

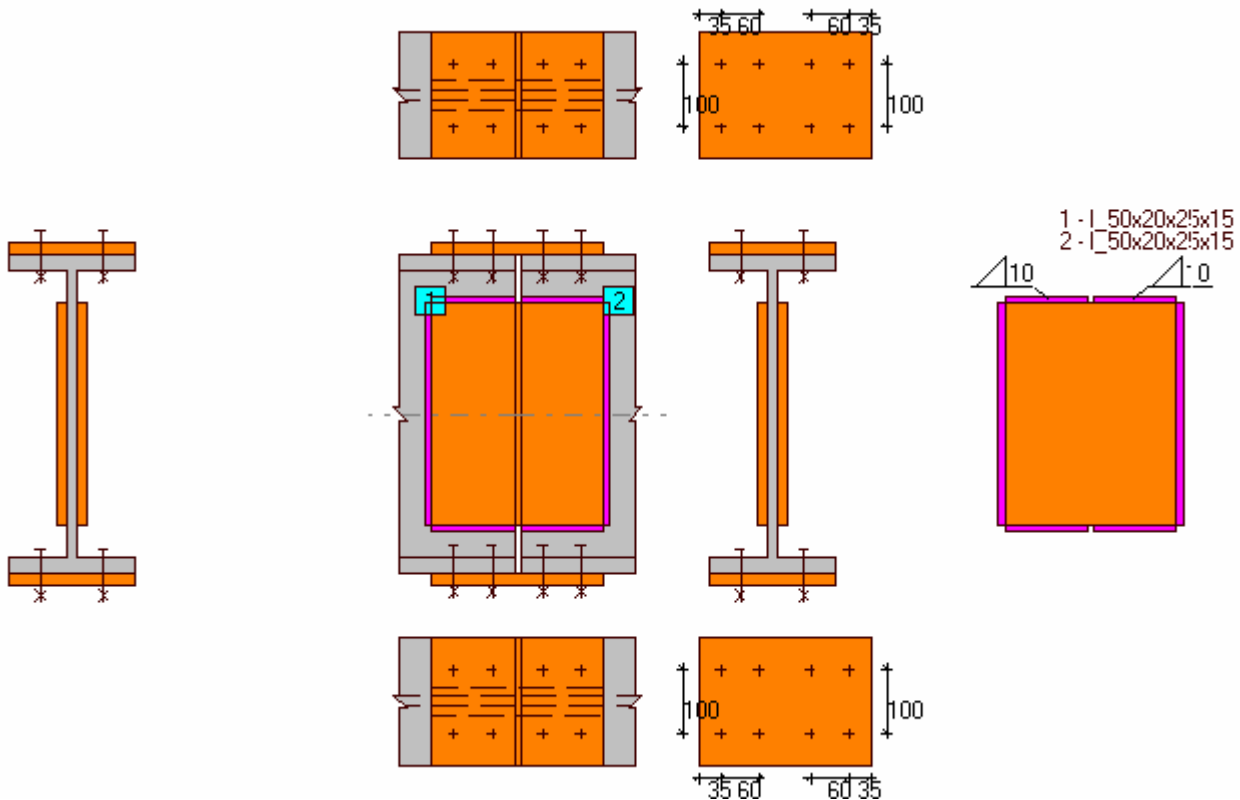
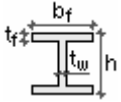
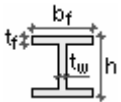


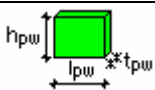
Biuro			
Inwestor			
Nazwa projektu			
Projektował			
Sprawdził			
	Belka - belka (zakładkowe)		Wytężenie: 1.02
BeamsSplice v. 0.9.9.22	EN 1993-1-8:2006		

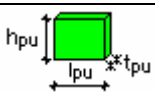



Dane

Belka I_50x20x25x15					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	500.00[mm]	200.00[mm]	25.00[mm]	15.00[mm]	0.00[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	167.50[cm ²]	67848.96[cm ⁴]	3345.99[cm ⁴]	100.00[mm]	250.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u		
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]		

Belka I_50x20x25x15					
	h_b	b_{fb}	t_{fb}	t_{wb}	R_b
	500.00[mm]	200.00[mm]	25.00[mm]	15.00[mm]	0.00[mm]
	A_b	J_{y0b}	J_{z0b}	y_{0b}	z_{0b}
	167.50[cm ²]	67848.96[cm ⁴]	3345.99[cm ⁴]	100.00[mm]	250.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u		
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]		

Przykładka			
	l_{pw}	h_{pw}	t_{pw}
	270.00[mm]	350.00[mm]	15.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u
	St3SX	235.00[MPa]	315.00[MPa]

Nakładka górna			
	l_{pu}	h_{pu}	t_{pu}
	270.00[mm]	200.00[mm]	20.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]

Nakładka dolna			
	l_{pd}	h_{pd}	t_{pd}
	270.00[mm]	200.00[mm]	20.00[mm]
Materiał	Klasa	f_y	f_u
	S 235	235.00[MPa]	360.00[MPa]

Strona lewa

Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Klasa śruby	Klasa	4.6
Granica plastyczności	$f_{yb} =$	240.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{ub} =$	400.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	18.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	20.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	2.54 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.54 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	2
Liczba kolumn	$k =$	1

Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Klasa śruby	Klasa	4.6
Granica plastyczności	$f_{yb} =$	240.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{ub} =$	400.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	18.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	20.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	2.54 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.54 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	2
Liczba kolumn	$k =$	1

Spoiny

Grubość spoiny pachwinowej łączącej przykładkę i środnik belki	$a_w =$	10.00 [mm]
--	---------	------------

Strona prawa

Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Klasa śruby	Klasa	4.6
-------------	-------	-----

Granica plastyczności	$f_{yb} =$	240.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{ub} =$	400.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	18.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	20.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	2.54 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.54 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	2
Liczba kolumn	$k =$	1

Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Klasa śruby	Klasa	4.6
Granica plastyczności	$f_{yb} =$	240.00 [MPa]
Wytrzymałość na rozciąganie	$f_{ub} =$	400.00 [MPa]
Średnica śruby	$d =$	18.00 [mm]
Średnica otworu dla śruby	$d_0 =$	20.00 [mm]
Pole powierzchni śruby	$A =$	2.54 [cm ²]
Pole powierzchni czynnej śruby	$A_s =$	2.54 [cm ²]
Liczba wierszy	$w =$	2
Liczba kolumn	$k =$	1

Spoiny

Grubość spoiny pachwinowej łączącej przykładkę i środek belki	$a_w =$	10.00 [mm]
---	---------	------------

Współczynniki materiałowe

Współczynnik	$\gamma_{M0} =$	1.00
Współczynnik	$\gamma_{M2} =$	1.25

Siły

Obciążenie obliczeniowe

Siła podłużna	$N_{EdL} =$	50.00	[kN]
Siła poprzeczna	$V_{EdL} =$	100.00	[kN]
Moment zginający	$M_{EdL} =$	110.00	[kNm]
Siła podłużna	$N_{EdP} =$	50.00	[kN]
Siła poprzeczna	$V_{EdP} =$	100.00	[kN]
Moment zginający	$M_{EdP} =$	110.00	[kNm]



Rezultaty

Strona lewa

Spoiny pachwinowe łączące przykładkę i środek belki

Siły w spoinach

Moment bezwładności środka belki

$$I_w = [t_{wb} \cdot h_{wb}^3] / 12 = [15.00[mm] \cdot (450.00[mm])^3] / 12 = 11390.63[cm^4]$$

Część momentu przypadająca na środek belki

$$M_w = [M_{EdL} \cdot I_w] / I_{y0} = [110.00[kNm] \cdot 11390.63[cm^4]] / 67848.96[cm^4] = 18.47[kNm]$$

Siła podłużna

$$N_0 = N_{EdL} / 6 = 50.00[kN] / 6 = 25.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = 0.5 \cdot V_{EdL} = 0.5 \cdot 100.00[kN] = 50.00[kN]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = 0.5 \cdot M_w + V_0 \cdot e_0 = 0.5 \cdot 18.47[kNm] + 50.00[kN] \cdot 110.16[mm] = 14.74[kNm]$$

Pole powierzchni spoin

$$A_s = 61.00[cm^2]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku x

$$I_{x0} = 11999.08[cm^4]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku z

$$I_{z0} = 1100.07[cm^4]$$

Biegunowy moment bezwładności spoin

$$I_0 = I_{x0} + I_{z0} = 11999.08[cm^4] + 1100.07[cm^4] = 13099.15[cm^4]$$

Naprężenie składowe od wpływu siły podłużnej

$$\tau_N = N_0 / A_s = 25.00[kN] / 61.00[cm^2] = 4.10[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu siły poprzecznej

$$\tau_V = V_0 / A_s = 50.00[kN] / 61.00[cm^2] = 8.20[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku x

$$\tau_{Mx} = (M_0 \cdot z) / I_0 = (14.74[kNm] \cdot 185.00[mm]) / 13099.15[cm^4] = 11.84[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku z

$$\tau_{Mz} = (M_0 \cdot x) / I_0 = (14.74[kNm] \cdot -105.16[mm]) / 13099.15[cm^4] = 19.69[MPa]$$

Naprężenie wypadkowe

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_V + \tau_{Mz})^2} = \sqrt{(4.10[MPa] + 11.84[MPa])^2 + (8.20[MPa] + 19.69[MPa])^2} = 36.66[MPa]$$

Współczynnik korelacji

$$\beta_w = 0.80$$

$$\tau \leq f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$36.66[MPa] < 181.87[MPa]$$

0.20



Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Pole ścinanej części śruby

$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (18.00[mm])^2 = 2.54[cm^2]$$

Nośność śruby na ścinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 400.00[MPa] \cdot 2.54[cm^2]) / 1.25 = 48.86[kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki belki

	$e_{11} = 35.00[mm]$
	$e_{21} = 50.00[mm]$
$e_{1min} = \min[e_{11}] = 35.00[mm]$	
$e_{2min} = \min[e_{21}] = 50.00[mm]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$

$$2.50 > 0.00$$



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$

$$0.83 > 0.00$$



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 270.00[\text{kN}]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2\min}/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$

$$2.50 > 0.00$$



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3 \cdot d_0); p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); (60.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}])) - 0.25; 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.58$$

$\alpha_{bz} > 0$

$$0.58 > 0.00$$



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 189.00[\text{kN}]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do nakładki

	$e_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$e_{21} = 50.00[\text{mm}]$
$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[\text{mm}]$	
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[\text{mm}]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$

$$2.50 > 0.00$$



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$

$$0.83 > 0.00$$



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d^2 t) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00 [MPa] \cdot 18.00 [MPa] \cdot 20.00 [mm]) / 1.25 = 216.00 [kN]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2min} / d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00 [mm] / 20.00 [mm]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$

2.50 > 0.00



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1min} / (3 \cdot d_0); p_1 / (3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub} / f_u; 1] = \min[35.00 [mm] / (3 \cdot 20.00 [mm]); (60.00 [mm] / (3 \cdot 20.00 [mm])) - 0.25; 400.00 [MPa] / 235.00 [MPa]; 1] = 0.58$$

$\alpha_{bz} > 0$

0.58 > 0.00



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d^2 t) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00 [MPa] \cdot 18.00 [MPa] \cdot 20.00 [mm]) / 1.25 = 151.20 [kN]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Część momentu przypadająca na nakładki

$$M_f = M_{EdL} - M_w = 110.00 [kNm] - 18.47 [kNm] = 91.53 [kNm]$$

Siła podłużna

$$N_0 = M_f / h_b + N_{EdL} / 3 = 91.53 [kNm] / 500.00 [mm] + 50.00 [kN] / 3 = 199.73 [kN]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$F_{Ed} = N_0 / n_b = 199.73 [kN] / 4 = 49.93 [kN]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{Rd} = \min[F_{vRd}; F_{bRd1}; F_{bRd2}] = \min[48.86 [kN]; 189.00 [kN]; 151.20 [kN]] = 48.86 [kN]$$

$|F_{Ed}| \leq F_{Rd}$

$|49.93 [kN]| > 48.86 [kN]$

1.02



Śruby łączące nakładkę dolną i półkę belki

Pole ścinanej części śruby

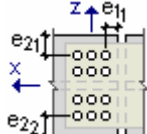
$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (18.00 [mm])^2 = 2.54 [cm^2]$$

Nośność śruby na ścinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 400.00 [MPa] \cdot 2.54 [cm^2]) / 1.25 = 48.86 [kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki belki

	$e_{11} = 35.00 [mm]$
	$e_{21} = 50.00 [mm]$

$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[mm]$
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[mm]$

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8*(e_{1\min}/d_0)-1.7; 1.4*(p_1/d_0)-1.7; 2.5] = \min[2.8*(35.00[mm]/20.00[mm])-1.7; 1.4*(60.00[mm]/20.00[mm])-1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3*d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[mm]/(3*20.00[mm]); 400.00[MPa]/235.00[MPa]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	✓
-------------------	---------------	---

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1x} = (k_{1x} * \alpha_{bx} * f_u * d * t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 * 0.83 * 235.00[MPa] * 18.00[MPa] * 25.00[mm]) / 1.25 = 270.00[kN]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8*(e_{2\min}/d_0)-1.7; 2.5] = \min[2.8*(50.00[mm]/20.00[mm])-1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3*d_0); p_1/(3*d_0)-0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[mm]/(3*20.00[mm]); (60.00[mm]/(3*20.00[mm]))-0.25; 400.00[MPa]/235.00[MPa]; 1] = 0.58$$

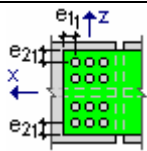
$\alpha_{bz} > 0$	$0.58 > 0.00$	✓
-------------------	---------------	---

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1z} = (k_{1z} * \alpha_{bz} * f_u * d * t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 * 0.58 * 235.00[MPa] * 18.00[MPa] * 25.00[mm]) / 1.25 = 189.00[kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do nakładki

	$e_{11} = 35.00[mm]$
	$e_{21} = 50.00[mm]$
$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[mm]$	
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[mm]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8*(e_{1\min}/d_0)-1.7; 1.4*(p_1/d_0)-1.7; 2.5] = \min[2.8*(35.00[mm]/20.00[mm])-1.7; 1.4*(60.00[mm]/20.00[mm])-1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3*d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[mm]/(3*20.00[mm]); 400.00[MPa]/235.00[MPa]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------	---------------	-------------------------------------

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00 [MPa] \cdot 18.00 [MPa] \cdot 20.00 [mm]) / 1.25 = 216.00 [kN]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2min} / d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00 [mm] / 20.00 [mm]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$	$2.50 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------	---------------	-------------------------------------

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1min} / (3 \cdot d_0); p_1 / (3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub} / f_u; 1] = \min[35.00 [mm] / (3 \cdot 20.00 [mm]); (60.00 [mm] / (3 \cdot 20.00 [mm])) - 0.25; 400.00 [MPa] / 235.00 [MPa]; 1] = 0.58$$

$\alpha_{bz} > 0$	$0.58 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------	---------------	-------------------------------------

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00 [MPa] \cdot 18.00 [MPa] \cdot 20.00 [mm]) / 1.25 = 151.20 [kN]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Cześć momentu przypadająca na nakładki

$$M_f = M_{EdL} - M_w = 110.00 [kNm] - 18.47 [kNm] = 91.53 [kNm]$$

Siła podłużna

$$N_0 = N_{EdL} / 3 - M_f / h_b = 16.67 [kN] / 3 - 91.53 [kNm] / 500.00 [mm] = -166.40 [kN]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$F_{Ed} = N_0 / n_b = -166.40 [kN] / 4 = -41.60 [kN]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{Rd} = \min[F_{VRd}; F_{bRd1}; F_{bRd2}] = \min[48.86 [kN]; 189.00 [kN]; 151.20 [kN]] = 48.86 [kN]$$

$ F_{Ed} \leq F_{Rd}$	$ -41.60 [kN] < 48.86 [kN]$	0.85	<input checked="" type="checkbox"/>
------------------------	------------------------------	-------------	-------------------------------------

Strona prawa

Spoiny pachwinowe łączące przykładkę i środek belki

Siły w spoinach

Moment bezwładności środka belki

$$I_w = [t_{wb} \cdot h_{wb}^3] / 12 = [15.00 [mm] \cdot (450.00 [mm])^3] / 12 = 11390.63 [cm^4]$$

Cześć momentu przypadająca na środek belki

$$M_w = [M_{EdP} \cdot I_w] / I_{y0} = [110.00 [kNm] \cdot 11390.63 [cm^4]] / 67848.96 [cm^4] = 18.47 [kNm]$$

Siła podłużna

$$N_0 = N_{EdP}/6 = 50.00[kN]/6 = 25.00[kN]$$

Siła poprzeczna

$$V_0 = 0.5 \cdot V_{EdP} = 0.5 \cdot 100.00[kN] = 50.00[kN]$$

Rzeczywisty moment zginający

$$M_0 = 0.5 \cdot M_w + V_0 \cdot e_0 = 0.5 \cdot 18.47[kNm] + 50.00[kN] \cdot 110.16[mm] = 14.74[kNm]$$

Pole powierzchni spoin

$$A_s = 61.00[cm^2]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku x

$$I_{x0} = 11999.08[cm^4]$$

Moment bezwładności spoin na kierunku z

$$I_{z0} = 1100.07[cm^4]$$

Biegunowy moment bezwładności spoin

$$I_0 = I_{x0} + I_{z0} = 11999.08[cm^4] + 1100.07[cm^4] = 13099.15[cm^4]$$

Naprężenie składowe od wpływu siły podłużnej

$$\tau_N = N_0/A_s = 25.00[kN]/61.00[cm^2] = 4.10[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu siły poprzecznej

$$\tau_V = V_0/A_s = 50.00[kN]/61.00[cm^2] = 8.20[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku x

$$\tau_{Mx} = (M_0 \cdot z)/I_0 = (14.74[kNm] \cdot 185.00[mm])/13099.15[cm^4] = 11.84[MPa]$$

Naprężenie składowe od wpływu momentu na kierunku z

$$\tau_{Mz} = (M_0 \cdot x)/I_0 = (14.74[kNm] \cdot -105.16[mm])/13099.15[cm^4] = 19.69[MPa]$$

Naprężenie wypadkowe

$$\tau = \sqrt{(\tau_N + \tau_{Mx})^2 + (\tau_V + \tau_{Mz})^2} = \sqrt{(4.10[MPa] + 11.84[MPa])^2 + (8.20[MPa] + 19.69[MPa])^2} = 36.66[MPa]$$

Współczynnik korelacji

$$\beta_w = 0.80$$

$$\tau \leq f_u / (\sqrt{3} \cdot \beta_w \cdot \gamma_{M2})$$

$$36.66[MPa] < 181.87[MPa]$$

0.20



Śruby łączące nakładkę górną i półkę belki

Pole ścinanej części śruby

$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (18.00[mm])^2 = 2.54[cm^2]$$

Nośność śruby na ścinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 400.00[MPa] \cdot 2.54[cm^2]) / 1.25 = 48.86[kN]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki belki

	$e_{11} = 35.00[mm]$
	$e_{21} = 50.00[mm]$
$e_{1min} = \min[e_{11}] = 35.00[mm]$	
$e_{2min} = \min[e_{21}] = 50.00[mm]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------	---------------	-------------------------------------

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------	---------------	-------------------------------------

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 270.00[\text{kN}]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2\min}/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$	$2.50 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------	---------------	-------------------------------------

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3 \cdot d_0); p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); (60.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}])) - 0.25; 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.58$$

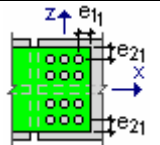
$\alpha_{bz} > 0$	$0.58 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------	---------------	-------------------------------------

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 189.00[\text{kN}]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do nakładki

	$e_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$e_{21} = 50.00[\text{mm}]$
$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[\text{mm}]$	
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[\text{mm}]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
--------------	---------------	-------------------------------------

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	<input checked="" type="checkbox"/>
-------------------	---------------	-------------------------------------

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}]) / 1.25 = 216.00[\text{kN}]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2\min}/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$

$$2.50 > 0.00$$



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3 \cdot d_0); p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); (60.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}])) - 0.25; 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.58$$

$\alpha_{bz} > 0$

$$0.58 > 0.00$$



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}]) / 1.25 = 151.20[\text{kN}]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Część momentu przypadająca na nakładki

$$M_f = [M_{EdP} \cdot I_f] / I_{y0} = 110.00[\text{kNm}] - 18.47[\text{kNm}] = 91.53[\text{kNm}]$$

Siła podłużna

$$N_0 = M_f/h_b + N_{EdL}/3 = 91.53[\text{kNm}]/500.00[\text{mm}] + 50.00[\text{kN}]/3 = 199.73[\text{kN}]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$F_{Ed} = N_0/h_b = 199.73[\text{kN}]/4 = 49.93[\text{kN}]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{Rd} = \min[F_{vRd}; F_{bRd1}; F_{bRd2}] = \min[48.86[\text{kN}]; 189.00[\text{kN}]; 151.20[\text{kN}]] = 48.86[\text{kN}]$$

$$F_{Ed} \leq F_{Rd}$$

$$|49.93[\text{kN}]| > 48.86[\text{kN}]$$

1.02



Śruby łączące nakładkę dolną i półkę belki

Pole ścinanej części śruby

$$A = 0.25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0.25 \cdot 3.14 \cdot (18.00[\text{mm}])^2 = 2.54[\text{cm}^2]$$

Nośność śruby na ścinanie w jednej płaszczyźnie

$$F_{v,Rd} = (\alpha_v \cdot m \cdot f_{ub} \cdot A) / \gamma_{M2} = (0.60 \cdot 1 \cdot 400.00[\text{MPa}] \cdot 2.54[\text{cm}^2]) / 1.25 = 48.86[\text{kN}]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do półki belki

	$e_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$e_{21} = 50.00[\text{mm}]$
$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[\text{mm}]$	
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[\text{mm}]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	✓
-------------------	---------------	---

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 270.00[\text{kN}]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2\min}/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3 \cdot d_0); p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); (60.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}])) - 0.25; 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.58$$

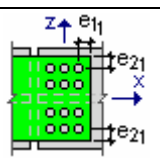
$\alpha_{bz} > 0$	$0.58 > 0.00$	✓
-------------------	---------------	---

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd1z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 25.00[\text{mm}]) / 1.25 = 189.00[\text{kN}]$$

Docisk śruby

Docisk śruby do nakładki

	$e_{11} = 35.00[\text{mm}]$
	$e_{21} = 50.00[\text{mm}]$
$e_{1\min} = \min[e_{11}] = 35.00[\text{mm}]$	
$e_{2\min} = \min[e_{21}] = 50.00[\text{mm}]$	

Kierunek X

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1x} = \min[2.8 \cdot (e_{1\min}/d_0) - 1.7; 1.4 \cdot (p_1/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (35.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 1.4 \cdot (60.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1x} > 0$	$2.50 > 0.00$	✓
--------------	---------------	---

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bx} = \min[e_{2\min}/(3 \cdot d_0); f_{ub}/f_u; 1] = \min[50.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.83$$

$\alpha_{bx} > 0$	$0.83 > 0.00$	✓
-------------------	---------------	---

Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2x} = (k_{1x} \cdot \alpha_{bx} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.83 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}]) / 1.25 = 216.00[\text{kN}]$$

Kierunek Z

Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$k_{1z} = \min[2.8 \cdot (e_{2\min}/d_0) - 1.7; 2.5] = \min[2.8 \cdot (50.00[\text{mm}]/20.00[\text{mm}]) - 1.7; 2.5] = 2.50$$

$k_{1z} > 0$

$$2.50 > 0.00$$



Współczynnik zależny od rozstawu śrub

$$\alpha_{bz} = \min[e_{1\min}/(3 \cdot d_0); p_1/(3 \cdot d_0) - 0.25; f_{ub}/f_u; 1] = \min[35.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}]); (60.00[\text{mm}]/(3 \cdot 20.00[\text{mm}])) - 0.25; 400.00[\text{MPa}]/235.00[\text{MPa}]; 1] = 0.58$$

$\alpha_{bz} > 0$

$$0.58 > 0.00$$



Nośność śruby na docisk

$$F_{b,Rd2z} = (k_{1z} \cdot \alpha_{bz} \cdot f_u \cdot d \cdot t_i) / \gamma_{M2} = (2.50 \cdot 0.58 \cdot 235.00[\text{MPa}] \cdot 18.00[\text{MPa}] \cdot 20.00[\text{mm}]) / 1.25 = 151.20[\text{kN}]$$

Stan graniczny nośności

Siły w śrubach

Cześć momentu przypadająca na nakładki

$$M_f = M_{EdP} - M_w = 110.00[\text{kNm}] - 18.47[\text{kNm}] = 91.53[\text{kNm}]$$

Siła podłużna

$$N_0 = N_{EdL}/3 - M_f/h_b = 16.67[\text{kN}]/3 - 91.53[\text{kNm}]/500.00[\text{mm}] = -166.40[\text{kN}]$$

Wypadkowa siła ścinająca w śrubie

$$F_{Ed} = N_0/h_b = -166.40[\text{kN}]/4 = -41.60[\text{kN}]$$

Miarodajna nośność obliczeniowa śruby

$$F_{Rd} = \min[F_{vRd}; F_{bRd1}; F_{bRd2}] = \min[48.86[\text{kN}]; 189.00[\text{kN}]; 151.20[\text{kN}]] = 48.86[\text{kN}]$$

$|F_{Ed}| \leq F_{Rd}$

$$|-41.60[\text{kN}]| < 48.86[\text{kN}]$$

0.85

