2 \cdot 27.17 [\text{mm}] \cdot 32.50 [\text{mm}] - 7.50 [\text{mm}] \cdot (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}])] = 651.91 [\text{kN}]$$

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \min(F_{\text{T,1,Rd1}}; F_{\text{T,1,Rd2}}) = (516.53 [\text{kN}]; 651.91 [\text{kN}]) = 516.53 [\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = (0.25 \cdot l_{\text{eff,2}} \cdot t_p^2 \cdot f_{\text{yp}}) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 149.32 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 3.51 [\text{kNm}]$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = (2 \cdot M_{\text{pl,2,Rd}} + n \cdot \Sigma F_{\text{t,Rd}}) / (m_{\text{ep}} + n) = (2 \cdot 3.51 [\text{kNm}] + 32.50 [\text{mm}] \cdot 2 \cdot 90.43 [\text{kN}]) / (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}]) = 216.11 [\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{\text{T,3,Rd}} = \Sigma F_{\text{t,Rd}} = 2 \cdot 90.43 [\text{kN}] = 180.86 [\text{kN}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,ep,Rd(1)}} = \min(F_{\text{T,1,Rd}}; F_{\text{T,2,Rd}}; F_{\text{T,3,Rd}}) = (516.53 [\text{kN}]; 216.11 [\text{kN}]; 180.86 [\text{kN}]) = 180.86 [\text{kN}]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{\text{eff,t,wb}} = l_{\text{eff1(3)}} = 149.32 [\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,wb,Rd(3)}} = (b_{\text{eff,t,wb}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot f_{\text{yb}}) / \gamma_{\text{M0}} = (149.32 [\text{mm}] \cdot 6.60 [\text{mm}] \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 231.60 [\text{kN}]$$

Blacha czołowa zginana

Wiersz 2+3 traktowany jako grupa

Mechanizmy kołowe

Szereg śrub 2

$$l_{\text{eff,cp}(2,g)} = \pi \cdot m + p = \pi \cdot 27.17 [\text{mm}] + 169.60 [\text{mm}] = 254.97 [\text{mm}]$$

Szereg śrub 3

$$l_{\text{eff,cp}(3,g)} = 2 \cdot p = 2 \cdot 169.60 [\text{mm}] = 339.20 [\text{mm}]$$

$$\Sigma l_{\text{eff}(2+3)} = l_{\text{eff,cp}(2,g)} + l_{\text{eff,cp}(3,g)} = 254.97 [\text{mm}] + 339.20 [\text{mm}] = 594.17 [\text{mm}]$$

Mechanizmy niekołowe

Szereg śrub 2

$$l_{\text{eff,nc}(2,g)} = 0.5 \cdot p + \alpha \cdot m - (2 \cdot m + 0.625 \cdot e) = 0.5 \cdot 169.60 [\text{mm}] + 5.96 \cdot 27.17 [\text{mm}] - (2 \cdot 27.17 [\text{mm}] + 0.625 \cdot 32.50 [\text{mm}]) = 172.12 [\text{mm}]$$

Szereg śrub 3

$$l_{\text{eff,nc}(3,g)} = p = 169.60 [\text{mm}]$$

$$\Sigma l_{\text{eff,nc}(2+3)} = l_{\text{eff,nc}(2,g)} + l_{\text{eff,nc}(3,g)} = 172.12 [\text{mm}] + 169.60 [\text{mm}] = 341.72 [\text{mm}]$$

Model 1: Całkowite uplastycznienie blachy czołowej (mechanizm)

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 1 postaci zniszczenie

$$\Sigma l_{\text{eff},1(2+3)} = \Sigma l_{\text{eff,cp}(2+3)} = 341.72 [\text{mm}]$$

$$M_{\text{pl},1,\text{Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},1(2+3)} \cdot t_{\text{fc}}^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 594.17 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 13.96 [\text{kNm}]$$

Metoda 1

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}1} = (4 \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}) / m = 4 \cdot 13.96 [\text{kNm}] / 27.17 [\text{mm}] = 2055.31 [\text{kN}]$$

Metoda 2 (metoda alternatywna)

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}2} = [(8 \cdot n - 2 \cdot e_w) \cdot M_{\text{pl},1,\text{Rd}}] / [2 \cdot m \cdot n - e_w \cdot (m+n)] = [(8 \cdot 32.50 [\text{mm}] - 2 \cdot 7.50 [\text{mm}]) \cdot 13.96 [\text{kNm}]] / [2 \cdot 27.17 [\text{mm}] \cdot 32.50 [\text{mm}] - 7.50 [\text{mm}] \cdot (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}])] = 2594.01 [\text{kN}]$$

$$F_{\text{T},1,\text{Rd}} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}1}; F_{\text{T},1,\text{Rd}2}) = (2055.31 [\text{kN}]; 2594.01 [\text{kN}]) = 361.73 [\text{kN}]$$

Model 2: Zniszczenie śrub wraz z uplastycznieniem blachy czołowej

Długość efektywna dla pojedynczej śruby dla 2 postaci zniszczenie

$$\Sigma l_{\text{eff},2(2+3)} = \Sigma l_{\text{eff,cp}(2+3)} = 341.72 [\text{mm}]$$

$$M_{\text{pl},2,\text{Rd}} = (0.25 \cdot \Sigma l_{\text{eff},2(2+3)} \cdot t_{\text{f}}^2 \cdot f_y) / \gamma_{\text{M0}} = (0.25 \cdot 341.72 [\text{mm}] \cdot 20.00 [\text{mm}]^2 \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 13.96 [\text{kNm}]$$

$$F_{\text{T},2,\text{Rd}} = (2 \cdot M_{\text{pl},2,\text{Rd}} + n \cdot \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}}) / (m+n) = (2 \cdot 13.96 [\text{kNm}] + 32.50 [\text{mm}] \cdot 90.43 [\text{kN}]) / (27.17 [\text{mm}] + 32.50 [\text{mm}]) = 633.10 [\text{kN}]$$

Model 3: Zniszczenie śrub

$$F_{\text{T},3,\text{Rd}} = \Sigma F_{\text{t},\text{Rd}} = 4 \cdot 90.43 [\text{kN}] = 1224.91 [\text{kN}]$$

Nośność grupy

$$F_{\text{t,ep}(2+3)} = \min(F_{\text{T},1,\text{Rd}}; F_{\text{T},2,\text{Rd}}; F_{\text{T},3,\text{Rd}}) = (361.73 [\text{kN}]; 633.10 [\text{kN}]; 1224.91 [\text{kN}]) = 361.73 [\text{kN}]$$

Środek belki w strefie rozciąganej

Efektywna szerokość środka belki przy rozciąganiu.....

$$b_{\text{eff,t,wb}} = \Sigma l_{\text{eff}1(3)} = 594.17 [\text{mm}]$$

Nośność komponentu

$$F_{\text{t,wb,Rd}(3)} = (b_{\text{eff,t,wb}} \cdot t_{\text{wb}} \cdot f_{\text{yb}}) / \gamma_{\text{M0}} = (594.17 [\text{mm}] \cdot 6.60 [\text{mm}] \cdot 235.00 [\text{MPa}]) / 1.00 = 921.56 [\text{kN}]$$

Nośność rzędu śrub 3

$$F_{\text{t,ep,Rd}(3)}; F_{\text{t,wb,Rd}(3)} \quad 180.86 [\text{kN}]; 231.60 [\text{kN}]$$
$$F_{\text{t,Rd}(3)} = \min[; F_{\text{t,ep,Rd}(2+3)}; F_{\text{t,wb,Rd}(2+3)}] = \min[; 361.73 [\text{kN}]; 921.56 [\text{kN}]] = 105.36 [\text{kN}]$$

Nośność na zginanie

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d = 50.00[kNm]$$

$$M_{Rd} = F_{t,Rd(1)} * h_1 + F_{t,Rd(2)} * h_2 + F_{t,Rd(3)} * h_3 + F_{t,Rd(1)} * h_1 + F_{t,Rd(2)} * h_2 + F_{t,Rd(3)} * h_3 = 151.67[kN]*304.90[mm] + 180.86[kN]*214.70[mm] + 105.36[kN]*45.10[mm] + 151.67[kN]*304.90[mm] + 180.86[kN]*214.70[mm] + 105.36[kN]*45.10[mm] = 89.83[kNm]$$

$$|M_{Ed}|/M_{Rd} \leq 1$$

$$0.56 < 1.00$$

0.56



Spoiny pachwinowe łączące belkę i blachę czołową

Siły w spoinach

Siła podłużna

$$N_0 = N_{b1,Ed} * \cos(\alpha_2) + V_{b1,Ed} * \sin(\alpha_2) = 0.00[kN] * \cos(0.00[Deg]) + 0.00[kN] * \sin(0.00[Deg]) = 0.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = -N_{b1,Ed} * \sin(\alpha_2) + V_{b1,Ed} * \cos(\alpha_2) = -(0.00[kN]) * \sin(0.00[Deg]) + 0.00[kN] * \cos(0.00[Deg]) = 0.00[kN]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_{b1,Ed} = 50.00[kNm]$$

Charakterystyki geometryczne układu spoin

Pole spoin poziomych na półce górnej

$$A_{wfu} = 2 * [b_{effu} + (b_{effu} - t_{wb} - 2 * r_b)] * a_f = 2 * [135.00[mm] + (135.00[mm] - 6.60[mm] - 2 * 15.00[mm])] * 7.00[mm] = 16.34[cm^2]$$

Pole spoin poziomych na półce dolnej

$$A_{wfl} = 2 * [b_{effl} + (b_{effl} - t_{wb} - 2 * r_b)] * a_f = 2 * [135.00[mm] + (135.00[mm] - 6.60[mm] - 2 * 15.00[mm])] * 7.00[mm] = 16.34[cm^2]$$

Pole spoin poziomych

$$A_{wf} = A_{wfu} + A_{wfl} = 16.34[cm^2] + 16.34[cm^2] = 32.68[cm^2]$$

Pole spoin pionowych

$$A_{ww} = 2 * [(h_b - 2 * (t_{fb} - r_b)) / \cos(\alpha)] * a_w = 2 * [(270.00[mm] - 2 * (10.20[mm] - 15.00[mm])) / \cos(0.00[Deg])] * 4.00[mm] = 17.57[cm^2]$$

Pole wszystkich spoin

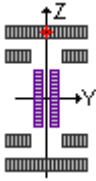
$$A_w = A_{wfu} + A_{wfl} + A_{ww} = 16.34[cm^2] + 16.34[cm^2] + 17.57[cm^2] = 50.24[cm^2]$$

Przesunięcie środka ciężkości układu spoin względem środka ciężkości belki

$$e_{0w} = 0.00[mm]$$

Moment bezwładności układu spoin

$$I_w = 6359.74[cm^4]$$

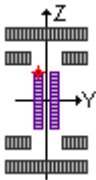
Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = 138.50[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 459.19[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/459.19[cm^3] = 108.89[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 108.89[MPa] = 108.89[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 77.00[MPa] < 259.20[MPa]$	0.21	✓
---	------------------------------	-------------	---

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$153.99[MPa] < 288.00[MPa]$	0.53	✓
---	-----------------------------	-------------	---

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = 109.80[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 579.21[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/579.21[cm^3] = 86.32[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 86.32[MPa] = 86.32[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne równoległe	
$\tau_{ } = V_0/A_{ww} = 0.00[kN]/17.57[cm^2] = 0.00[MPa]$	

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\beta_w = 1.00$$

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 61.04[MPa] < 259.20[MPa]$	0.17	✓
---	------------------------------	-------------	---

$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2)]} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$122.08[MPa] < 288.00[MPa]$	0.42	✓
---	-----------------------------	-------------	---

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = -109.80[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 579.21[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/579.21[cm^3] = 86.32[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 86.32[MPa] = 86.32[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 86.32[MPa]/\sqrt{2} = 61.04[MPa]$	
Naprężenie styczne równoległe	
$\tau_{\parallel} = V_0/A_{ww} = 0.00[kN]/17.57[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Współczynnik wytrzymałości spoin	
$\beta_w = 1.00$	

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 61.04[MPa] < 259.20[MPa]$	0.17	✓
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp})^2} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$122.08[MPa] < 288.00[MPa]$	0.42	✓

Punkt w którym sprawdzane są naprężenia	$z_i = -138.50[mm]$
Wskaźnik sprężysty układu spoin	
$W_w = 459.19[cm^3]$	
Naprężenie od siły podłużnej	
$\sigma_N = N_0/A_w = 0.00[kN]/50.24[cm^2] = 0.00[MPa]$	
Naprężenie od zginania	
$\sigma_M = M_0/W_w = 50.00[kNm]/459.19[cm^3] = 108.89[MPa]$	
Maksymalne naprężenie normalne	
$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 0.00[MPa] + 108.89[MPa] = 108.89[MPa]$	
Naprężenie normalne prostopadłe	
$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	
Naprężenie styczne prostopadłe	
$\tau_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} = 108.89[MPa]/\sqrt{2} = 77.00[MPa]$	
Współczynnik wytrzymałości spoin	
$\beta_w = 1.00$	

$ \sigma_{\perp} \leq 0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$	$ 77.00[MPa] < 259.20[MPa]$	0.21	✓
$\sqrt{ \sigma_{\perp} ^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp})^2} \leq f_u / (\beta_w \cdot \gamma_{M2})$	$153.99[MPa] < 288.00[MPa]$	0.53	✓

Szywność obrotowa węzła

Baza wydłużalności śruby

$$L_b = t_p + 0.5 \cdot (m+k) + t_{wa} = 20.00[mm] + 0.5 \cdot (15.90[mm] + 10.00[mm]) + 3.00[mm] = 58.95[mm]$$

$$k_{10} = (3.2 \cdot A_s) / L_b = (3.2 \cdot 1.57[cm^2]) / 58.95[mm] = 4.26[mm]$$

Szereg śrub 1

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,1} = (0.9 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 67.50[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^3) / 32.08[\text{mm}]^3 = 0.00[\text{mm}]$$

$$k_{\text{eff},1} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[\text{mm}] + 1/24.22[\text{mm}] + 1/4.26[\text{mm}]) = 3.62[\text{mm}]$$

Szereg śrub 2

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,2} = (0.9 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 161.98[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^3) / 0.00[\text{mm}]^3 = 0.00[\text{mm}]$$

$$k_{\text{eff},2} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[\text{mm}] + 1/58.12[\text{mm}] + 1/4.26[\text{mm}]) = 3.97[\text{mm}]$$

Szereg śrub 3

Blacha czołowa zginana

$$k_{4,3} = (0.9 \cdot l_{\text{eff}} \cdot t_p^3) / m_x^3 = (0.9 \cdot 149.32[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}]^3) / 0.00[\text{mm}]^3 = 0.00[\text{mm}]$$

$$k_{\text{eff},3} = 1 / (1/k_4 + 1/k_5 + 1/k_{10}) = 1 / (1/0.00[\text{mm}] + 1/53.58[\text{mm}] + 1/4.26[\text{mm}]) = 3.95[\text{mm}]$$

Zastępcze ramie sił wewnętrznych

$$z_{\text{eq}} = [k_{\text{eff},1} \cdot h_1^2 + k_{\text{eff},2} \cdot h_2^2 + k_{\text{eff},3} \cdot h_3^2] / [k_{\text{eff},1} \cdot h_1 + k_{\text{eff},2} \cdot h_2 + k_{\text{eff},3} \cdot h_3] = \\ [3.62[\text{mm}] \cdot 304.90[\text{mm}]^2 + 3.97[\text{mm}] \cdot 214.70[\text{mm}]^2 + 3.95[\text{mm}] \cdot 45.10[\text{mm}]^2] / [3.62[\text{mm}] \cdot 304.90[\text{mm}] + 3.97[\text{mm}] \cdot 214.70[\text{mm}] + 3.95[\text{mm}] \cdot 45.10[\text{mm}]] = 247.23[\text{mm}]$$

Zastępczy współczynnik sztywności grupy szeregów śrub

$$k_{\text{eq}} = [k_{\text{eff},1} \cdot h_1 + k_{\text{eff},2} \cdot h_2 + k_{\text{eff},3} \cdot h_3] / z_{\text{eq}} = \\ [3.62[\text{mm}] \cdot 304.90[\text{mm}] + 3.97[\text{mm}] \cdot 214.70[\text{mm}] + 3.95[\text{mm}] \cdot 45.10[\text{mm}]] / 247.23[\text{mm}] = 8.64[\text{mm}]$$

Początkowa sztywność obrotowa węzła

$$S_{j,\text{ini}} = E \cdot z_{\text{eq}}^2 / (1/k_{\text{eq}}) = (210000000.00[\text{MPa}] \cdot (247.23[\text{mm}])^2) / (1/8.64[\text{mm}]) = 110860555.77[\text{kNm}]$$

Sztywność obrotowa dla węzła przegubowego

$$S_{j,\text{pin}} = (0.5 \cdot E \cdot I_{yb}) / L_b = (0.5 \cdot 210000000.00[\text{MPa}] \cdot 5791.07[\text{cm}^4]) / 4000.00[\text{mm}] = 1520154.86[\text{kNm}]$$

Sztywność obrotowa dla węzła sztywnego

$$S_{j,\text{rig}} = (k_b \cdot E \cdot I_{yb}) / L_b = (25.00 \cdot 210000000.00[\text{MPa}] \cdot 5791.07[\text{cm}^4]) / 4000.00[\text{mm}] = 76007743.14[\text{kNm}]$$

Klasyfikacja węzła

Sztywny