
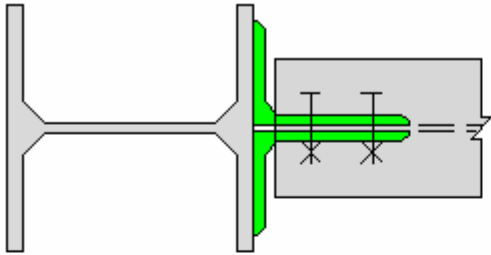
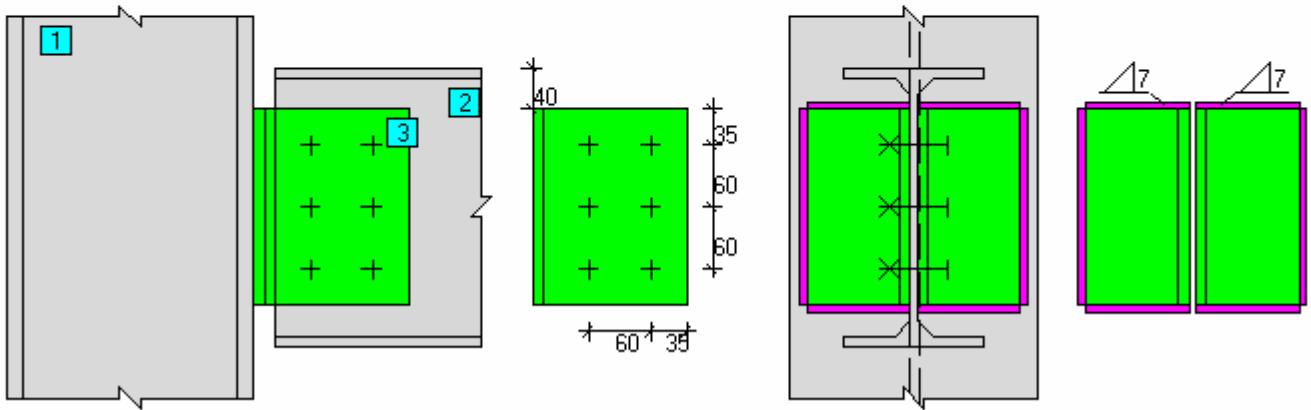
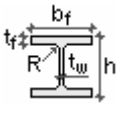
	Słup	Wytężenie: 0.68	
BeamColumn v. 0.9.9.24	PN-90/B-03200		

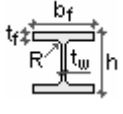



- 1 - HEB240
- 2 - IPE270
- 3 - L150x100x10



Dane

Słup HEB240					
	h_c	b_{fc}	t_{fc}	t_{wc}	R_c
	240.00[mm]	240.00[mm]	17.00[mm]	10.00[mm]	21.00[mm]
	A_c	J_{y0c}	J_{z0c}	y_{0c}	z_{0c}
	105.99[cm ²]	11259.30[cm ⁴]	3922.66[cm ⁴]	120.00[mm]	120.00[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.00[MPa]	355.00[MPa]	490.00[MPa]	

Belka IPE270					
	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]	5789.78[cm ⁴]	419.87[cm ⁴]	67.50[mm]	135.00[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.00[MPa]	355.00[MPa]	490.00[MPa]	

Kątownik L150x100x10					
	h_a	b_{fa}	t_{fa}	t_{wa}	R_a
	150.00[mm]	100.00[mm]	10.00[mm]	10.00[mm]	13.00[mm]
	A_a	J_{y0a}	J_{z0a}	y_{0a}	z_{0a}
	24.18[cm ²]	0.00[cm ⁴]	0.00[cm ⁴]	23.36[mm]	47.99[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.00[MPa]	355.00[MPa]	490.00[MPa]	

Śruby łączące kątownik i belkę

Klasa śruby	Klasa	4.6
Granica plastyczności	$R_e =$	240.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$R_m =$	400.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	20.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	22.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	3.14 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.45 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	3
Liczba kolumn	$k =$	2

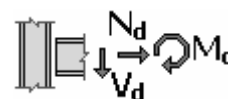
Spoiny

Grubość spoiny pachwinowej łączącej słup i kątownik	$a_{ca} =$	7.00 [mm]
---	------------	-----------

Siły

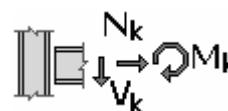
Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	50.00	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	100.00	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	0.00	[kNm]



Obciążenie charakterystyczne

Siła podłużna	$N_k =$	30.00	[kN]
Siła poprzeczna	$V_k =$	80.00	[kN]
Moment zginający	$M_k =$	0.00	[kNm]



Rezultaty

Spoiny pachwinowe łączące słup i kątownik

Siły w spoinach

Siła poprzeczna

$$V_0 = 0.5 \cdot V_d = 0.5 \cdot 100.00 [kN] = 50.00 [kN]$$

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu spoin

$$e_0 = 27.24 [mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = V_0 \cdot e_0 = 100.00 [kN] \cdot 27.24 [mm] = 1.36 [kNm]$$

Pole powierzchni spoin

$$A_s = 27.30[\text{cm}^2]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku x

$$I_{x0} = 1759.00[\text{cm}^4]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku z

$$I_{z0} = 312.43[\text{cm}^4]$$

Biegunowy moment bezwładności spoin

$$I_0 = I_{x0} + I_{z0} = 1759.00[\text{cm}^4] + 312.43[\text{cm}^4] = 2071.42[\text{cm}^4]$$

Naprężenie składowe od wpływu siły poprzecznej

$$\tau_v = V_0/A_s = 50.00[\text{kN}]/27.30[\text{cm}^2] = 18.32[\text{MPa}]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku x

$$\tau_{Mx} = (M_0 \cdot z)/I_0 = (1.36[\text{kNm}] \cdot 102.00[\text{mm}])/2071.42[\text{cm}^4] = 1.79[\text{MPa}]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku z

$$\tau_{Mz} = (M_0 \cdot x)/I_0 = (1.36[\text{kNm}] \cdot 27.24[\text{mm}])/2071.42[\text{cm}^4] = 6.25[\text{MPa}]$$

Naprężenie wypadkowe

$$\tau = \sqrt{\tau_{Mx}^2 + (\tau_v + \tau_{Mz})^2} = \sqrt{(1.79[\text{MPa}])^2 + (18.32[\text{MPa}] + 6.25[\text{MPa}])^2} = 25.34[\text{MPa}]$$

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\alpha_{\perp} = 0.80$$

$$\tau \leq \alpha_{\perp} \cdot f_d$$

$$25.34[\text{MPa}] < 244.00[\text{MPa}]$$

0.10



Naprężenie od siły podłużnej

$$\sigma_N = N_0/A_s = 25.00[\text{kN}]/27.30[\text{cm}^2] = 9.16[\text{MPa}]$$

Naprężenie od zginania

$$\sigma_M = M_0/W_s = 1.36[\text{kNm}]/2730.00[\text{mm}] = 32.33[\text{MPa}]$$

Maksymalne naprężenie normalne

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 9.16[\text{MPa}] + 32.33[\text{MPa}] = 41.49[\text{MPa}]$$

Naprężenie zastępcze

$$\sigma_z = \sqrt{\tau^2 + \sigma^2} = \sqrt{(25.34[\text{MPa}])^2 + (41.49[\text{MPa}])^2} = 48.62[\text{MPa}]$$

$$\sigma_z \leq f_d$$

$$48.62[\text{MPa}] < 305.00[\text{MPa}]$$

0.16



Maksymalne naprężenie normalne

$$\sigma_{\perp} = \sigma/\sqrt{2} + (\tau_{Fx} + \tau_{Mx})/\sqrt{2} = 41.49[\text{MPa}]/\sqrt{2} + (0.00[\text{MPa}] + 1.79[\text{MPa}])/\sqrt{2} = 30.60[\text{MPa}]$$

Maksymalne naprężenie normalne

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = 30.60[\text{MPa}] = 30.60[\text{MPa}]$$

Maksymalne naprężenie normalne

$$\tau_{\parallel} = \tau_{Fz} + \tau_{Mz} = 18.32[\text{MPa}] + 6.25[\text{MPa}] = 24.56[\text{MPa}]$$

Współczynnik wytrzymałości spoin

$$\chi = 0.85$$

$$\chi \cdot \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} \leq f_d$$

$$74.54[\text{MPa}] < 305.00[\text{MPa}]$$

0.24



Śruby łączące kątownik i belkę

Nośność śrub

Scinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

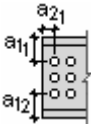
$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (20.00[\text{mm}])^2 = 3.14[\text{cm}^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{Rv} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 2 \cdot 400.00[\text{MPa}] \cdot 3.14[\text{cm}^2] = 113.10[\text{kN}]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do belki

	$a_{11} = 75.00[\text{mm}]$
	$a_{12} = 75.00[\text{mm}]$
	$a_{21} = 35.00[\text{mm}]$
$a_{1\text{min}} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}] = 35.00[\text{mm}]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^I = \min[a_{1\text{min}}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]; (\min[60.00[\text{mm}], 60.00[\text{mm}]]/20.00[\text{mm}]) - 0.75; 2.5] = 1.75$$

$$\alpha^I > 0$$

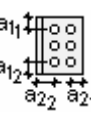
$$1.75 > 0.00$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^I = \alpha^I \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.75 \cdot 305.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}] \cdot 6.60[\text{mm}] = 70.46[\text{kN}]$$

Docisk śruby do kątownika

	$a_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$a_{12} = 35.00[\text{mm}]$
	$a_{21} = 35.00[\text{mm}]$
	$a_{22} = 55.00[\text{mm}]$
$a_{1\text{min}} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}; a_{22}] = 35.00[\text{mm}]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{II} = \min[a_{1\text{min}}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]; (\min[60.00[\text{mm}], 60.00[\text{mm}]]/20.00[\text{mm}]) - 0.75; 2.5] = 1.75$$

$$\alpha^{II} > 0$$

$$1.75 > 0.00$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{II} = \alpha^{II} \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.75 \cdot 305.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}] \cdot 20.00[\text{mm}] = 213.50[\text{kN}]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 50.00[\text{kN}]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = V_d = 100.00[\text{kN}]$$

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 93.50[\text{mm}]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d + V_0 \cdot e_0 = 0.00[kNm] + 100.00[kN] \cdot 93.50[mm] = 9.35[kNm]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły podłużnej

$$S_N = N_0 / n_b = 50.00[kN] / 6 = 8.33[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły ścinającej

$$S_V = V_0 / n_b = 100.00[kN] / 6 = 16.67[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku x

$$S_{M_x} = (M_0 \cdot z_{\max}) / \Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (9.35[kNm] \cdot 60.00[mm]) / 198.00[cm^2] = 28.33[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku z

$$S_{M_z} = (M_0 \cdot x_{\max}) / \Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (9.35[kNm] \cdot 30.00[mm]) / 198.00[cm^2] = 14.17[kN]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$S = \sqrt{(S_N + S_{M_x})^2 + (S_V + S_{M_z})^2} = \sqrt{(8.33[kN] + 28.33[kN])^2 + (16.67[kN] + 14.17[kN])^2} = 47.91[kN]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$S_R = \min[S_{R_V}; S_{R_B}^I; S_{R_B}^{II}] = \min[113.10[kN]; 70.46[kN]; 213.50[kN]] = 70.46[kN]$$

$$S \leq S_R$$

$$47.91[kN] < 70.46[kN]$$

0.68



Stan graniczny użyteczności

Siły w śrubach

Siła podłużna

$$N_0 = N_k = 30.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = V_k = 80.00[kN]$$

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 93.50[mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_k + V_0 \cdot e_0 = 0.00[kNm] + 80.00[kN] \cdot 93.50[mm] = 7.48[kNm]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły podłużnej

$$S_N = N_0 / n_b = 30.00[kN] / 6 = 5.00[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły ścinającej

$$S_V = V_0 / n_b = 80.00[kN] / 6 = 13.33[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku x

$$S_{M_x} = (M_0 \cdot z_{\max}) / \Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (7.48[kNm] \cdot 60.00[mm]) / 198.00[cm^2] = 22.67[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku z

$$S_{M_z} = (M_0 \cdot x_{\max}) / \Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (7.48[kNm] \cdot 30.00[mm]) / 198.00[cm^2] = 11.33[kN]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$S = \sqrt{(S_N + S_{M_x})^2 + (S_V + S_{M_z})^2} = \sqrt{(5.00[kN] + 22.67[kN])^2 + (13.33[kN] + 11.33[kN])^2} = 37.07[kN]$$

Nośność obliczeniowa śruby na poślizg

$$S_{R_s} = \alpha_s \cdot \mu \cdot (S_{R_t} - S_t) \cdot m = 1.00 \cdot 1.00 \cdot (49.98[kN] - 0.00[kN]) \cdot 2 = 99.96[kN]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$S_R = S_{R_s} = 99.96[kN]$$

$$S \leq S_R$$

$$37.07[kN] < 99.96[kN]$$

0.37



Oslabienie otworami

Kątownik

Siły w elemencie

Siła podłużna

$$N_0 = 0.5 \cdot N_d = 0.5 \cdot 50.00 [kN] = 25.00 [kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = 0.5 \cdot V_d = 0.5 \cdot 100.00 [kN] = 50.00 [kN]$$

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 93.50 [mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = 0.5 \cdot M_d + V_0 \cdot e_0 = 0.5 \cdot 0.00 [kNm] + 50.00 [kN] \cdot 93.50 [mm] = 4.67 [kNm]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju brutto

$$A_t = 11.11 [cm^2]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju netto

$$A_{tn} = A_t - t \cdot d_0 \cdot n_t = 11.11 [cm^2] - 10.00 [mm] \cdot 22.00 [mm] \cdot 1 = 8.91 [cm^2]$$

Sprowadzone pole przekroju przy rozciąganiu

$$A_{\psi} = A_{tn} \cdot 0.8 \cdot (R_m / R_e) = 8.91 [cm^2] \cdot 0.8 \cdot (490.00 [MPa] / 355.00 [MPa]) = 9.84 [cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy rozciąganiu

$$\psi_{0t} = \min[1.0, A_{\psi} / A_t] = \min[1.0, 9.84 [cm^2] / 11.11 [cm^2]] = 0.89$$

Naprężenie od siły podłużnej

$$\sigma = N_0 / A = 25.00 [kN] / 19.00 [cm^2] = 13.16 [MPa]$$

Naprężenie od zginania

$$\Delta \sigma = M_0 / W = 4.67 [kNm] / 60.17 [cm^3] = 77.70 [MPa]$$

Naprężenie średnie

$$\sigma_e = \sigma / \psi_{0t} + \Delta \sigma = 13.16 [MPa] / 0.89 + 77.70 [MPa] = 92.56 [MPa]$$

$$|\sigma_e| \leq f_d$$

$$|92.56 [MPa]| < 305.00 [MPa]$$

0.30



Pole przekroju czynnego przy ścinaniu

$$A_v = H \cdot t = 190.00 [mm] \cdot 10.00 [mm] = 19.00 [cm^2]$$

Pole przekroju netto czynnego przy ścinaniu

$$A_{vn} = A_v - n_z \cdot d_0 \cdot t = 19.00 [cm^2] - 3 \cdot 22.00 [mm] \cdot 10.00 [mm] = 12.40 [cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy ścinaniu

$$\psi_{ov} = \min[1.0; (A_{vn} / A_v) \cdot 0.8 \cdot (R_m / R_e)] = \min[1.0; (12.40 [cm^2] / 19.00 [cm^2]) \cdot 0.8 \cdot (490.00 [MPa] / 355.00 [MPa])] = 0.72$$

Naprężenie ścinające

$$\tau = V_0 / A_v = 50.00 [kN] / 19.00 [cm^2] = 26.32 [MPa]$$

Średnie naprężenie ścinające

$$\tau_e = \tau / \psi_{ov} = 26.32 [MPa] / 0.72 = 36.52 [MPa]$$

$$|\tau_e| \leq 0.58 \cdot f_d$$

$$|36.52 [MPa]| < 176.90 [MPa]$$

0.21



Naprężenie zastępcze

$$\sigma_{ze} = \sqrt{[\sigma_e]^2 + 3 \cdot [\tau_e]^2} = \sqrt{[92.56 [MPa]]^2 + 3 \cdot [36.52 [MPa]]^2} = 112.11 [MPa]$$

$$\sigma_{ze} \leq f_d$$

$$112.11 [MPa] < 305.00 [MPa]$$

0.37



Belka

Siły w elemencie

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 50.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = V_d = 100.00[kN]$$

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 93.50[mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d + V_0 * e_0 = 0.00[kNm] + 100.00[kN] * 93.50[mm] = 9.35[kNm]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju brutto

$$A_t = 11.05[cm^2]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju netto

$$A_{tn} = A_t - t * d_0 * n_t = 11.05[cm^2] - 6.60[mm] * 22.00[mm] * 2 = 8.15[cm^2]$$

Sprowadzone pole przekroju przy rozciąganiu

$$A_{\psi} = A_{tn} * 0.8 * (R_m / R_e) = 8.15[cm^2] * 0.8 * (490.00[MPa] / 355.00[MPa]) = 9.00[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy rozciąganiu

$$\psi_{0t} = \min[1.0, A_{\psi} / A_t] = \min[1.0, 9.00[cm^2] / 11.05[cm^2]] = 0.81$$

Naprężenie od siły podłużnej


$$\sigma = N_0 / A = 50.00[kN] / 17.82[cm^2] = 28.06[MPa]$$

Naprężenie od zginania

$$\Delta\sigma = M_0 / W = 9.35[kNm] / 80.19[cm^3] = 116.60[MPa]$$

Naprężenie średnie

$$\sigma_e = \sigma / \psi_{0t} + \Delta\sigma = 28.06[MPa] / 0.81 + 116.60[MPa] = 151.06[MPa]$$

$ \sigma_e \leq f_d$	$ 151.06[MPa] < 305.00[MPa]$	0.50	
-----------------------	-------------------------------	-------------	---

Pole przekroju czynnego przy ścinaniu

$$A_v = H * t = 270.00[mm] * 6.60[mm] = 17.82[cm^2]$$

Pole przekroju netto czynnego przy ścinaniu

$$A_{vn} = A_v - n_z * d_0 * t = 17.82[cm^2] - 3 * 22.00[mm] * 6.60[mm] = 13.46[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy ścinaniu


$$\psi_{ov} = \min[1.0; (A_{vn} / A_v) * 0.8 * (R_m / R_e)] = \min[1.0; (13.46[cm^2] / 17.82[cm^2]) * 0.8 * (490.00[MPa] / 355.00[MPa])] = 0.83$$

Naprężenie ścinające

$$\tau = V_0 / A_v = 100.00[kN] / 17.82[cm^2] = 56.12[MPa]$$


Średnie naprężenie ścinające

$$\tau_e = \tau / \psi_{ov} = 56.12[MPa] / 0.83 = 67.26[MPa]$$

$ \tau_e \leq 0.58 * f_d$	$ 67.26[MPa] < 176.90[MPa]$	0.38	
----------------------------	------------------------------	-------------	---

Naprężenie zastępcze

$$\sigma_{ze} = \sqrt{[\sigma_e]^2 + 3 * [\tau_e]^2} = \sqrt{[151.06[MPa]]^2 + 3 * [67.26[MPa]]^2} = 190.77[MPa]$$

$\sigma_{ze} \leq f_d$	$190.77[MPa] < 305.00[MPa]$	0.63	
------------------------	-----------------------------	-------------	---

Kątownik

Siły w elemencie

Siła poprzeczna

$$V_0 = 0.5 \cdot V_d = 0.5 \cdot 100.00 [kN] = 50.00 [kN]$$

Pole ścinanej części przekroju netto

$$A_{nv} = [h_v - (n_v - 0.5) \cdot d_0] \cdot t = [155.00 [mm] - (3 - 0.5) \cdot 22.00 [mm]] \cdot 10.00 [mm] = 10.00 [cm^2]$$

Pole rozciąganej części przekroju netto

$$A_{nt} = [w_t - (n_t - 0.5) \cdot d_0] \cdot t = [55.00 [mm] - (2 - 0.5) \cdot 22.00 [mm]] \cdot 10.00 [mm] = 8.20 [cm^2]$$

Nośność obliczeniowa przekroju osłabionego otworami

$$F_{Rj} = f_d \cdot [0.6 \cdot A_{nv} + (n_v/n_b) \cdot A_{nt}] = 305.00 [MPa] \cdot [0.6 \cdot 10.00 [cm^2] + (3/6) \cdot 8.20 [cm^2]] = 308.05 [kN]$$

$$|V_0| \leq F_{Rj}$$

$$|50.00 [kN]| < 308.05 [kN]$$

0.16



Belka

Siły w elemencie

Siła poprzeczna

$$V_0 = V_d = 100.00 [kN]$$

Pole ścinanej części przekroju netto

$$A_{nv} = [h_v - (n_v - 0.5) \cdot d_0] \cdot t = [195.00 [mm] - (3 - 0.5) \cdot 22.00 [mm]] \cdot 6.60 [mm] = 9.24 [cm^2]$$

Pole rozciąganej części przekroju netto

$$A_{nt} = [w_t - (n_t - 0.5) \cdot d_0] \cdot t = [95.00 [mm] - (2 - 0.5) \cdot 22.00 [mm]] \cdot 6.60 [mm] = 8.05 [cm^2]$$

Nośność obliczeniowa przekroju osłabionego otworami

$$F_{Rj} = f_d \cdot [0.6 \cdot A_{nv} + (n_v/n_b) \cdot A_{nt}] = 305.00 [MPa] \cdot [0.6 \cdot 9.24 [cm^2] + (3/6) \cdot 8.05 [cm^2]] = 291.89 [kN]$$

$$|V_0| \leq F_{Rj}$$

$$|100.00 [kN]| < 291.89 [kN]$$

0.34

