
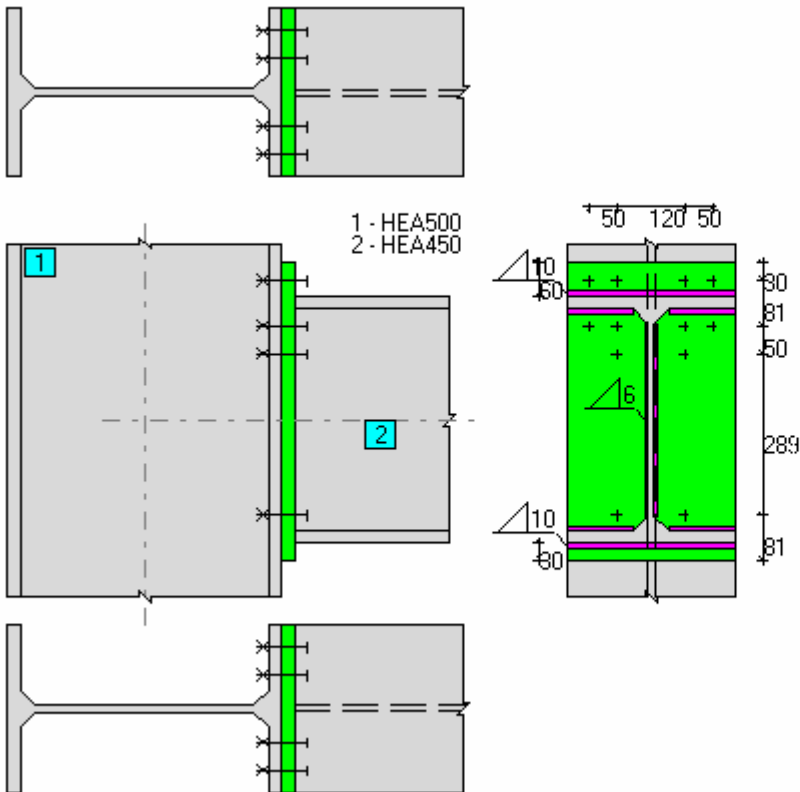

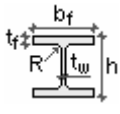
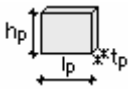
	Belka - słup (blacha czołowa)	Wyteżenie: 0.918	
BeamRigidColumn v. 0.9.9.0	PN-90/B-03200		



Dane

Słup HEA500					
	h_c	b_{fc}	t_{fc}	t_{wc}	R_c
	490.00[mm]	300.00[mm]	23.00[mm]	12.00[mm]	27.00[mm]
	A_c	J_{y0c}	J_{z0c}	y_{0c}	z_{0c}
	197.54[cm ²]	86974.78[cm ⁴]	10367.06[cm ⁴]	150.00[mm]	245.00[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.000[MPa]	355.000[MPa]	490.000[MPa]	

Belka HEA450					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	440.00[mm]	300.00[mm]	21.00[mm]	11.50[mm]	27.00[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	178.03[cm ²]	63721.63[cm ⁴]	9465.33[cm ⁴]	150.00[mm]	220.00[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	
	300.00[mm]	530.00[mm]	25.00[mm]	
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m
	18G2	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	$d =$	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 śrub w wierszach $m_1=4, m_2=4, m_3=2, m_4=2$		
Rozstawy pionowe wierszy $a_1=81.00[mm], a_2=50.00[mm], a_3=288.50[mm]$		

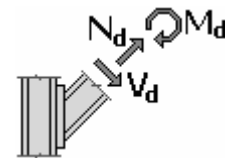
Spoiny

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową□	$a_f =$	10.00 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących środkik belki i blachę czołową□	$a_w =$	6.00 [mm]

Siły

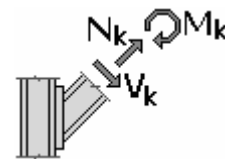
Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	350.000	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	362.500	[kNm]



Obciążenie charakterystyczne

Siła podłużna	$N_k =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_k =$	280.000	[kN]
Moment zginający	$M_k =$	290.000	[kNm]



Rezultaty

Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Nośność śrub

Rozciąganie śruby

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym zerwania trzpienia

$$S_{Rt} = \min[0.65 \cdot R_m \cdot A_s; 0.85 \cdot R_e \cdot A_s] = \min[0.65 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 2.45 [cm^2]; 0.85 \cdot 940.000 [MPa] \cdot 2.45 [cm^2]] = 165.620 [kN]$$

Nośność ze względu na rozwarście styku

$$S_{Rr} = 0.85 \cdot S_{Rt} = 0.85 \cdot 165.620 [kN] = 140.777 [kN]$$

Scinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

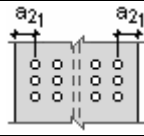
$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.142 \cdot (20.00 [mm])^2 = 3.14 [cm^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{Rv} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 1 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 3.14 [cm^2] = 147.027 [kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki słupa

	$a_{21} = 65.00 [mm]$
$a_{1min} = \min[a_{21}] = 65.00 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^I = \min[a_{1min}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[65.00 [mm]/20.00 [mm]; (\min[0.00 [mm], 120.00 [mm]]/20.00 [mm]) - 0.75; 2.5] = 1.750$$

$\alpha^I > 0$

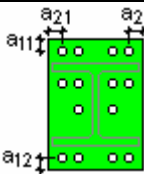
$$1.750 > 0.000$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^I = \alpha^I \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.750 \cdot 305.000 [MPa] \cdot 20.00 [mm] \cdot 23.00 [mm] = 245.525 [kN]$$

Docisk śruby do blachy

	$a_{11} = 30.00 [mm]$
	$a_{12} = 80.50 [mm]$
	$a_{21} = 65.00 [mm]$
$a_{1min} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}] = 30.00 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{II} = \min[a_{1min}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[30.00 [mm]/20.00 [mm]; (\min[0.00 [mm], 120.00 [mm]]/20.00 [mm]) - 0.75; 2.5] = 1.500$$

$\alpha^{II} > 0$

$$1.500 > 0.000$$



Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{II} = \alpha^{II} \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.500 \cdot 295.000 [MPa] \cdot 20.00 [mm] \cdot 25.00 [mm] = 221.250 [kN]$$

Parametry blachy czołowej

Odległość między brzegiem otworu a spoiną lub początkiem zaokrąglenia

$$c = 20.00[mm]$$

Szerokość współdziałania blachy przypadająca na jedną śrubę

$$b_s = 2*(c+d) = 2*(20.00[mm]+20.00[mm]) = 80.00[mm]$$

$$t_{min1} = 1.2 * \sqrt{[(c * S_{Rt}) / (b_s * f_d)]} = 1.2 * \sqrt{[(20.00[mm] * 165.620[kN]) / (80.00[mm] * 295.000[MPa])]} = 14.22[mm]$$

$$t_{min2} = d * \sqrt[3]{[R_m / 1000]} = 20.00[mm] * \sqrt[3]{[1040.000[MPa] / 1000]} = 20.26[mm]$$

Minimalna grubość blachy czołowej

$$t_{min} = \max(t_{min1}, t_{min2}) = \max(14.22[mm]; 20.26[mm]) = 20.26[mm]$$

$$t_p \geq t_{min}$$

$$t_p = 25.00[mm] \geq t_{min} = 20.26[mm]$$



Współczynnik efektu dźwigni

$$\beta = 2.67 - t_p / t_{min} = 2.67 - 25.00[mm] / 20.26[mm] = 1.436$$

Nośność na zginanie

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d = 362.500[kNm]$$

Odległość między osiami póltek belki

$$h_0 = (h_b - t_{fb}) / \cos(\alpha) = (440.00[mm] - 21.00[mm]) / \cos(0.00[Deg]) = 419.00[mm]$$

Minimalne ramię działania sił w śrubach

$$z_{min} = 0.6 * h_0 = 0.6 * 419.00[mm] = 251.40[mm]$$

Nr	z_i	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 459.50[mm]$	✓	
2	$z_2 = 378.50[mm]$	✓	
3	$z_3 = 328.50[mm]$	✓	
4	$z_4 = 40.00[mm]$	✗	

Nr	m_i	ω_i	Wiersz	
1	$m_1 = 4$	$\omega_1 = 0.700$	zewnątrzny	
2	$m_2 = 4$	$\omega_2 = 0.900$	wewnętrzny	
3	$m_3 = 2$	$\omega_3 = 0.800$	środkowy	
4	$m_4 = 2$	-	wewnętrzny	

Nośność ze względu na zerwanie śrub

$$M_{Rjd} = S_{Rt} * \sum(m_i * \omega_i * z_i) = S_{Rt} * (m_1 * \omega_1 * z_1 + m_2 * \omega_2 * z_2 + m_3 * \omega_3 * z_3) = 165.620[kN] * (4 * 0.700 * 459.50[mm] + 4 * 0.900 * 378.50[mm] + 2 * 0.800 * 328.50[mm]) = 525.810[kNm]$$

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

$$|362.500[kNm]| < 525.810[kNm]$$

$$0.689$$



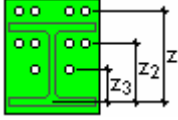
Stan graniczny użyteczności

Siły w śrubach

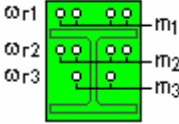
Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_k = 290.000 [kNm]$$

Nr	z_i	Z_{ired}	$Z_i > Z_{min}$
1	$Z_1 = 459.50 [mm]$	$Z_{1red} = z_1 - h_b/6 = 459.50 [mm] - 440.00 [mm]/6 = 386.17 [mm]$	✓
2	$Z_2 = 378.50 [mm]$	$Z_{2red} = z_2 - h_b/6 = 378.50 [mm] - 440.00 [mm]/6 = 305.17 [mm]$	✓
3	$Z_3 = 328.50 [mm]$	$Z_{3red} = z_3 - h_b/6 = 328.50 [mm] - 440.00 [mm]/6 = 255.17 [mm]$	✓
4	$Z_4 = 40.00 [mm]$	$Z_{4red} = z_4 - h_b/6 = 40.00 [mm] - 440.00 [mm]/6 = -33.33 [mm]$	✗



Nr	m_i	ω_{ri}	Wiersz
1	$m_1 = 4$	$\omega_{r1} = 0.600$	zewnątrzny
2	$m_2 = 4$	$\omega_{r2} = 0.800$	wewnętrzny
3	$m_3 = 2$	$\omega_{r3} = 0.800$	środkowy
4	$m_4 = 2$	-	wewnętrzny



Nośność ze względu na rozwarście styku

$$M_{Rjk} = S_{Rr} * [m_1 * \omega_{r1} * z_{1red} + \Sigma (m_i * \omega_{ri} * z_{ired}^2 / z_{ired})] = S_{Rr} * [m_1 * \omega_{r1} * z_{1red} + m_2 * \omega_{r2} * z_{2red}^2 / z_{2red} + m_3 * \omega_{r3} * z_{3red}^2 / z_{2red}] = 140.777 [kN] * [4 * 0.600 * 386.17 [mm] + 4 * 0.800 * (305.17 [mm])^2 / 305.17 [mm] + 2 * 0.800 * (255.17 [mm])^2 / 305.17 [mm]] = 316.003 [kNm]$$

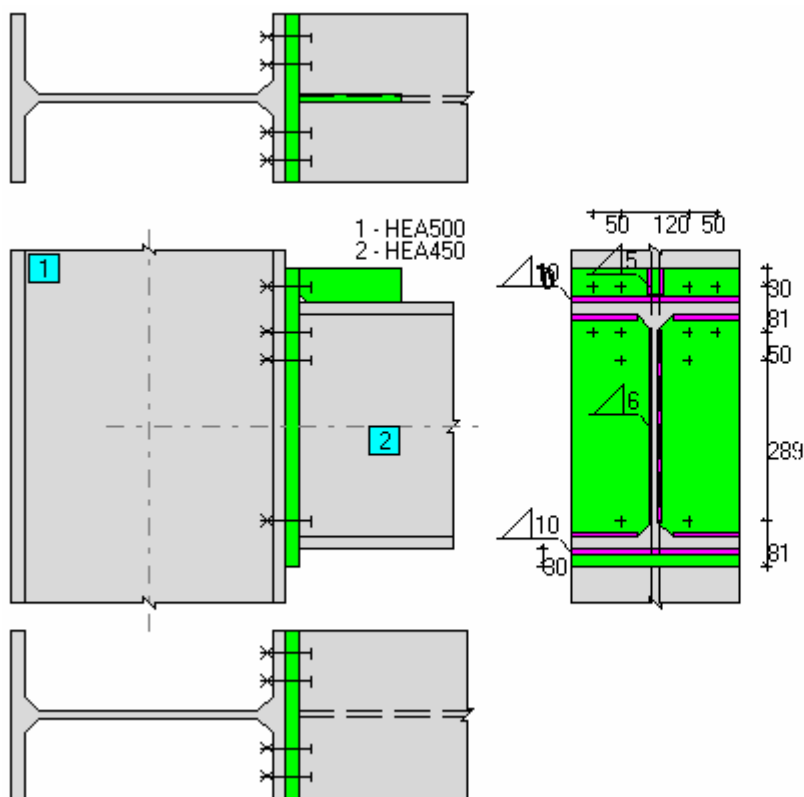
$$|M_0| \leq M_{Rjk}$$

$$|290.000 [kNm]| < 316.003 [kNm]$$

0.918



Połączenie z żeberkiem usztywniającym



Dane

Słup HEA500					
	h_c	b_{fc}	t_{fc}	t_{wc}	R_c
	490.000[mm]	300.000[mm]	23.000[mm]	12.000[mm]	27.000[mm]
	A_c	J_{y0c}	J_{z0c}	y_{0c}	z_{0c}
	197.538[cm ²]	86974.780[cm ⁴]	10367.055[cm ⁴]	150.000[mm]	245.000[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.000[MPa]	355.000[MPa]	490.000[MPa]	

Belka HEA450					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	440.000[mm]	300.000[mm]	21.000[mm]	11.500[mm]	27.000[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	178.028[cm ²]	63721.633[cm ⁴]	9465.333[cm ⁴]	150.000[mm]	220.000[mm]
Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m	
	18G2A	305.000[MPa]	355.000[MPa]	490.000[MPa]	

Błacha czołowa				
	l_p	h_p	t_p	
	300.000[mm]	530.000[mm]	25.000[mm]	

Materiał	Klasa	f_d	R_e	R_m
	St3SX	205.000[MPa]	225.000[MPa]	375.000[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	$d =$	20.000 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	22.000 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	3.142 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.450 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	4
Liczba śrub w wierszach $m_1=4, m_2=4, m_3=2, m_4=2$		
Rozstawy pionowe wierszy $a_1=81.000[mm], a_2=50.000[mm], a_3=288.500[mm]$		

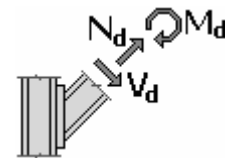
Spoiny

Grubość spoin pachwinowych łączących półki belki i blachę czołową□	$a_f =$	10.000 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących środkik belki i blachę czołową□	$a_w =$	6.000 [mm]
Grubość spoin pachwinowych łączących żebro górne i blachę czołową□	$a_{su} =$	5.000 [mm]

Siły

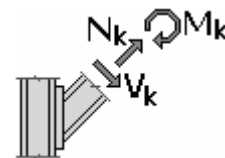
Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_d =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_d =$	350.000	[kN]
Moment zginający	$M_d =$	362.500	[kNm]



Obciążenie charakterystyczne

Siła podłużna	$N_k =$	0.000	[kN]
Siła poprzeczna	$V_k =$	280.000	[kN]
Moment zginający	$M_k =$	290.000	[kNm]



Rezultaty

Śruby łączące blachę czołową i półkę słupa

Nośność śrub

Rozciąganie śruby

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym zerwania trzpienia

$$S_{Rt} = \min[0.65 \cdot R_m \cdot A_s; 0.85 \cdot R_e \cdot A_s] = \min[0.65 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 2.450 [cm^2]; 0.85 \cdot 940.000 [MPa] \cdot 2.450 [cm^2]] = 165.620 [kN]$$

Nośność ze względu na rozwarście styku

$$S_{Rr} = 0.85 \cdot S_{Rt} = 0.85 \cdot 165.620 [kN] = 140.777 [kN]$$

Scinanie trzpienia śruby

Pole ścinanej części śruby

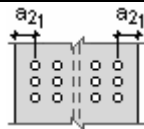
$$A_v = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.142 \cdot (20.000 [mm])^2 = 3.142 [cm^2]$$

Nośność na ścinanie trzpienia

$$S_{Rv} = 0.45 \cdot m \cdot R_m \cdot A_v = 0.45 \cdot 1 \cdot 1040.000 [MPa] \cdot 3.142 [cm^2] = 147.027 [kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki słupa

	$a_{21} = 65.000 [mm]$
$a_{1min} = \min[a_{21}] = 65.000 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

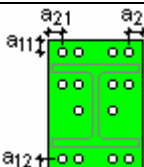
$$\alpha^I = \min[a_{1min}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[65.000 [mm]/20.000 [mm]; (\min[0.000 [mm], 120.000 [mm]]/20.000 [mm]) - 0.75; 2.5] = 1.750$$

$\alpha^I > 0$ $1.750 > 0.000$ ✓

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^I = \alpha^I \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.750 \cdot 305.000 [MPa] \cdot 20.000 [mm] \cdot 23.000 [mm] = 245.525 [kN]$$

Docisk śruby do blachy

	$a_{11} = 30.000 [mm]$
	$a_{12} = 80.500 [mm]$
	$a_{21} = 65.000 [mm]$
$a_{1min} = \min[a_{11}; a_{12}; a_{21}] = 30.000 [mm]$	

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha^{II} = \min[a_{1min}/d; (\min[a, a_3]/d) - 0.75; 2.5] = \min[30.000 [mm]/20.000 [mm]; (\min[0.000 [mm], 120.000 [mm]]/20.000 [mm]) - 0.75; 2.5] = 1.500$$

$\alpha^{II} > 0$ $1.500 > 0.000$!

Nośność obliczeniowa w stanie granicznym uplastycznienia ścianki otworu

$$S_{Rb}^{II} = \alpha^{II} \cdot f_d \cdot d \cdot \Sigma t_i = 1.500 \cdot 205.000 [MPa] \cdot 20.000 [mm] \cdot 25.000 [mm] = 153.750 [kN]$$

Parametry blachy czołowej

Odległość między brzegiem otworu a spoiną lub początkiem zaokrąglenia

$$c = 20.000[mm]$$

Szerokość współdziałania blachy przypadająca na jedną śrubę

$$b_s = 2*(c+d) = 2*(20.000[mm]+20.000[mm]) = 80.000[mm]$$

$$t_{min1} = 1.2 * \sqrt{[(c * S_{Rt}) / (b_s * f_d)]} = 1.2 * \sqrt{[(20.000[mm] * 165.620[kN]) / (80.000[mm] * 205.000[MPa])]} = 17.054[mm]$$

$$t_{min2} = d * \sqrt[3]{[R_m / 1000]} = 20.000[mm] * \sqrt[3]{[1040.000[MPa] / 1000]} = 20.263[mm]$$

Minimalna grubość blachy czołowej

$$t_{min} = \max(t_{min1}, t_{min2}) = \max(17.054[mm]; 20.263[mm]) = 20.263[mm]$$

$$t_p \geq t_{min}$$

$$t_p = 25.000[mm] \geq t_{min} = 20.263[mm]$$



Współczynnik efektu dźwigni

$$\beta = 2.67 - t_p / t_{min} = 2.67 - 25.000[mm] / 20.263[mm] = 1.436$$

Nośność na zginanie

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_d = 362.500[kNm]$$

Odległość między osiami póltek belki

$$h_0 = (h_b - t_{fb}) / \cos(\alpha) = (440.000[mm] - 21.000[mm]) / \cos(0.000[Deg]) = 419.000[mm]$$

Minimalne ramię działania sił w śrubach

$$z_{min} = 0.6 * h_0 = 0.6 * 419.000[mm] = 251.400[mm]$$

Nr	z_i	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 459.500[mm]$	✓	
2	$z_2 = 378.500[mm]$	✓	
3	$z_3 = 328.500[mm]$	✓	
4	$z_4 = 40.000[mm]$	✗	

Nr	m_i	ω_i	Wiersz	
1	$m_1 = 4$	$\omega_{t1} = 0.800$	zewnątrzny	
2	$m_2 = 4$	$\omega_{t2} = 0.900$	wewnętrzny	
3	$m_3 = 2$	$\omega_{t3} = 0.800$	środkowy	
4	$m_4 = 2$	-	wewnętrzny	

Nośność ze względu na zerwanie śrub

$$M_{Rjd} = S_{Rt} * \sum(m_i * \omega_i * z_i) = S_{Rt} * (m_1 * \omega_{t1} * z_1 + m_2 * \omega_{t2} * z_2 + m_3 * \omega_{t3} * z_3) = 165.620[kN] * (4 * 0.800 * 459.500[mm] + 4 * 0.900 * 378.500[mm] + 2 * 0.800 * 328.500[mm]) = 556.251[kNm]$$

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

$$|362.500[kNm]| < 556.251[kNm]$$

$$0.652$$

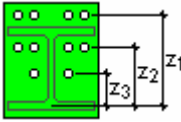


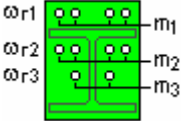
Stan graniczny użyteczności

Siły w śrubach

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = M_k = 290.000 [kNm]$$

Nr	z_i	z_{ired}	$z_i > z_{min}$	
1	$z_1 = 459.500 [mm]$	$z_{1red} = z_1 - h_b/6 = 459.500 [mm] - 440.000 [mm]/6 = 386.167 [mm]$	✓	
2	$z_2 = 378.500 [mm]$	$z_{2red} = z_2 - h_b/6 = 378.500 [mm] - 440.000 [mm]/6 = 305.167 [mm]$	✓	
3	$z_3 = 328.500 [mm]$	$z_{3red} = z_3 - h_b/6 = 328.500 [mm] - 440.000 [mm]/6 = 255.167 [mm]$	✓	
4	$z_4 = 40.000 [mm]$	$z_{4red} = z_4 - h_b/6 = 40.000 [mm] - 440.000 [mm]/6 = -33.333 [mm]$	✗	

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

Nośność ze względu na rozwarcie styku

$$M_{Rjk} = (S_{Rr}/z_{1red}) * \sum (m_i * \omega_i * z_{ired}^2) = (S_{Rr}/z_{1red}) * (m_1 * \omega_{r1} * z_{1red}^2 + m_2 * \omega_{r2} * z_{2red}^2 + m_3 * \omega_{r3} * z_{3red}^2) = (140.777 [kN]/386.167 [mm]) * (4 * 0.700 * (386.167 [mm])^2 + 4 * 0.800 * (305.167 [mm])^2 + 2 * 0.800 * (255.167 [mm])^2) = 298.833 [kNm]$$

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

$$|290.000 [kNm]| < 298.833 [kNm]$$

0.970

