
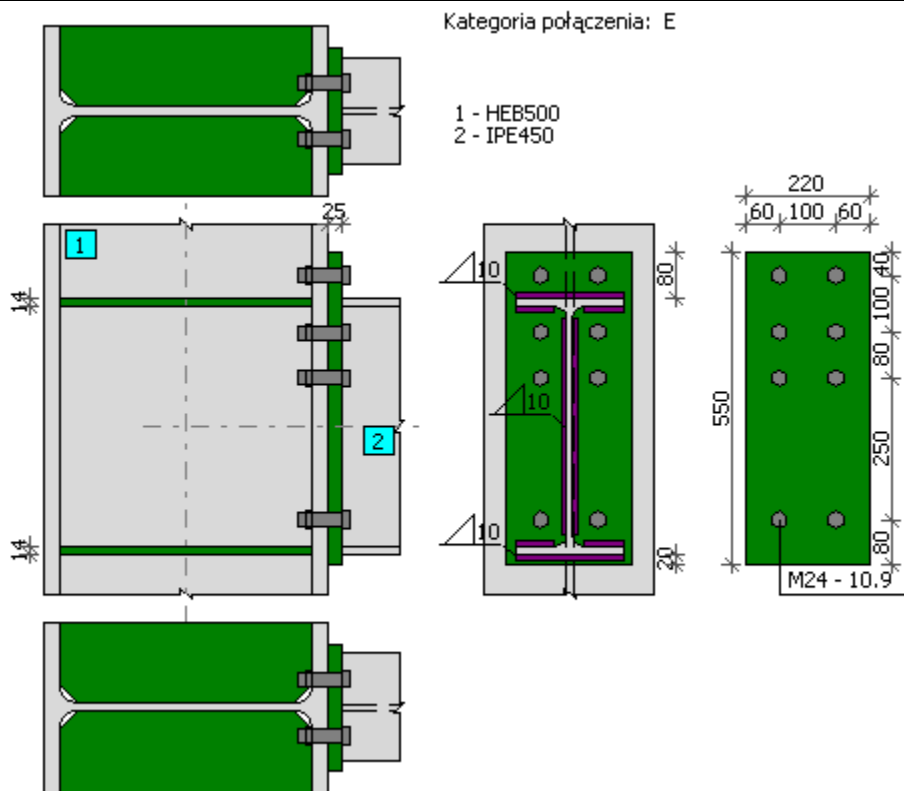
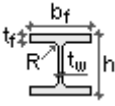
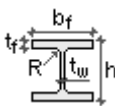
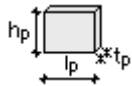
	<b>Belka - słup (blacha czołowa)</b>	Wytyczenie: 1.016	
BeamRigidColumn v. 0.9.9.4	PN-90/B-03200		



## Dane

<b>Słup HEB500</b>					
	$h_c$	$b_{fc}$	$t_{fc}$	$t_{wc}$	$R_c$
	500.000[mm]	300.000[mm]	28.000[mm]	14.500[mm]	27.000[mm]
	$A_c$	$J_{y0c}$	$J_{z0c}$	$y_{0c}$	$Z_{0c}$
	238.638[cm <sup>2</sup> ]	107175.788[cm <sup>4</sup> ]	12623.922[cm <sup>4</sup> ]	150.000[mm]	250.000[mm]
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$	
	18G2A	305.000[MPa]	355.000[MPa]	490.000[MPa]	

<b>Belka IPE450</b>					
	$h_b$	$b_{fb}$	$t_{fb}$	$t_{wb}$	$R_b$
	450.000[mm]	190.000[mm]	14.600[mm]	9.400[mm]	21.000[mm]
	$A_b$	$J_{y0b}$	$J_{z0b}$	$y_{0b}$	$Z_{0b}$
	98.821[cm <sup>2</sup> ]	33742.942[cm <sup>4</sup> ]	1675.861[cm <sup>4</sup> ]	95.000[mm]	225.000[mm]
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$	
	18G2A	305.000[MPa]	355.000[MPa]	490.000[MPa]	

Blacha czołowa				
	$l_p$	$h_p$	$t_p$	
	220.000[mm]	550.000[mm]	25.000[mm]	
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$
	18G2A	295.000[MPa]	345.000[MPa]	490.000[MPa]

### Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Klasa śruby	Klasa	10.9
Granica plastyczności	$R_e =$	940.000 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$R_m =$	1040.000 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	24.000 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	26.000 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	4.524 [cm <sup>2</sup> ]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	3.530 [cm <sup>2</sup> ]
Liczba wierszy	$w =$	4
Odległość od krawędzi poziomej	$a_1 =$	40.000 [mm]
Rozstaw poziomy	$w_1 =$	100.000 [mm]
Liczba śrub w wierszach $m_1=2$ ; $m_2=2$ ; $m_3=2$ ; $m_4=2$		
Rozstawy pionowe wierszy $a'_1=100.000$ [mm]; $a'_2=80.000$ [mm]; $a'_3=250.000$ [mm]		

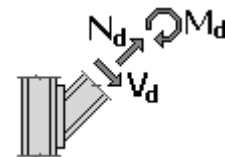
### Spoiny

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową	$a_f =$	10.000 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących środkik belki i blachę czołową	$a_w =$	10.000 [mm]

### Sily

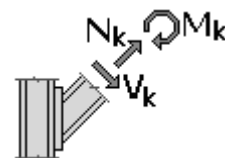
#### Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	0.000	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	400.000	[kNm]



#### Obciążenie charakterystyczne

Siła podłużna	$N_k =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_k =$	0.000	[kN]
Moment zginający	$M_k =$	300.000	[kNm]



### Rezultaty

## Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

### Nośność śrub

#### Rozciąganie śruby

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym zerwania trzpienia

$$S_{Rt} = \min[0.65 \cdot R_m \cdot A_s; 0.85 \cdot R_e \cdot A_s] = \min[0.65 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 3.530 [cm^2]; 0.85 \cdot 940.000 [MPa] \cdot 3.530 [cm^2]] = 238.628 [kN]$$

Nośność ze względu na rozwarcie styku

$$S_{Rr} = 0.85 \cdot S_{Rt} = 0.85 \cdot 238.628 [kN] = 202.834 [kN]$$

#### Scinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

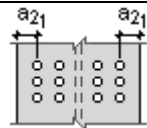
$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.142 \cdot (24.000 [mm])^2 = 4.524 [cm^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{Rv} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 1 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 4.524 [cm^2] = 211.718 [kN]$$

#### Docisk śruby

#### Docisk śruby do półki słupa

	$a_{21} = 100.000 [mm]$
$a_{1min} = \min[ a_{21} ] = 100.000 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^l = \min[a_{1min}/d; (\min[a_i; w_1]/d) - 0.75; 2.5] = \min[100.000 [mm]/24.000 [mm]; (\min[80.000 [mm]; 100.000 [mm])/24.000 [mm]) - 0.75; 2.5] = 2.500$$

$$\alpha^l > 0$$

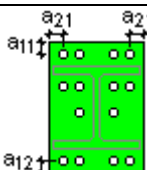
$$2.500 > 0.000$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^l = \alpha^l \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 2.500 \cdot 305.000 [MPa] \cdot 24.000 [mm] \cdot 28.000 [mm] = 512.400 [kN]$$

#### Docisk śruby do blachy

	$a_{11} = 40.000 [mm]$
	$a_{12} = 80.000 [mm]$
	$a_{21} = 60.000 [mm]$
$a_{1min} = \min[ a_{11}; a_{12}; a_{21} ] = 40.000 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{\parallel} = \min[a_{1\min}/d; (\min[a_i; w_1]/d)-0.75; 2.5] = \min[40.000[mm]/24.000[mm]; (\min[80.000[mm]; 100.000[mm])/24.000[mm])-0.75; 2.5] = 1.667$$

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

$$1.667 > 0.000$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{\parallel} = \alpha^{\parallel} * f_d * d * \Sigma t_i = 1.667 * 295.000[MPa] * 24.000[mm] * 25.000[mm] = 295.000[kN]$$

### Nośność na ścinanie

Siła poprzeczna

$$V_0 = -N_d * \sin(\alpha) + V_d * \cos(\alpha) = -(0.000[kN]) * \sin(0.000[Deg]) + 0.000[kN] * \cos(0.000[Deg]) = 0.000[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły podłużnej

$$S = V_0/n_b = 0.000[kN]/8 = 0.000[kN]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$S_R = \min[S_{Rv}; S_{Rb}^{\perp}; S_{Rb}^{\parallel}] = \min[211.718[kN]; 512.400[kN]; 295.000[kN]] = 211.718[kN]$$

$$|S| \leq S_R$$

$$|0.000[kN]| < 211.718[kN]$$

$$0.000$$



### Parametry blachy czołowej

Odległość między brzegiem otworu a spoiną lub początkiem zaokrąglenia

$$c = 12.858[mm]$$

Szerokość współdziałania blachy przypadająca na jedną śrubę

$$b_s = 2 * (c + d) = 2 * (12.858[mm] + 24.000[mm]) = 73.716[mm]$$

$$t_{\min 1} = 1.2 * \sqrt{[(c * S_{Ri}) / (b_s * f_d)]} = 1.2 * \sqrt{[(12.858[mm] * 238.628[kN]) / (73.716[mm] * 295.000[MPa])]} = 14.254[mm]$$

$$t_{\min 2} = d * \sqrt[3]{[R_m / 1000]} = 24.000[mm] * \sqrt[3]{[1040.000[MPa] / 1000]} = 24.316[mm]$$

Minimalna grubość blachy czołowej

$$t_{\min} = \max(t_{\min 1}, t_{\min 2}) = \max(14.254[mm]; 24.316[mm]) = 24.316[mm]$$

$$t_p \geq t_{\min}$$

$$t_p = 25.000[mm] \geq t_{\min} = 24.316[mm]$$



Współczynnik efektu dźwigni

$$\beta = 2.67 - t_p / t_{\min} = 2.67 - 25.000[mm] / 24.316[mm] = 1.642$$

## Nośność na zginanie

### Stan graniczny nośności

#### Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d = 400.000 [kNm]$$

Odległość między osiami póltek belki

$$h_0 = (h_b - t_{fb}) / \cos(\alpha) = (450.000 [mm] - 14.600 [mm]) / \cos(0.000 [Deg]) = 435.400 [mm]$$

Minimalne ramię działania sił w śrubach

$$z_{min} = 0.6 * h_0 = 0.6 * 435.400 [mm] = 261.240 [mm]$$

Nr	$z_i$	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 482.700 [mm]$	✓	
2	$z_2 = 382.700 [mm]$	✓	
3	$z_3 = 302.700 [mm]$	✓	
4	$z_4 = 52.700 [mm]$	✗	

Nr	$m_i$	$\omega_{ti}$	Wiersz	
1	$m_1 = 2$	$\omega_{t1} = 0.800$	zewnątrzny	
2	$m_2 = 2$	$\omega_{t2} = 1.000$	wewnętrzny	
3	$m_3 = 2$	$\omega_{t3} = 0.800$	środkowy	
4	$m_4 = 2$	-	wewnętrzny	

Nośność ze względu na zerwanie śrub

$$M_{Rjd} = S_{Rt} * \sum(m_i * \omega_{ti} * z_i) = S_{Rt} * (m_1 * \omega_{t1} * z_1 + m_2 * \omega_{t2} * z_2 + m_3 * \omega_{t3} * z_3) = 238.628 [kN] * (2 * 0.800 * 482.700 [mm] + 2 * 1.000 * 382.700 [mm] + 2 * 0.800 * 302.700 [mm]) = 482.515 [kNm]$$

$$|M_0| \leq M_{Rjd}$$

$$|400.000 [kNm]| < 482.515 [kNm]$$

**0.829**



## Stan graniczny użyteczności

### Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_k = 300.000 [kNm]$$

Nr	$z_i$	$z_{ired}$	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 482.700 [mm]$	$z_{1red} = z_1 - h_b/6 = 482.700 [mm] - 450.000 [mm]/6 = 407.700 [mm]$	✓	
2	$z_2 = 382.700 [mm]$	$z_{2red} = z_2 - h_b/6 = 382.700 [mm] - 450.000 [mm]/6 = 307.700 [mm]$	✓	
3	$z_3 = 302.700 [mm]$	$z_{3red} = z_3 - h_b/6 = 302.700 [mm] - 450.000 [mm]/6 = 227.700 [mm]$	✓	
4	$z_4 = 52.700 [mm]$	$z_{4red} = z_4 - h_b/6 = 52.700 [mm] - 450.000 [mm]/6 = -22.300 [mm]$	✗	

Nr	$m_i$	$\omega_{ri}$	Wiersz	
1	$m_1 = 2$	$\omega_{r1} = 0.700$	zewnątrzny	
2	$m_2 = 2$	$\omega_{r2} = 1.000$	wewnętrzny	
3	$m_3 = 2$	$\omega_{r3} = 0.800$	środkowy	
4	$m_4 = 2$	-	wewnętrzny	

Nośność ze względu na rozwarcie styku

$$M_{Rjk} = S_{Rr} * [ m_1 * \omega_{r1} * z_{1red} + \Sigma ( m_i * \omega_{ri} * z_{ired}^2 / z_{2red} ) ] = S_{Rr} * [ m_1 * \omega_{r1} * z_{1red} + m_2 * \omega_{r2} * z_{2red}^2 / z_{2red} + m_3 * \omega_{r3} * z_{3red}^2 / z_{2red} ] =$$

$$202.834 [kN] * [ 2 * 0.700 * 407.700 [mm] + 2 * 1.000 * (307.700 [mm])^2 / 307.700 [mm] + 2 * 0.800 * (227.700 [mm])^2 / 307.700 [mm] ] = 295.281 [kNm]$$

$$|M_0| \leq M_{Rjk}$$

$$|300.000 [kNm]| > 295.281 [kNm]$$

1.016

