
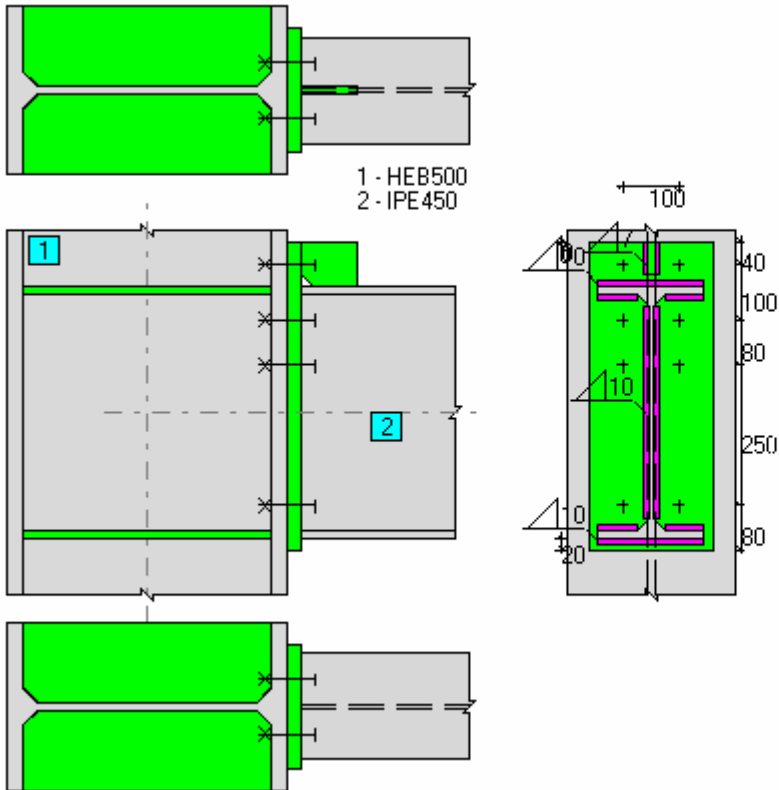
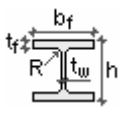
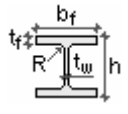
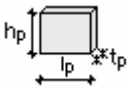
	<b>Belka - słup (blacha czołowa)</b>	Wytężenie: 1.194	
BeamRigidColumn v. 0.9.9.0	PN-90/B-03200		



## Dane

<b>Słup HEB500</b>					
	$h_c$	$b_{fc}$	$t_{fc}$	$t_{wc}$	$R_c$
	500.00[mm]	300.00[mm]	28.00[mm]	14.50[mm]	27.00[mm]
	$A_c$	$J_{y0c}$	$J_{z0c}$	$y_{0c}$	$z_{0c}$
	238.64[cm <sup>2</sup> ]	107175.79[cm <sup>4</sup> ]	12623.92[cm <sup>4</sup> ]	150.00[mm]	250.00[mm]
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$	
	18G2A	305.00[MPa]	355.00[MPa]	490.00[MPa]	

<b>Belka IPE450</b>					
	$h_b$	$b_{fb}$	$t_{fb}$	$t_{wb}$	$R_b$
	450.00[mm]	190.00[mm]	14.60[mm]	9.40[mm]	21.00[mm]
	$A_b$	$J_{y0b}$	$J_{z0b}$	$y_{0b}$	$z_{0b}$
	98.82[cm <sup>2</sup> ]	33742.94[cm <sup>4</sup> ]	1675.86[cm <sup>4</sup> ]	95.00[mm]	225.00[mm]
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$	
	18G2A	305.00[MPa]	355.00[MPa]	490.00[MPa]	

Blacha czołowa				
	$l_p$	$h_p$	$t_p$	
	220.00[mm]	550.00[mm]	25.00[mm]	
Materiał	Klasa	$f_d$	$R_e$	$R_m$
	18G2A	295.00[MPa]	345.00[MPa]	490.00[MPa]

### Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Klasa śruby	Klasa	10.9
Granica plastyczności	$R_e =$	940.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$R_m =$	1040.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	24.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	26.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	4.52 [cm <sup>2</sup> ]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	3.53 [cm <sup>2</sup> ]
Liczba wierszy	$w =$	4
Liczba śrub w wierszach $m_1=2$ ; $m_2=2$ ; $m_3=2$ ; $m_4=2$		
Rozstawy pionowe wierszy $a_1=100.00[mm]$ ; $a_2=80.00[mm]$ ; $a_3=250.00[mm]$		

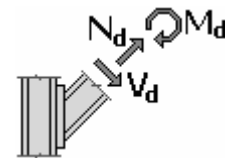
### Spoiny

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową	$a_f =$	10.00 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących środkik belki i blachę czołową	$a_w =$	10.00 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących żebro górne i blachę czołową	$a_{su} =$	7.00 [mm]

### Siły

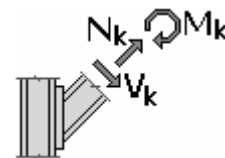
#### Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	0.000	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	400.00	[kNm]



#### Obciążenie charakterystyczne

Siła podłużna	$N_k =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_k =$	0.000	[kN]
Moment zginający	$M_k =$	300.00	[kNm]



### Rezultaty

#### Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

#### Nośność śrub

#### Rozciąganie śruby

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym zerwania trzpienia

$$S_{Rt} = \min[0.65 \cdot R_m \cdot A_s; 0.85 \cdot R_e \cdot A_s] = \min[0.65 \cdot 1040.00 [MPa] \cdot 3.53 [cm^2]; 0.85 \cdot 940.00 [MPa] \cdot 3.53 [cm^2]] = 238.628 [kN]$$

Nośność ze względu na rozwarście styku

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

### Scinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.142 \cdot (24.00 [mm])^2 = 4.52 [cm^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{Rv} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 1 \cdot 1040.00 [MPa] \cdot 4.52 [cm^2] = 211.718 [kN]$$

### Docisk śruby

Docisk śruby do półki słupa

	$a_{21} = 100.00 [mm]$
$a_{1min} = \min[ a_{21} ] = 100.00 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^I = \min[a_{1min}/d; (\min[a_i; w_1]/d) - 0.75; 2.5] = \min[100.00 [mm]/24.00 [mm]; (\min[80.00 [mm]; 100.00 [mm]]/24.00 [mm]) - 0.75; 2.5] = 2.500$$

$\alpha^I > 0$

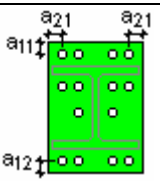
2.500 > 0.000



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^I = \alpha^I \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 2.500 \cdot 305.00 [MPa] \cdot 24.00 [mm] \cdot 28.00 [mm] = 512.400 [kN]$$

Docisk śruby do blachy

	$a_{11} = 40.00 [mm]$
	$a_{12} = 80.00 [mm]$
	$a_{21} = 60.00 [mm]$
$a_{1min} = \min[ a_{11}; a_{12}; a_{21} ] = 40.00 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{II} = \min[a_{1min}/d; (\min[a_i; w_1]/d) - 0.75; 2.5] = \min[40.00 [mm]/24.00 [mm]; (\min[80.00 [mm]; 100.00 [mm]]/24.00 [mm]) - 0.75; 2.5] = 1.667$$

$\alpha^{II} > 0$

1.667 > 0.000



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{II} = \alpha^{II} \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.667 \cdot 295.00 [MPa] \cdot 24.00 [mm] \cdot 25.00 [mm] = 295.000 [kN]$$

**Nośność na ścinanie**

Siła poprzeczna

$$V_0 = -N_d \cdot \sin(\alpha) + V_d \cdot \cos(\alpha) = -(0.000[kN]) \cdot \sin(0.00[Deg]) + 0.000[kN] \cdot \cos(0.00[Deg]) = 0.000[kN]$$

Siła składowa w śrubie od wpływu siły podłużnej

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

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$S_R = \min[S_{RV}; S_{RB}^I; S_{RB}^{II}] = \min[211.718[kN]; 512.400[kN]; 295.000[kN]] = 211.718[kN]$$

$ S  \leq S_R$	$ 0.000[kN]  < 211.718[kN]$	<b>0.000</b>	✓
----------------	-----------------------------	--------------	---

### Parametry blachy czołowej

Odległość między brzegiem otworu a spoiną lub początkiem zaokrąglenia

$$c = 12.86[mm]$$

Szerokość współdziałania blachy przypadająca na jedną śrubę

$$b_s = 2 \cdot (c+d) = 2 \cdot (12.86[mm] + 24.00[mm]) = 73.72[mm]$$

$$t_{min1} = 1.2 \cdot \sqrt{[(c \cdot S_{Rt}) / (b_s \cdot f_d)]} = 1.2 \cdot \sqrt{[(12.86[mm] \cdot 238.628[kN]) / (73.72[mm] \cdot 295.00[MPa])]} = 14.25[mm]$$

$$t_{min2} = d \cdot \sqrt[3]{[R_m / 1000]} = 24.00[mm] \cdot \sqrt[3]{[1040.00[MPa] / 1000]} = 24.32[mm]$$

Minimalna grubość blachy czołowej

$$t_{min} = \max(t_{min1}, t_{min2}) = \max(14.25[mm]; 24.32[mm]) = 24.32[mm]$$

$t_p \geq t_{min}$	$t_p = 25.00[mm] \geq t_{min} = 24.32[mm]$		✓!
--------------------	--	--	----

Współczynnik efektu dźwigni

$$\beta = 2.67 \cdot t_p / t_{min} = 2.67 \cdot 25.00[mm] / 24.32[mm] = 1.642$$

### Nośność na zginanie

## Stan graniczny nośności

### Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

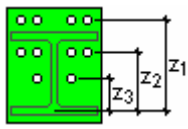
$$M_0 = M_d = 400.00[kNm]$$

Odległość między osiami półek belki

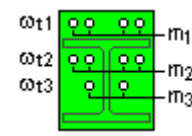
$$h_0 = (h_b - t_{fb}) / \cos(\alpha) = (450.00[mm] - 14.60[mm]) / \cos(0.00[Deg]) = 435.40[mm]$$

Minimalne ramię działania sił w śrubach

$$z_{min} = 0.6 \cdot h_0 = 0.6 \cdot 435.40[mm] = 261.24[mm]$$

Nr	$z_i$	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 482.70[mm]$	✓	
2	$z_2 = 382.70[mm]$	✓	
3	$z_3 = 302.70[mm]$	✓	
4	$z_4 = 52.70[mm]$	✗	

Nr	$m_i$	$\omega_i$	Wiersz
1	$m_1 = 2$	$\omega_{t1} = 0.900$	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

$$M_{Rjd} = S_{Rt} \cdot \Sigma(m_i \cdot \omega_i \cdot z_i) = S_{Rt} \cdot (m_1 \cdot \omega_{t1} \cdot z_1 + m_2 \cdot \omega_{t2} \cdot z_2 + m_3 \cdot \omega_{t3} \cdot z_3) = 238.628[kN] \cdot (2 \cdot 0.900 \cdot 482.70[mm] + 2 \cdot 1.000 \cdot 382.70[mm] + 2 \cdot 0.800 \cdot 302.70[mm]) = 505.55[kNm]$$

$ M_0  \leq M_{Rjd}$	$ 400.00[kNm]  < 505.55[kNm]$	<b>0.791</b>
----------------------	-------------------------------	--------------

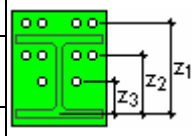
## Stan graniczny użyteczności

### Siły w śrubach

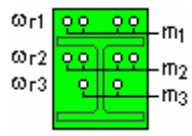
Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_k = 300.00[kNm]$$

Nr	$z_i$	$z_{ired}$	$z_i > z_{min}$
1	$z_1 = 482.70[mm]$	$z_{1red} = z_1 - h_b/6 = 482.70[mm] - 450.00[mm]/6 = 407.70[mm]$	
2	$z_2 = 382.70[mm]$	$z_{2red} = z_2 - h_b/6 = 382.70[mm] - 450.00[mm]/6 = 307.70[mm]$	
3	$z_3 = 302.70[mm]$	$z_{3red} = z_3 - h_b/6 = 302.70[mm] - 450.00[mm]/6 = 227.70[mm]$	
4	$z_4 = 52.70[mm]$	$z_{4red} = z_4 - h_b/6 = 52.70[mm] - 450.00[mm]/6 = -22.30[mm]$	



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

$$M_{Rjk} = (S_{Rr}/z_{1red}) \cdot \Sigma(m_i \cdot \omega_{ri} \cdot z_{ired}^2) = (S_{Rr}/z_{1red}) \cdot (m_1 \cdot \omega_{r1} \cdot z_{1red}^2 + m_2 \cdot \omega_{r2} \cdot z_{2red}^2 + m_3 \cdot \omega_{r3} \cdot z_{3red}^2) = (202.834[kN]/407.70[mm]) \cdot (2 \cdot 0.700 \cdot (407.70[mm])^2 + 2 \cdot 1.000 \cdot (307.70[mm])^2 + 2 \cdot 0.800 \cdot (227.70[mm])^2) = 251.25[kNm]$$

$ M_0  \leq M_{Rjk}$	$ 300.00[kNm]  > 251.25[kNm]$	<b>1.194</b>
----------------------	-------------------------------	--------------