

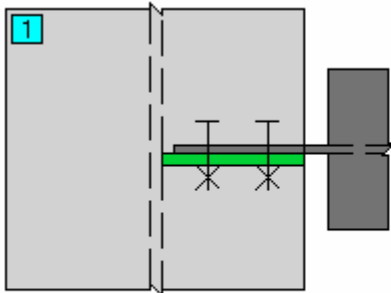
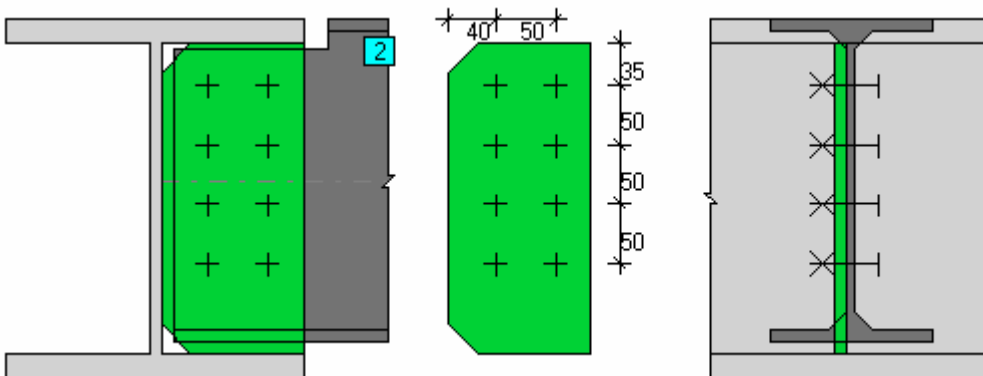


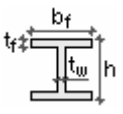
Biuro			
Inwestor			
Nazwa projektu			
Projektował			
Sprawił			
	Belka - podciąg		Wytężenie: 0.98
BeamGirder v. 0.9.9.22	PN-90/B-03200		

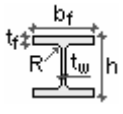


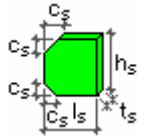
1 - I_30_25_2_1
2 - IPE270



Dane

Podciąg I_30_25_2_1					
	h_p	b_{fp}	t_{fp}	t_{wp}	R_p
	300.00[mm]	250.00[mm]	20.00[mm]	10.00[mm]	0.00[mm]
	A_p	J_{y0p}	J_{z0p}	y_{0p}	z_{0p}
	126.00[cm ²]	21098.00[cm ⁴]	5210.50[cm ⁴]	125.00[mm]	150.00[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2	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	
	S 355 W	215.00[MPa]	235.00[MPa]	510.00[MPa]	

Żebro				
	l_s	h_s	t_s	c_s
	120.00[mm]	260.00[mm]	10.00[mm]	25.00[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m
	St3SX	215.00[MPa]	235.00[MPa]	315.00[MPa]

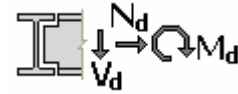
Śruby łączące żebro i belkę

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	$w =$	4
Liczba kolumn	$k =$	2

Siły

Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	40.00	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	100.00	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	0.00	[kNm]



Rezultaty

Śruby łączące żebro i belkę

Nośność śrub

Ścinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

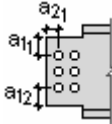
$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (20.00[mm])^2 = 3.14[cm^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{RV} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 1 \cdot 400.00[MPa] \cdot 3.14[cm^2] = 56.55[kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do belki

	$a_{11} = 30.00[mm]$
	$a_{12} = 65.00[mm]$
	$a_{21} = 30.00[mm]$
$a_{1min} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}] = 30.00[mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^I = \min[a_{1\min}/d; (\min[a, a_3]/d)-0.75; 2.5] = \min[30.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]; (\min[50.00[\text{mm}], 50.00[\text{mm}])/20.00[\text{mm}])-0.75; 2.5] = 1.50$$

$$\alpha^I > 0$$

$$1.50 > 0.00$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^I = \alpha^I \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.50 \cdot 215.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}] \cdot 6.60[\text{mm}] = 42.57[\text{kN}]$$

Docisk śruby do żebra

	$a_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$a_{12} = 75.00[\text{mm}]$
	$a_{21} = 40.00[\text{mm}]$
	$a_{22} = 30.00[\text{mm}]$
$a_{1\min} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}; a_{22}] = 30.00[\text{mm}]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{II} = \min[a_{1\min}/d; (\min[a, a_3]/d)-0.75; 2.5] = \min[30.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]; (\min[50.00[\text{mm}], 50.00[\text{mm}])/20.00[\text{mm}])-0.75; 2.5] = 1.50$$

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

$$1.50 > 0.00$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{II} = \alpha^{II} \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.50 \cdot 215.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}] \cdot 10.00[\text{mm}] = 64.50[\text{kN}]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 40.00[\text{kN}]$$

Siła poprzeczna

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

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 70.00[\text{mm}]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d + V_0 \cdot e_0 = 0.00[\text{kNm}] + 100.00[\text{kN}] \cdot 70.00[\text{mm}] = 7.00[\text{kNm}]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły podłużnej

$$S_N = N_0/n_b = 40.00[\text{kN}]/8 = 5.00[\text{kN}]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły ścinającej

$$S_V = V_0/n_b = 100.00[\text{kN}]/8 = 12.50[\text{kN}]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku x

$$S_{Mx} = (M_0 \cdot z_{\max})/\Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (7.00[\text{kNm}] \cdot 75.00[\text{mm}])/300.00[\text{cm}^2] = 17.50[\text{kN}]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu momentu na kierunku z

$$S_{Mz} = (M_0 \cdot x_{\max})/\Sigma[x_i^2 + z_i^2] = (7.00[\text{kNm}] \cdot 25.00[\text{mm}])/300.00[\text{cm}^2] = 5.83[\text{kN}]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$S = \sqrt{(S_N + S_{Mx})^2 + (S_V + S_{Mz})^2} = \sqrt{(5.00[\text{kN}] + 17.50[\text{kN}])^2 + (12.50[\text{kN}] + 5.83[\text{kN}])^2} = 29.02[\text{kN}]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$S_R = \min[S_{RV}; S_{RB}^I; S_{RB}^{II}] = \min[56.55[kN]; 42.57[kN]; 64.50[kN]] = 42.57[kN]$$

$$S \leq S_R$$

$$29.02[kN] < 42.57[kN]$$

0.68



Oslabienie otworami

Żebro

Siły w elemencie

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 40.00[kN]$$

Siła poprzeczna

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

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 70.00[mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d + V_0 \cdot e_0 = 0.00[kNm] + 100.00[kN] \cdot 70.00[mm] = 7.00[kNm]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju brutto

$$A_t = 16.22[cm^2]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju netto

$$A_{tn} = A_t - t \cdot d_0 \cdot n_t = 16.22[cm^2] - 10.00[mm] \cdot 22.00[mm] \cdot 4 = 11.82[cm^2]$$

Sprowadzone pole przekroju przy rozciąganiu

$$A_\psi = A_{tn} \cdot 0.8 \cdot (R_m/R_e) = 11.82[cm^2] \cdot 0.8 \cdot (490.00[MPa]/235.00[MPa]) = 12.67[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy rozciąganiu

$$\psi_{0t} = \min[1.0, A_\psi/A_t] = \min[1.0, 12.67[cm^2]/16.22[cm^2]] = 0.78$$

Naprężenie od siły podłużnej

$$\sigma = N_0/A = 40.00[kN]/26.00[cm^2] = 15.38[MPa]$$

Naprężenie od zginania

$$\Delta\sigma = M_0/W = 7.00[kNm]/112.67[cm^3] = 62.13[MPa]$$

Naprężenie średnie

$$\sigma_e = \sigma/\psi_{0t} + \Delta\sigma = 15.38[MPa]/0.78 + 62.13[MPa] = 81.82[MPa]$$

$$|\sigma_e| \leq f_d$$

$$|81.82[MPa]| < 215.00[MPa]$$

0.38



Pole przekroju czynnego przy ścinaniu

$$A_v = H \cdot t = 260.00[mm] \cdot 10.00[mm] = 26.00[cm^2]$$

Pole przekroju netto czynnego przy ścinaniu

$$A_{vn} = A_v - n_z \cdot d_0 \cdot t = 26.00[cm^2] - 4 \cdot 22.00[mm] \cdot 10.00[mm] = 17.20[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy ścinaniu

$$\psi_{ov} = \min[1.0; (A_{vn}/A_v) \cdot 0.8 \cdot (R_m/R_e)] = \min[1.0; (17.20[cm^2]/26.00[cm^2]) \cdot 0.8 \cdot (490.00[MPa]/235.00[MPa])] = 0.71$$

Naprężenie ścinające

$$\tau = V_0/A_v = 100.00[kN]/26.00[cm^2] = 38.46[MPa]$$

Średnie naprężenie ścinające

$$\tau_e = \tau/\psi_{ov} = 38.46[MPa]/0.71 = 54.22[MPa]$$

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

$$|54.22[MPa]| < 124.70[MPa]$$

0.43



Naprężenie zastępcze

$$\sigma_{ze} = \sqrt{[\sigma_e^2 + 3\tau_e^2]} = \sqrt{[(81.82[MPa])^2 + 3\cdot(54.22[MPa])^2]} = 124.55[MPa]$$

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

$$124.55[MPa] < 215.00[MPa]$$

0.58



Belka

Siły w elemencie

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 40.00[kN]$$

Siła poprzeczna

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

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 70.00[mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d + V_0 \cdot e_0 = 0.00[kNm] + 100.00[kN] \cdot 70.00[mm] = 7.00[kNm]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju brutto

$$A_t = 9.97[cm^2]$$

Pole rozciąganej strefy przekroju netto

$$A_{tn} = A_t - t \cdot d_0 \cdot n_t = 9.97[cm^2] - 6.60[mm] \cdot 22.00[mm] \cdot 4 = 7.07[cm^2]$$

Sprowadzone pole przekroju przy rozciąganiu

$$A_\psi = A_{tn} \cdot 0.8 \cdot (R_m/R_e) = 7.07[cm^2] \cdot 0.8 \cdot (510.00[MPa]/235.00[MPa]) = 12.27[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy rozciąganiu

$$\psi_{0t} = \min[1.0, A_\psi/A_t] = \min[1.0, 12.27[cm^2]/9.97[cm^2]] = 1.00$$

Naprężenie od siły podłużnej

$$\sigma = N_0/A = 40.00[kN]/16.17[cm^2] = 24.74[MPa]$$

Naprężenie od zginania

$$\Delta\sigma = M_0/W = 7.00[kNm]/66.03[cm^3] = 106.02[MPa]$$

Naprężenie średnie

$$\sigma_e = \sigma/\psi_{0t} + \Delta\sigma = 24.74[MPa]/1.00 + 106.02[MPa] = 130.75[MPa]$$

$$|\sigma_e| \leq f_d$$

$$|130.75[MPa]| < 215.00[MPa]$$

0.61



Pole przekroju czynnego przy ścinaniu

$$A_v = H \cdot t = 245.00[mm] \cdot 6.60[mm] = 16.17[cm^2]$$

Pole przekroju netto czynnego przy ścinaniu

$$A_{vn} = A_v - n_z \cdot d_0 \cdot t = 16.17[cm^2] - 4 \cdot 22.00[mm] \cdot 6.60[mm] = 10.36[cm^2]$$

Wskaźnik osłabienia przekroju przy ścinaniu

$$\psi_{0v} = \min[1.0; (A_{vn}/A_v) \cdot 0.8 \cdot (R_m/R_e)] = \min[1.0; (10.36[cm^2]/16.17[cm^2]) \cdot 0.8 \cdot (510.00[MPa]/235.00[MPa])] = 1.00$$

Naprężenie ścinające

$$\tau = V_0/A_v = 100.00[kN]/16.17[cm^2] = 61.84[MPa]$$

Średnie naprężenie ścinające

$$\tau_e = \tau/\psi_{0v} = 61.84[MPa]/1.00 = 61.84[MPa]$$

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

$$|61.84[MPa]| < 124.70[MPa]$$

0.50



Naprężenie zastępcze

$$\sigma_{ze} = \sqrt{[\sigma_e^2 + 3\tau_e^2]} = \sqrt{[(130.75[MPa])^2 + 3(61.84[MPa])^2]} = 169.03[MPa]$$

$\sigma_{ze} \leq f_d$	$169.03[MPa] < 215.00[MPa]$	0.79	
------------------------	-----------------------------	-------------	--

Ścięcie i rozerwanie

Żebro

Siły w elemencie

Siła poprzeczna

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

Pole ścinanej części przekroju netto

$$A_{nv} = [h_v - (n_v - 0.5)d_0]t = [185.00[mm] - (4 - 0.5)22.00[mm]]10.00[mm] = 10.80[cm^2]$$

Pole rozciąganej części przekroju netto

$$A_{nt} = [w_t - (n_t - 0.5)d_0]t = [90.00[mm] - (2 - 0.5)22.00[mm]]10.00[mm] = 10.70[cm^2]$$

Nośność obliczeniowa przekroju osłabionego otworami

$$F_{Rj} = f_d[0.6A_{nv} + (n_v/n_b)A_{nt}] = 215.00[MPa][0.610.80[cm^2] + (4/8)10.70[cm^2]] = 254.35[kN]$$

$ V_0 \leq F_{Rj}$	$ 100.00[kN] < 254.35[kN]$	0.39	
---------------------	-----------------------------	-------------	--

Belka

Siły w elemencie

Siła poprzeczna

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

Pole ścinanej części przekroju netto

$$A_{nv} = [h_v - (n_v - 0.5)d_0]t = [180.00[mm] - (4 - 0.5)22.00[mm]]6.60[mm] = 6.80[cm^2]$$

Pole rozciąganej części przekroju netto

$$A_{nt} = [w_t - (n_t - 0.5)d_0]t = [80.00[mm] - (2 - 0.5)22.00[mm]]6.60[mm] = 6.40[cm^2]$$

Nośność obliczeniowa przekroju osłabionego otworami

$$F_{Rj} = f_d[0.6A_{nv} + (n_v/n_b)A_{nt}] = 215.00[MPa][0.66.80[cm^2] + (4/8)6.40[cm^2]] = 156.52[kN]$$

$ V_0 \leq F_{Rj}$	$ 100.00[kN] < 156.52[kN]$	0.64	
---------------------	-----------------------------	-------------	--

Belka osłabiona wycięciami

Siły w elemencie

Siła podłużna

$$N_0 = N_d = 40.00[kN]$$

Siła poprzeczna

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

Mimośród działania siły względem środka ciężkości układu śrub

$$e_0 = 73.30[mm]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d - V_0 * e_0 = 0.00[kNm] - 100.00[kN] * 73.30[mm] = -7.33[kNm]$$

Pole przekroju czynnego przy ścinaniu

$$A_v = h_v * t_w = 245.00[mm] * 6.60[mm] = 15.50[cm^2]$$

Smukłość względna przy ścinaniu

$$\lambda_p = \min(5.0, (h_w/t_w) * (0.8/56) * \sqrt{[f_d/215]}) = \min(5.0, (245.00[mm]/6.60[mm]) * (0.8/56) * \sqrt{[215.00[MPa]/215]}) = 1.48$$

Współczynnik niestateczności miejscowej przy ścinaniu

$$\varphi_{pv} = \min(1.0, 1/\lambda_p) = \min(1.0, 1/1.48) = 1.00$$

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu

$$V_R = 0.58 * \varphi_{pv} * A_v * f_d = 0.58 * 1.00 * 15.50[cm^2] * 215.00[MPa] = 193.25[kN]$$

$ V_0 \leq V_R$	$ 100.00[kN] < 193.25[kN]$	0.52	
------------------	-----------------------------	-------------	--

Nośność obliczeniowa przekroju przy zginaniu

$$M_R = \alpha_p * W_y * f_d = 1.41 * 10.33[cm^4] * 215.00[MPa] = 9.45[kNm]$$

$ M_0 \leq M_R$	$ -7.33[kNm] < 9.45[kNm]$	0.78	
------------------	----------------------------	-------------	--

$$M_{RV} = M_R * [1 - (I_v/I_y) * (V_0/V_R)^2] = 9.45[kNm] * [1 - (1060.67[cm^4]/1807.30[cm^4]) * (100.00[kN]/193.25[kN])^2] = 7.96[kNm]$$

Nośność obliczeniowa zredukowana przy zginaniu

$ M_0 \leq M_{RV}$	$ -7.33[kNm] < 7.96[kNm]$	0.92	
---------------------	----------------------------	-------------	--

Interakcja ścinania i zginania

$$(V_0/V_R)^2 + (M_0/M_R)^2 = (100.00[kN]/193.25[kN])^2 + (-7.33[kNm]/9.45[kNm])^2 = 0.87$$

$[(V_0/V_R)^2 + (M_0/M_R)^2] \leq 1$	$0.87 < 1.00$	0.87	
--------------------------------------	---------------	-------------	--

Nośność na rozciąganie

$$N_{Rt} = A * f_d = 29.27[cm^2] * 215.00[MPa] = 629.24[kN]$$

$N_0/N_{Rt} \leq 1$	$0.06 < 1.00$	0.06	
---------------------	---------------	-------------	--

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu

$$V_{RN} = V_R * \sqrt{1 - (N_0/N_{Rt})^2} = 193.25[kN] * \sqrt{1 - (40.00[kN]/629.24[kN])^2} = 192.85[kN]$$

$[M_0/M_R + N_0/N_{Rt}] \leq 1$	$0.84 < 1.00$	0.84	
---------------------------------	---------------	-------------	--

$[M_0/M_{RV} + N_0/N_{Rt}] \leq 1$	$0.98 < 1.00$	0.98	
------------------------------------	---------------	-------------	--