

Oddziaływanie na konstrukcje - zestawianie obciążeń

PN-EN 1991-1-3:2005/NA:2010

Obciążenie śniegiem

Obciążenie śniegiem dachu jednospadowego wg PN-EN 1991-3-2005 / 2010:

Strefa obciążenia śniegiem gruntu S_{os} : SEL("EC1_PL/Sniegsk"; S_{os} ;) = 5
 Wysokość nad poziomem morza A = 700,00 m

współczynniki obliczeniowe:

f_1 = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; f_1 ; $S_{os}=S_{os}$) = 0,000
 f_2 = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; f_2 ; $S_{os}=S_{os}$) = -1,0
 f_3 = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; f_3 ; $S_{os}=S_{os}$) = 0,93
 f_4 = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; f_4 ; $S_{os}=S_{os}$) = 0,00134
 $s_{k_{min}}$ = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; $s_{k_{min}}$; $S_{os}=S_{os}$) = 2,00

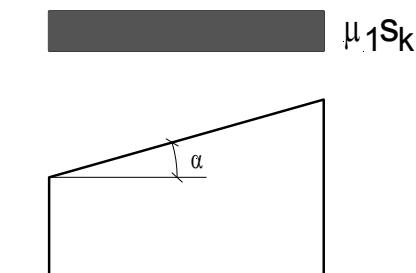
Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu:

s_k = MAX(($f_1 \times A - f_2$) * e^($f_4 \times A$) * $f_3; s_{k_{min}}$) = 2,38 kN/m²

Warunki terenowe, rodzaj otoczenia obiektu oraz wpływ temperatury:

Wybór terenu wet: SEL("EC1_PL/Sniegsk"; Teren;) = I
 Współczynnik ekspozycji terenu C_e = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; C_e ; Teren=wet) = 0,80
 Współczynnik termiczny C_t = 1,00

Współczynnik kształtu dachu:



Kąt spadku dachu α = 0,00 °

μ_1 = IF($\alpha \leq 30$; 0,8; IF($\alpha > 60$; 0; 0,8 * (60 - α) / 30)) = 0,800

s = $\mu_1 * s_k * C_e * C_t$ = 1,52 kN/m²

Obciążenie śniegiem dachu jednospadowego wg PN-EN 1991-3-2005 / 2010:

Strefa obciążenia śniegiem gruntu S_{os} : SEL("EC1_PL/Sniegsk"; S_{os} ;) = 5
 Wysokość nad poziomem morza A = 700,00 m

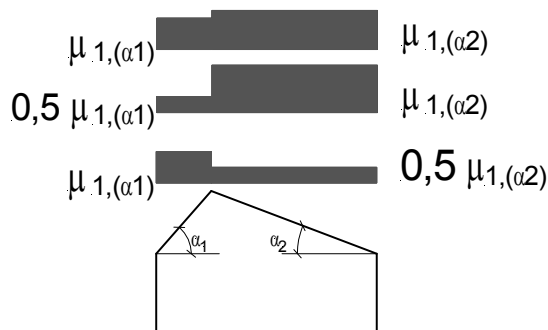
**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

$$s_k = \text{MAX}((f_1 \times A - f_2) * e^{(f_4 * A)} * f_3; s_{k_{\min}}) = \underline{\underline{2,38 \text{ kN/m}^2}}$$

Warunki terenowe, rodzaj otoczenia obiektu oraz wpływ temperatury:

Wybór terenu wet: SEL("EC1_PL/Sniegsk"; Teren;) = II
 Współczynnik ekspozycji terenu C_e = TAB("EC1_PL/Sniegsk"; C_e ; Teren=wet) = 1,00
 Współczynnik termiczny C_t = 1,00

Współczynniki kształtu dachu:



Kąt spadku dachu - połać pierwsza α_1 = 30,00 °

Kąt spadku dachu - połać druga α_2 = 30,00 °

$$\mu_{1,1} = \text{IF}(\alpha_1 \leq 30; 0,8; \text{IF}(\alpha_1 > 60; 0; 0,8 * (60 - \alpha_1) / 30)) = 0,800$$

$$\mu_{1,2} = \text{IF}(\alpha_2 \leq 30; 0,8; \text{IF}(\alpha_2 > 60; 0; 0,8 * (60 - \alpha_2) / 30)) = 0,800$$

Przypadek 1:

$$s_1 = \mu_{1,1} * s_k * C_e * C_t = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \mu_{1,2} * s_k * C_e * C_t = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

Przypadek 2:

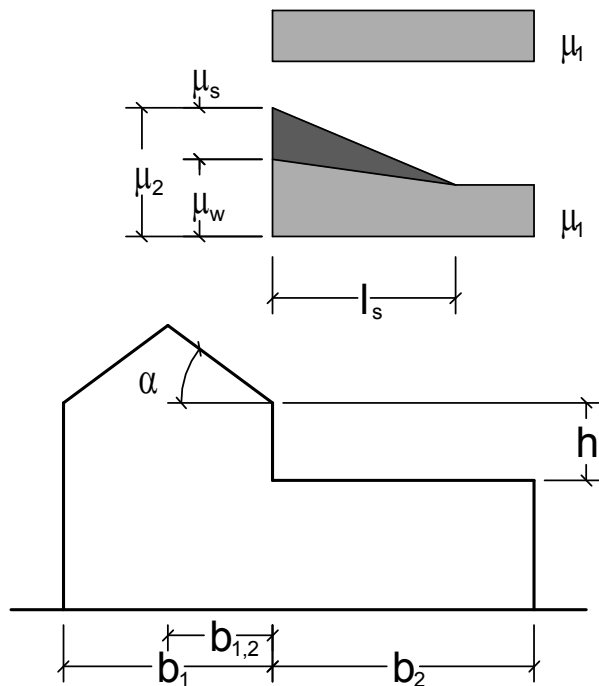
$$s_{1,05} = 0,5 * \mu_{1,1} * s_k * C_e * C_t = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

$$s_2 = \mu_{1,2} * s_k * C_e * C_t = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

Przypadek 3:

$$s_1 = \mu_{1,1} * s_k * C_e * C_t = 1,90 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{2,05} = 0,5 * \mu_{1,2} * s_k * C_e * C_t = 0,95 \text{ kN/m}^2$$

Dachy bliskie i przyległe do wyższych budowli

Różnica wysokości $h = 2,30 \text{ m}$

Budynek główny:

Kąt nachylenia połaci dachu $\alpha_H = 16,00^\circ$

Szerokość $b_1 = 10,00 \text{ m}$

Szerokość $b_{1,2} = 5,00 \text{ m}$

Budynek przylegający:

Kąt nachylenia połaci dachu $\alpha_2 = 10,00^\circ$

Szerokość $b_2 = 7,00 \text{ m}$

Strefa obciążenia śniegiem gruntu $Sos: SEL("EC1_PL/Sniegsk"; Sos;) = 5$
 Wysokość nad poziomem morza $A = 700,00 \text{ m}$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obciążenie śniegiem dachu budynku przylegającego:

$$\mu_1 = IF(\alpha_2 \leq 30; 0,8; IF(\alpha_2 > 60; 0; 0,8 * \frac{60 - \alpha_2}{30})) = 0,800$$

$$s_{re} = \mu_1 * s_k * C_e * C_t = \underline{1,523 \text{ kN/m}^2}$$

Obciążenie śniegiem przy budynku głównym:
do dalszych obliczeń:

$$\mu_1 = 0,800$$

$$s_{res} = 0,5 * \mu_1 * s_k * b_{1,2} * C_e * C_t = 3,81 \text{ kN}$$

Obliczenie współczynnika μ :

$$\mu_s = IF(\alpha_H > 15; \frac{2 * s_{res}}{s_k * l_s}; 0) = 0,640$$

$$\mu_W = \text{MIN}(\frac{b_1 + b_2}{2 * h}; \frac{\gamma * h}{s_k} - \mu_s) = 1,293$$

$$\mu_2 = \text{MIN}(\text{MAX}(\mu_W + \mu_s; 0,8); 4) = 1,933$$

$$\mu = \text{MAX}(\mu_2; \mu_1) = \underline{1,933}$$

W miejscu przylegania budynków:

$$s_{li} = \mu * s_k * C_e * C_t = \underline{3,680 \text{ kN/m}^2}$$

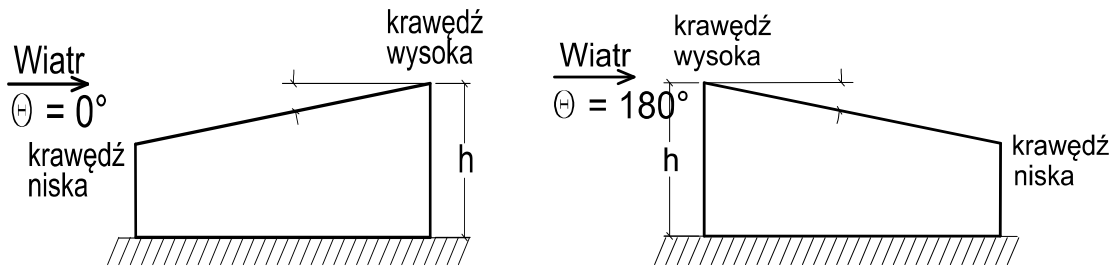
Od strony zewnętrznej budynku przylegającego:

$$s_{reb} = IF(b_2 < l_s; \frac{l_s - b_2}{l_s} * (s_{li} - s_{re}) + s_{re}; s_{re}) = \underline{1,523 \text{ kN/m}^2}$$

Oddziaływanie na konstrukcje - zestawianie obciążeń

PN-EN 1991-1-4:2008/Ap3:2011

Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem dachu jednospadowego

Strefa obciążenia wiatrem SW = SEL("EC1_PL/StrefyWiatru"; SW;) = Strefa III
 Kategoria terenu KT = SEL("EC1_PL/KatTerWiatr"; KT;) = Kategoria terenu II
 Wysokość nad poziomem morza A = 750 m

Wymiary budynku:

Długość budynku prostopadle do wiatru b_0 = 30,00 m
 Szerokość budynku równoległe do wiatru d_0 = 18,00 m
 Wysokość budynku h = 15,00 m
 Kąt nachylenia dachu α = 30,00 °

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:

$$v_{b,0} = \text{IF}(A \leq 300; v_{b,0,\text{min}}; \text{IF}(SW = \text{"Strefa II"}; 22; v_{b,0,\text{min}} * (1 + 0,0006 * (A - 300)))) = 27,94 \text{ m/s}$$

Wartość podstawowa bazowego ciśnienia wiatru:

$$q_{b,0} = \text{IF}(A \leq 300 \text{ OR } SW = \text{"Strefa II"}; q_{b,0,\text{min}}; \text{IF}(SW = \text{"Strefa I"}; q_{b,0,\text{min}} * f_1; q_{b,0,\text{min}} * f_1 * f_2)) = 0,45 \text{ kN/m}^2$$

Parcie wiatru:

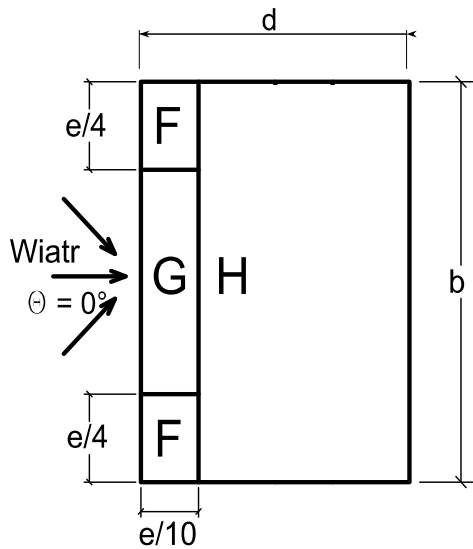
ce_{f1} = TAB("EC1_PL/KatTerWiatr"; $ce.f1$; KT=KT) = 2,29
 ce_{f2} = TAB("EC1_PL/KatTerWiatr"; $ce.f2$; KT=KT) = 0,27
 $z.\text{min}$ = TAB("EC1_PL/KatTerWiatr"; $z.\text{min}$; KT=KT) = 2 m
 $z.\text{max}$ = TAB("EC1_PL/KatTerWiatr"; $z.\text{max}$; KT=KT) = 300 m
 z = MIN(MAX(h ; $z.\text{min}$); $z.\text{max}$) = 15,00 m

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$$q_p = ce_{f1} * q_{b,0} * \left(\frac{z}{10}\right)^{ce_{f2}} = 1,15 \text{ kN/m}^2$$

$$h/d_0 = 0,83$$

Kierunku strumienia wiatru $\Theta = 0^\circ$



Szerokości prostopadle do wiatru $b = b_0 = 30,00 \text{ m}$
 Długość równoległe do wiatru $d = d_0 = 18,00 \text{ m}$

$e = \text{MIN}(b ; 2 \cdot h) = 30,00 \text{ m}$
 $e/4 = 7,50 \text{ m}$
 $e/10 = 3,00 \text{ m}$
 $e/2 = 15,00 \text{ m}$

Współczynniki ciśnienia globalnego i lokalnego dla kierunku wiatru $\Theta = 0^\circ$:

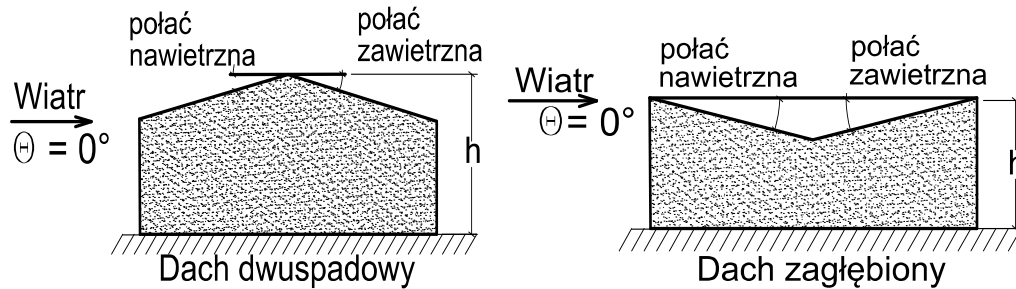
$c_{pe10Fm} = -0,50$
 $c_{pe1Fm} = -1,50$
 $c_{pe10Fp} = 0,70$
 $c_{pe1Fp} = 0,70$
 $c_{pe10Gm} = -0,50$
 $c_{pe1Gm} = -1,50$
 $c_{pe10Gp} = 0,70$
 $c_{pe1Gp} = 0,70$
 $c_{pe10Hm} = -0,20$
 $c_{pe1Hm} = -0,20$
 $c_{pe10Hp} = 0,40$
 $c_{pe1Hp} = 0,40$

Ciśnienie wiatru dla kierunku wiatru $\Theta = 0^\circ$:

$q_{we10Fm} = c_{pe10Fm} \cdot q_p = -0,57 \text{ kN/m}^2$
 $q_{we1Fm} = c_{pe1Fm} \cdot q_p = -1,73 \text{ kN/m}^2$
 $q_{we10Fp} = c_{pe10Fp} \cdot q_p = 0,81 \text{ kN/m}^2$
 $q_{we1Fp} = c_{pe1Fp} \cdot q_p = 0,81 \text{ kN/m}^2$
 $q_{we10Gm} = c_{pe10Gm} \cdot q_p = -0,57 \text{ kN/m}^2$
 $q_{we1Gm} = c_{pe1Gm} \cdot q_p = -1,73 \text{ kN/m}^2$

$$\begin{aligned}q_{we10Gp} &= c_{pe10Gp} * q_p &= & 0,81 \text{ kN/m}^2 \\q_{we1Gp} &= c_{pe1Gp} * q_p &= & 0,81 \text{ kN/m}^2 \\q_{we10Hm} &= c_{pe10Hm} * q_p &= & -0,23 \text{ kN/m}^2 \\q_{we1Hm} &= c_{pe1Hm} * q_p &= & -0,23 \text{ kN/m}^2 \\q_{we10Hp} &= c_{pe10Hp} * q_p &= & 0,46 \text{ kN/m}^2 \\q_{we1Hp} &= c_{pe1Hp} * q_p &= & 0,46 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obciążenie wiatrem dachu dwuspadowego

Strefa obciążenia wiatrem SW = SEL("EC1_PL/StrefyWiatru"; SW;) = Strefa III
 Kategoria terenu KT = SEL("EC1_PL/KatTerWiatr"; KT;) = Kategoria terenu II
 Wysokość nad poziomem morza A = 750 m

Wymiary budynku:

Długość budynku prostopadłe do wiatru $b_0 = 30,00$ m
 Szerokość budynku równoległe do wiatru $d_0 = 18,00$ m
 Wysokość budynku $h = 15,00$ m
 Kąt nachylenia dachu $\alpha = 30,00$ °

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru:

$v_{b,0} = \text{IF}(A \leq 300; v_{b,0,\text{min}}; \text{IF}(SW = \text{"Strefa II"}; 22; v_{b,0,\text{min}} * (1 + 0,0006 * (A - 300)))) = 27,94$ m/s

Wartość podstawowa bazowego ciśnienia wiatru:

$q_{b,0} = \text{IF}(A \leq 300 \text{ OR } SW = \text{"Strefa II"}; q_{b,0,\text{min}}; \text{IF}(SW = \text{"Strefa I"}; q_{b,0,\text{min}} * f_1; q_{b,0,\text{min}} * f_1 * f_2)) = 0,45$ kN/m²

Parcie wiatru:

$ce_{f1} = \text{TAB}(\text{"EC1_PL/KatTerWiatr"}; ce.f1; KT = KT) = 2,29$

$ce_{f2} = \text{TAB}(\text{"EC1_PL/KatTerWiatr"}; ce.f2; KT = KT) = 0,27$

$z.\text{min} = \text{TAB}(\text{"EC1_PL/KatTerWiatr"}; z.\text{min}; KT = KT) = 2$ m

$z.\text{max} = \text{TAB}(\text{"EC1_PL/KatTerWiatr"}; z.\text{max}; KT = KT) = 300$ m

$z = \text{MIN}(\text{MAX}(h; z.\text{min}); z.\text{max}) = 15,00$ m

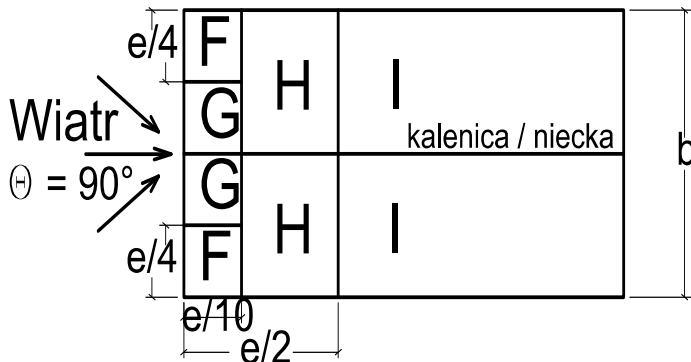
Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$q_p = ce_{f1} * q_{b,0} * \left(\frac{z}{10}\right)^{ce_{f2}} = 1,15$ kN/m²

$h/d_0 = 0,83$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Kierunku strumienia wiatru $\Theta = 90^\circ$



Szerokości prostopadłe do wiatru $b = d_0 = 18,00 \text{ m}$
 Długość równoległe do wiatru $d = b_0 = 30,00 \text{ m}$

$e = \text{MIN}(b ; 2 \cdot h) = 18,00 \text{ m}$
 $e/4 = 4,50 \text{ m}$
 $e/10 = 1,80 \text{ m}$
 $e/2 = 9,00 \text{ m}$

Współczynniki ciśnienia globalnego i lokalnego dla kierunku wiatru $\Theta = 90^\circ$:

c_{pe10F}	=	-1,10
c_{pe1F}	=	-1,50
c_{pe10G}	=	-1,40
c_{pe1G}	=	-2,00
c_{pe10H}	=	-0,80
c_{pe1H}	=	-1,20
c_{pe10Im}	=	-0,50
c_{pe1Im}	=	-0,50
c_{pe10Ip}	=	0,00
c_{pe1Ip}	=	0,00

Ciśnienie wiatru dla kierunku wiatru $\Theta = 90^\circ$:

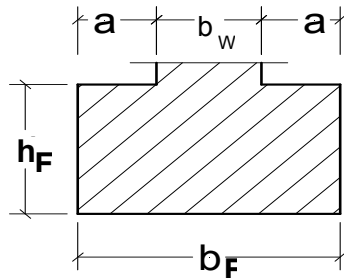
$q_{we10F} = c_{pe10F} \cdot q_p$	=	-1,26 kN/m^2
$q_{we1F} = c_{pe1F} \cdot q_p$	=	-1,73 kN/m^2
$q_{we10G} = c_{pe10G} \cdot q_p$	=	-1,61 kN/m^2
$q_{we1G} = c_{pe1G} \cdot q_p$	=	-2,30 kN/m^2
$q_{we10H} = c_{pe10H} \cdot q_p$	=	-0,92 kN/m^2
$q_{we1H} = c_{pe1H} \cdot q_p$	=	-1,38 kN/m^2

$$\begin{aligned}q_{we10lm} &= c_{pe10lm} * q_p &= &-0,57 \text{ kN/m}^2 \\q_{we11lm} &= c_{pe11lm} * q_p &= &-0,57 \text{ kN/m}^2 \\q_{we10lp} &= c_{pe10lp} * q_p &= &0,00 \text{ kN/m}^2 \\q_{we11lp} &= c_{pe11lp} * q_p &= &0,00 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Fundamenty

Ława fundamentowa - niezbrojona**Material**

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C20/25
γ_C =			1,40
f_{ck} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
α_{cc} =			1,00
f_{cd} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)* α_{cc} / γ_C	=	14,29 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm;Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005}$ =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005;Bez=Beton)	=	1,5 N/mm ²
f_{ctd} =	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²

Dane / Geometria przekroju

Szerokość ławy b_F =			0,70 m
Grubość ściany b_w =			0,30 m
a =	$0,5 * (b_F - b_w)$	=	0,20 m

Obciążenie

Obciążenie stałe N_{Gk} =			89,00 kN/m
Obciążenie zmienne N_{Qk} =			70,00 kN/m
N_{Ed} =	$1,35 * N_{Gk} + 1,5 * N_{Qk}$	=	225,2 kN

Analiza stanu GEO

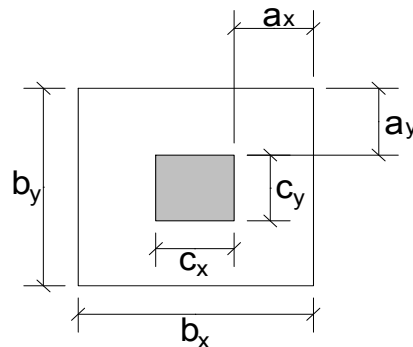
Maksymalne naprężenie w gruncie pod ławą $z_{ul_σ}$ =			350,00 kN/m ²
Obliczeniowe naprężenie w gruncie pod ławą $σ_{gd} = N_{Ed} / b_F$ =			321,71 kN/m ²
$σ_{gd} / z_{ul_σ}$ =			<u>0,92 ≤ 1</u>

zalecana minimalna wysokość ławy fundamentowej:

$$h_{F,req} = \text{MAX}\left(\sqrt{\frac{3 * \sigma_{gd}}{f_{ctd} * 1000} * \frac{a}{0,85}}; a\right) = 0,22 \text{ m}$$

przyjęta wysokość ławy fundamentowej:

$$h_F = 0,65 \text{ m}$$

Stopa fundamentowa, obciążona centrycznie siłą skupioną, niezbrojona**Material**

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C20/25
γ_C =		=	1,40
f_{ck} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
α_{cc} =		=	1,00
f_{cd} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)* α_{cc}/γ_C	=	14,29 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm;Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005}$ =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005;Bez=Beton)	=	1,5 N/mm ²
f_{ctd} =	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²

Dane / Geometria przekroju

Szerokość stopy b_x =		=	1,00 m
Szerokość stopy b_y =		=	1,00 m
Szerokość przekr. poprzecznego słupa c_x =		=	0,25 m
Szerokość przekr. poprzecznego słupa c_y =		=	0,25 m
a_x =	$0,5 * (b_x - c_x)$	=	0,38 m
a_y =	$0,5 * (b_y - c_y)$	=	0,38 m

Obciążenie

Obciążenie stałe N_{Gk} =		=	150,0 kN
Obciążenie zmienne N_{Qk} =		=	100,0 kN
Dopuszczalne naprężenie w gruncie pod stopą fundamentową zul_{σ} =		=	450 kN/m ²
N_{Ed} =	$1,35 * N_{Gk} + 1,5 * N_{Qk}$	=	352,5 kN

Analiza naprężeń - sprawdzenie warunku GEO:

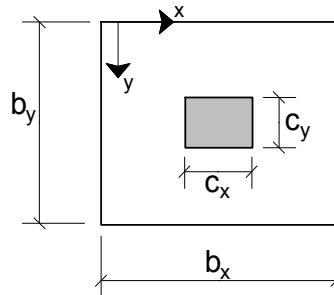
$$\begin{aligned} \text{Obliczeniowe naprężenie pod stopą } \sigma_{gd} &= N_{Ed} / (b_x * b_y) &= & 353 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{gd} / \text{zul}_\sigma & &= & \underline{0,78 < 1} \end{aligned}$$

zalecana minimalna wysokość ławy fundamentowej:

$$\begin{aligned} h_{F,req,x} &= \text{MAX}\left(\sqrt{\frac{3 * \sigma_{gd}}{f_{ctd} * 1000} * \frac{a_x}{0,85}}; a_x\right) &= & 0,44 \text{ m} \\ h_{F,req,y} &= \text{MAX}\left(\sqrt{\frac{3 * \sigma_{gd}}{f_{ctd} * 1000} * \frac{a_y}{0,85}}; a_y\right) &= & 0,44 \text{ m} \\ \Rightarrow h_{f,req} &= \text{MAX}(h_{F,req,x}; h_{F,req,y}) &= & 0,44 \end{aligned}$$

przyjęta wysokość ławy fundamentowej:

$$h_F = 0,60 \text{ m}$$

Stopa fundamentowa, obciążona centrycznie siłą skupioną**Material**

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C20/25
$\gamma_C =$			1,40
$f_{ck} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$			1,00
$f_{cd} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)* α_{cc} / γ_C	=	14,29 N/mm ²
$f_{ctm} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm;Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005;Bez=Beton)	=	1,5 N/mm ²
$f_{ctd} =$	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²
Stal zbrojeniowa =			B 500
$\gamma_S =$			1,15
$f_{yk} =$			500 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_S	=	435 N/mm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Analiza naprężeń - sprawdzenie warunku GEO:

$$\begin{aligned} \text{Obliczeniowe naprężenie pod stopą } \sigma_{gd} &= (\gamma_G * N_{Gk} + \gamma_Q * N_{Qk}) / (b_x * b_y) &= & 273 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{gd} / z_{ul_\sigma} & &= & \underline{\underline{0,91 < 1}} \\ \text{(patrz EC7)} & & & \end{aligned}$$

Stan graniczny nośności:**Wymiarowanie stopy na zginanie**

$$N_{Ed} = \gamma_G * N_{Gk} + \gamma_Q * N_{Qk} = 2100,0 \text{ kN}$$

długość wsporników stopy:

$$s_{Lx} = \frac{b_x}{2} + 0,15 * c_x - 0,5 * c_x = 1,54 \text{ m}$$

$$s_{Ly} = \frac{b_y}{2} + 0,15 * c_y - 0,5 * c_y = 0,96 \text{ m}$$

$$M_{Ed,x} = \frac{N_{Ed}}{b_x * b_y} * 0,5 * s_{Lx}^2 * b_y = 711 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = \frac{N_{Ed}}{b_x * b_y} * 0,5 * s_{Ly}^2 * b_x = 440 \text{ kNm}$$

Wymiarowanie zbrojenia w kierunku x

$$A_{s,1} = \frac{M_{Ed,x}}{f_{yd} * 0,9 * d_x} * 10 = 24,5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = 0,0013 * b_y * h * 10^4 = 22,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,x} = \text{MAX}(A_{s,1}; A_{s,min}) = 24,5 \text{ cm}^2$$

zastosowano $d_s =$	SEL("ec2_pl/As_pl"; ds ;)	= 16 mm
przyjęto $A_{s,gew} =$	SEL("ec2_pl/As_pl"; Bez; ds=d_s; As ≥ A_{s,x})	= 16 Ø 16
suma przyjętego zbrojenia $A_{s,x,vorh} =$	TAB("ec2_pl/As_pl"; As; Bez=A_{s,gew})	= 32,17 cm ²

Rozkład zbrojenia:

w środku stopy fund.	10 Ø 16 - 12 cm
zewnętrzne pasma	2 x 3 Ø 16 - 18 cm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie stopy na przebicie

$$d_{eff} = (d_x + d_y) / 2 = 0,730 \text{ m}$$

Geometryczne warunki brzegowe

$$c_x / c_y = \underline{1,50 \leq 2}$$

$$u_0 = 2 * (c_x + c_y) = 2,00 \text{ m}$$

$$u_0 / d_{eff} = \underline{2,74 \leq 12}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Querkrafttragfähigkeit ohne Durchstanzbewehrung

$$\begin{aligned}
 b_{x,crit} &= \text{MIN}(b_x; c_x + 3,0 * d_{eff}) &= & 2,79 \text{ m} \\
 b_{y,crit} &= \text{MIN}(b_y; c_y + 3,0 * d_{eff}) &= & 2,20 \text{ m} \\
 \rho_{Ix} &= A_{sx,vorh} / (b_{y,crit} * d_{eff} * 10^4) &= & 0,00200 \\
 \rho_{Iy} &= A_{sy,vorh} / (b_{x,crit} * d_{eff} * 10^4) &= & 0,00197 \\
 \Rightarrow \rho_I &= \text{MIN}(\sqrt{\rho_{Ix} * \rho_{Iy}}; 0,02) &= & 0,00198 \\
 \\
 C_{Rdc} &= 0,18 / \gamma_C &= & 0,13 \\
 k &= \text{MIN}(1 + \sqrt{(200/d_{eff}); 2}) &= & 2,0 \\
 v_{min} &= 0,035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2} &= & 0,443 \text{ MN/m}^2 \\
 V_{Rd,c} &= \text{MAX}((0,18 / \gamma_C) * k * (100 * \rho_I * f_{ck})^{1/3}; v_{min}) &= & \mathbf{0,443 \text{ MN/m}^2} \\
 V_{Ed} / V_{Rd,c} & &= & \mathbf{\underline{0,42} \leq 1}
 \end{aligned}$$

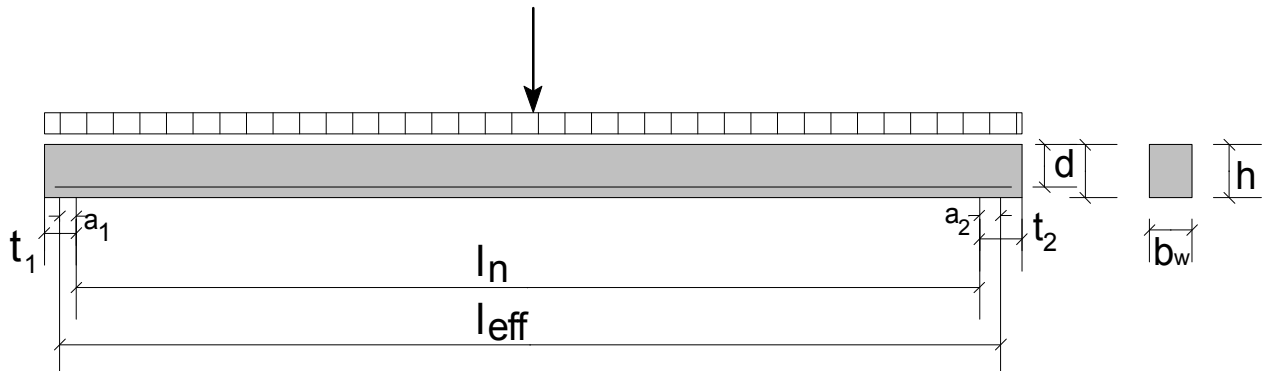
Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Pełne przykłady

**PRZYKŁAD - Belka jednoprzęsłowa
z obciążeniem równomiernym i punktowym w środku przęsła**

Wymiarowanie na zginanie i ścinanie wraz/bez obciążenia osiowego siłą normalną N_{Ed}

**Material**

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C20/25
$\gamma_C =$			1,40
$f_{ck} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$			1,00
$f_{cd} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)* α_{cc} / γ_C	=	14,29 N/mm ²
$f_{ctm} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm;Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005;Bez=Beton)	=	1,5 N/mm ²
$f_{ctd} =$	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²
Stal zbrojeniowa =			B 500
$\gamma_S =$			1,15
$f_{yk} =$			500 N/mm ²
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_S	=	435 N/mm ²

Dane

Szerokość podpory $t_1 =$	0,20 m
Szerokość podpory $t_2 =$	0,20 m
Rozpiętość w świetle między podporami $l_n =$	2,80 m
Szerokość belki $b_w =$	0,24 m
Wysokość belki $h =$	0,62 m
Użyteczna wysokość przekroju $d =$	0,57 m

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Reakcje podporowe / Siły przekrojowe

$$A_{g,k} = g_k * \frac{l_{eff}}{2} + \frac{G_k}{2} = 28,5 \text{ kN}$$

$$A_{q,k} = q_k * \frac{l_{eff}}{2} + \frac{Q_k}{2} = 42,0 \text{ kN}$$

$$M_{g,k} = g_k * \frac{l_{eff}^2}{8} + G_k * \frac{l_{eff}}{4} = 29,3 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = q_k * \frac{l_{eff}^2}{8} + Q_k * \frac{l_{eff}}{4} = 34,9 \text{ kNm}$$

Wartości obliczeniowe:

$$g_d = \gamma_G * g_k = 16,20 \text{ kN/m}$$

$$q_d = \gamma_Q * q_k = 37,50 \text{ kN/m}$$

$$M_{max,d} = \gamma_G * M_{g,k} + \gamma_Q * M_{q,k} = 91,91 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = \gamma_G * A_{g,k} + \gamma_Q * A_{q,k} = 101,47 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - (g_d + q_d) * (\text{MIN}(a_1; a_2) + d) = 65,49 \text{ kN}$$

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$M_{Eds} = \frac{M_{max,d}}{1000} = 91,9 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds}}{b_w * d^2 * f_{cd}} = 0,082$$

Odczytane wartości współczynników z tabel:

$$\omega_1 = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; omega; my}=\mu_{Eds}) = 0,0858$$

$$\sigma_{sd} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; sigmasd; my}=\mu_{Eds}) = 457 \text{ N/mm}^2$$

obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

$$A_{sl} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \left(\omega_1 * b_w * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 3,67 \text{ cm}^2$$

przyjęcie zbrojenia rozciąganego:

$$\text{gew. } d_{sL} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; ds ;}) = 12 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; Bez; ds}=\text{d}_{sL}; \text{As} \geq A_{sl}) = 4 \text{ } \varnothing 12$$

$$A_{sl,vorh} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; As; Bez}=\text{A}_{s,gew}) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$A_{sl} / A_{sl,vorh} = \underline{\underline{0,81 \leq 1}}$$

przyjęto: 4 \varnothing 12

Wymiarowanie zbrojenia na ścinanie

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Maxymalna nośność przekroju betonowego krzyżulca $V_{Rd,max}$:

$$V_{Rd,max} = 1000 * b_w * z * v_1 * f_{cd} / (1/TAN(\Theta) + TAN(\Theta)) = 385,2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max,26,6} = 1000 * 0,4 * b_w * z * v_1 * f_{cd} = 384,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max,45} = 1000 * 0,5 * b_w * z * v_1 * f_{cd} = 481,0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}/V_{Rd,max} = \underline{0,26 < 1}$$

$$V_{Ed,red}/V_{Rd,max} = \underline{0,17 < 1}$$

Wymiarowanie krzyżulców rozciąganych (zbrojenie na ścinanie):

$$f_{ywd} = f_{yk} / 1,15 = 434,8 \text{ kN}$$

$$a_{sw} = 10 * \frac{V_{Ed,red}}{f_{ywd} * \frac{1}{\tan(\Theta)} * z} = 1,48 \text{ cm}^2/\text{m}$$

c) Zbrojenie minimalne na ścinanie

wybrano: Strzemiona pionowe 90° gdzie $\sin \alpha = 1$

$$a_{sw,min} = 0,08 * (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} * b_w * \text{MIN}(0,75 * d * 100; 60) * 100 = 0,73 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,erf} = \text{MAX}(a_{sw}; a_{sw,min}) = 1,48 \text{ cm}^2/\text{m}$$

przyjęcie zbrojenia strzemionami:

$$d_s = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; } ds;) = 8 \text{ mm}$$

$$a_s = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; Bez; } d_s=d_s; a_s \geq a_{sw,erf} / 2) = \text{Ø } 8 / e = 25$$

$$a_{sw,vorf} = 2 * \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; } a_s; \text{Bez}=a_s) = 4,02 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,erf} / a_{sw,vorf} = \underline{0,37 < 1}$$

przyjęto Strzemiona Ø 8 / 25 2-cięte

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczenie długości zakotwienia w kierunku krawędzi belki:

Wyznaczenie podstawowych współczynników:

$$\text{Współczynnik warunków przyczepności } \eta_1 = 1,0$$

$$\text{Współczynnik } \eta_2 = \text{IF}(d_s \leq 32; 1,0; (132-d_s) / 100) = 1,0$$

$$\begin{aligned} \text{Graniczne naprężenie przyczepności } f_{bd} &= 2,25 * \eta_1 * \eta_2 * f_{ctd} = 2,41 \text{ N/mm}^2 \\ \text{Podstawowa długość zakotwienia } l_{b,rqd} &= (d_s / 4) * (f_{yd} / f_{bd}) = 541 \text{ mm} \end{aligned}$$

Wsółczynniki zakotwienia (patrz EC2-1-1, Rysunek (8.1))

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,0 \\ \alpha_2 &= 1,0 \end{aligned}$$

Minimalna długość zakotwienia, gdy inne przepisy nie implikują długości większej:

$$l_{b,min} = \text{MAX}(0,3 * \alpha_1 * l_{b,rqd}; 10 * d_s) = 162 \text{ mm}$$

Bemessungswert der Verankerungslänge:

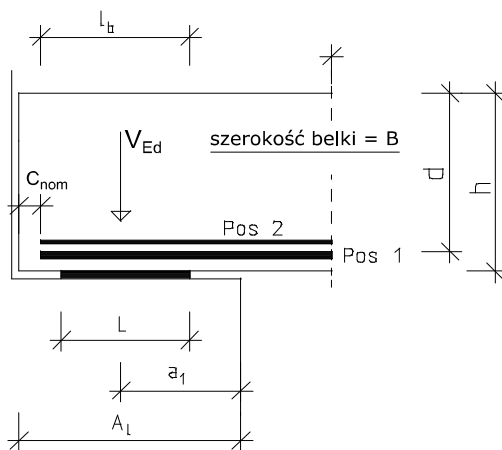
$$l_{bd} = \text{MAX}(\alpha_1 * \alpha_2 * l_{b,rqd} * A_{s,erf} / A_{s,vorh}; l_{b,min}) = 223 \text{ mm}$$

maxymalna możliwa długość zakotwienia wynikająca z geometrii:

$$l_{bd,max} = t_1 * 10^3 - c_{nom} = 165 \text{ mm}$$

$$l_{bd} / l_{bd,max} = 1,35 < 1$$

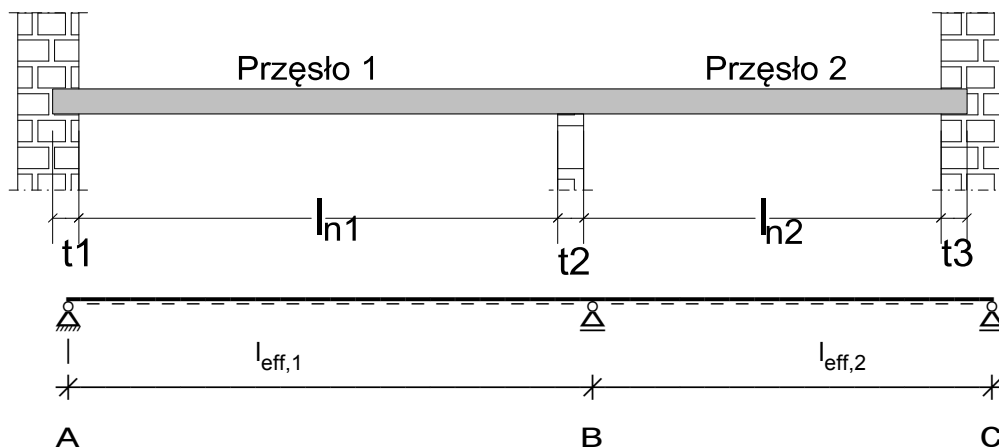
Szkic:



W przypadku niespełnienia warunków zakotwienia prętów, można zmienić sposób zakotwienia (haki, strzemię w kształcie litery U) i / lub zwiększyć zbrojenie $a_{s,vorh}$ (np. dołożyć zbrojenie, patrz szkic Pos. 2)

PRZYKŁAD - Płyta żelbetowa, zbrojona jednokierunkowo

Wymiarowanie płyty żelbetowej wewnątrz budynku, opartej swobodnie, obciążonej statycznie.
Siły przekrojowe wyznaczyć z oddzielnych obliczeń.

**Materiał**

Beton =	SEL("EC2_pl/beton_ec2_pl" ; Bez;fck≤50)	=	C20/25
γ_C =			1,40
f_{ck} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck;Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
f_{cd} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fcd; Bez=Beton)	=	14,29 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm; Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005}$ =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005;Bez=Beton)	=	1,50 N/mm ²
f_{ctd} =	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²
Stal zbrojeniowa =			B500
f_{yk} =			500 N/mm ²
γ_S =			1,15
f_{yd} =	f_{yk} / γ_S	=	435 N/mm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Dane geometryczne

Wysokość płyty h =			0,24 m
⇒ wysokość użyteczna przekroju d =	$h - (c_v + d_s/2) \cdot 10^{-3}$	=	0,18 m
przewidywane zbrojenie podłużne A_s =			5,16 cm ² /m
Rozpiętość w świetle między podporami $l_{n,1}$ =			4,82 m
Rozpiętość w świetle między podporami $l_{n,2}$ =			3,82 m
Szerokość podpory t_1 =			0,12 m

Szerokość podpory $t_2 =$	0,24 m
Szerokość podpory $t_3 =$	0,12 m

Zestawienie obciążeń

Obliczeniowe wartości obciążeń - kombinacja podstawowa:

obciążenie stałe $g_d =$	8,60 kN/m
obciążenie zmienne $q_d =$	7,50 kN/m

$$e_d = \underline{\underline{16,10 \text{ kN/m}}}$$

Minimalna grubość płyty wynikająca z ograniczenia ugięć płyty

$l =$	$\text{MAX}(l_{\text{eff},1}; l_{\text{eff},2})$	$=$	5,00 m
$\rho =$	$A_s / (1,0 * d * 10^4) * 10^2$	$=$	0,29 %
$\rho_0 =$	$10^{-3} * \sqrt{f_{\text{ck}}} * 10^2$	$=$	0,45 %
$\rho_{\text{lim}} =$	$\text{TAB}(\text{"ec2_pl/rolim_pl";ro; fck=fck})$	$=$	0,24 %
$\rho_{\text{Strich}} =$			0,00
$K =$			1,30

dla $\rho \leq \rho_0$ obowiązuje EC2-1-1 Wzór (7.16a)

$$l_{\text{zud}_a} = K * \left(11 + 1,5 * \sqrt{f_{\text{ck}}} * \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 * \sqrt{f_{\text{ck}}} * \sqrt{\left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^3} \right) = 35,46$$

dla $\rho > \rho_0$ obowiązuje EC2-1-1 Wzór (7.16b)

$$l_{\text{zud}_b} = K * \left(11 + 1,5 * \sqrt{f_{\text{ck}}} * \frac{\rho_0}{\rho - \rho_{\text{Strich}}} + \frac{1}{12} * \sqrt{f_{\text{ck}}} * \sqrt{\frac{\rho_{\text{Strich}}}{\rho_0}} \right) = 27,83$$

Graniczny stosunek rozpiętości do wysokości użytecznej l/d :

$K * 35$	$=$	46
$l_{\text{zud}} = \text{IF}(\rho \leq \rho_0; \text{MIN}(l_{\text{zud}_a}; K*35); \text{MIN}(l_{\text{zud}_b}; K*35))$	$=$	35,46
$\text{erf}_d = l / l_{\text{zud}}$	$=$	0,14 m
erf_d / d	$=$	0,78 \leq 1
$\text{erf}_h = \text{MAX}(\text{erf}_d + (d_s / 2 + c_v) * 10^{-3}; 0,06)$	$=$	0,20 m
erf_h / h	$=$	0,83 \leq 1

Wymiarowanie w stanie granicznym nośności SGN**a) Wymiarowanie zbrojenia nadpodporowego - podpora pośrednia - na zginanie**

Zaokrąglenie momentu zginającego nadpodporowego

$F_{\text{Ed,sup}} =$	$(-V_{\text{Ed,Bli}} + V_{\text{Ed,Bre}})$	$=$	88,60 kNm/m
$\Delta m_{\text{Ed}} =$	$F_{\text{Ed,sup}} * t_2 / 8$	$=$	2,66 kNm/m
wartość momentu zginającego przyjętego do dalszego wymiarowania:			
$m_{\text{Ed,B,red}} =$	$m_{\text{Ed,B}} + \Delta m_{\text{Ed}}$	$=$	-33,2 kNm/m

Wymiarowanie:

grubość płyty $b =$	$1,00 * 1,0$	$=$	1,00 m
$N_{\text{Ed}} =$		$=$	0,0 kN
$m_{\text{Eds}} =$	$\text{ABS}(m_{\text{Ed,B,red}})$	$=$	33,20 kNm/m

$$\mu_{Eds} = \frac{m_{Eds} / 1000}{1,0 * d^2 * f_{cd}} = 0,072$$

odczytane wartości współczynników z tabel:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{omega}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 0,0750 \\ \zeta &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{zeta}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 0,961 \\ \xi &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{xi}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 0,099 \\ \sigma_{sd} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{sigmasd}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 457 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

$$a_s = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \left(\omega_1 * b * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 4,22 \text{ cm}^2$$

przyjęcie zbrojenia rozciąganego:

UWAGA: wybierz odpowiedni wariant - zbrojenie siatkami albo zbrojenie prętami - usuń wariant nie dot. Twoich obliczeń!

Wariant I (zbrojenie siatkami):

$$\begin{aligned} \text{wybrana siatka} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_siatki_pl"}; \text{Bez}; a_{sx} \geq a_s) = \text{Q443 A} \\ a_{s,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_siatki_pl"}; \text{asx}; \text{Bez}=\text{siatka}) = 4,43 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \text{wzdłuż } d_{s,l} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_siatki_pl"}; \text{dsx}; \text{Bez}=\text{siatka}) = 6,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sprawdzenie otuliny c_{min}

$$d_{s,l} / d_s = 0,20 \leq 1$$

nad podporą

przyjęto siatki Q443 A

Wariant II (zbrojenie prętami):

$$\begin{aligned} \text{średnica } d_{s,l} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; \text{ds};) = 10 \text{ mm} \\ \text{rozstaw } a_{s,vorh,rozstaw} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; \text{Bez}; d_s = d_{s,l}; a_s \geq a_s) / e = 15 \\ a_{s,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; \text{as}; \text{Bez}=a_{s,vorh,rozstaw}) = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

Sprawdzenie otuliny c_{min}

$$d_{s,l} / d_s = 0,31 \leq 1$$

nad podporą

przyjęto $\varnothing 10$ co 15 cm

b) Wymiarowanie zbrojenia na zginanie w przęśle 1

$$\begin{aligned} \text{szerokość płyty } b &= 1,00 * 1,0 = 1,00 \text{ m} \\ N_{Ed} &= 0,0 \text{ kN} \\ m_{Eds} &= \text{ABS}(m_{Ed,F1}) = 34,10 \text{ kNm/m} \\ \mu_{Eds} &= \frac{m_{Eds} / 1000}{1,0 * d^2 * f_{cd}} = 0,074 \end{aligned}$$

odczytane wartości współczynników z tabel:

$$\begin{aligned} \omega_1 &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{omega}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 0,0771 \\ \xi &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{xi}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 0,101 \\ \sigma_{sd} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"}; \text{sigmasd}; \text{my}=\mu_{Eds}) = 457 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \left(\omega_1 * b * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 4,34 \text{ cm}^2$$

przyjęcie zbrojenia rozciąganego:

Wariant II (zbrojenie prętami):

$$\text{średnica } d_{s,1} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; ds; }) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{rozstaw } a_{s1, \text{vorh}, \text{rozstaw}} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; Bez; } d_s = d_{s,1}; a_s \geq a_{s1}) / e = 15$$

$$a_{s1, \text{vorh}} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"; as; Bez} = a_{s1, \text{vorh}, \text{rozstaw}}) = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na ścinanie

dopadać należy poprzeczną miarodajną siłę przekrojową, głębokość podpory a_x oraz zbrojenie na zginanie A_s !!

$$\max v_{Ed} = \text{ABS}(v_{Ed, \text{Bli}}) = 47,4 \text{ kN/m}$$

$$v_{Ed, \text{red}} = v_{Ed} - (g_d + q_d) * (a_2 + d) = 42,6 \text{ kN/m}$$

$$A_s = a_{s, \text{vorh}} = 5,24 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$k = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d * 10^3}}; 2\right) = 2,00$$

$$\rho_1 = \text{MIN}\left(\frac{A_s}{1 * d * 10^4}; 0,02\right) = 2,9 * 10^{-3}$$

$$C_{Rd, c} = 0,18 / \gamma_C = 0,1286$$

Wyznaczenie obliczeniowej, granicznej siły poprzecznej w elemencie bez udziału zbrojenia:

$$V_{Rd, c} = (C_{Rd, c} * k^3 * \sqrt{100 * \rho_1 * f_{ck}} + 0,15 * \sigma_{cp}) * d * 10^3 = 83,2 \text{ kN/m}$$

Minimalna siła poprzeczna $V_{Rd, c, \text{min}}$:

$$v_{\text{min}} = 0,035 * \sqrt{k^3 * f_{ck}} = 0,4427 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd, c, \text{min}} = (v_{\text{min}} + 0,15 * \sigma_{cp}) * d * 10^3 = 79,7 \text{ kN/m}$$

Miarodajna wartość nośności obliczeniowej na ścinanie bez zbrojenia poprzecznego:

$$V_{Rd, c} = \text{MAX}(V_{Rd, c}; V_{Rd, c, \text{min}}) = 83,2 \text{ kN/m}$$

$$v_{Ed, \text{red}} / V_{Rd, c} = 0,51 \leq 1$$

Zbrojenie na ścinanie nie jest potrzebne, gdy spełniony jest powyższy warunek!

Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe

Klasa odporności ogniowej

$$\text{REI} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/REIplyta_PL"; Bez;}) = \text{REI 30}$$

EC2-1-2, 5.7.2: Tabela 5.8

Minimalne wymiary i odległości osiowe dla jednokierunkowo i dwukierunkowo zbrojonych swobodnie podpartych monolitycznych płyt żelbetowych

$$h_{s,\min} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/REIplyta_PL";hs;Bez=REI;}) * 10^{-3} = 0,060 \text{ m}$$

$$\text{jednokierunkowo } a = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/REIplyta_PL";a1;Bez=REI;}) = 10 \text{ mm}$$

$$a_{\text{vorh}} = c_v + d_s / 2 = 61 \text{ mm}$$

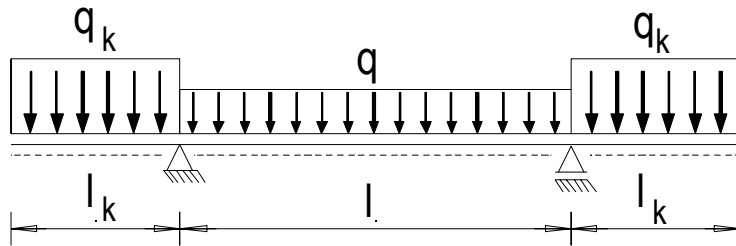
$$\text{Warunki} = \text{TAB}(\text{"PL/wynik";Erg;v=bed}) \quad \text{warunek spełniony!}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Proste układy

Belka jednoprzęsłowa - dwa wsporniki

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Zestawienie obciążeń w przęśle:

ciężar własny:	$b_w * h * 25$	=	3,30 kN/m
ciężar nadmurówki betonowej:	$b_w * 1,35 * 25$	=	8,10 kN/m
obciążenie z pozycji 302:			48,50 kN/m
		max q_{gf} =	59,90 kN/m

obciążenie użytkowe z pozycji 302:			20,00 kN/m
obciążenie śniegiem z pozycji 302:			74,50 kN/m
		max q_{qf} =	94,50 kN/m

Zestawienie obciążeń wspornik lewy:

ciężar własny:	$b_w * h * 25$	=	3,30 kN/m
ciężar nadmurówki betonowej:	$b_w * 1,35 * 25$	=	8,10 kN/m
obciążenie z pozycji 302:			48,50 kN/m
		max q_{qcl} =	59,90 kN/m

obciążenie użytkowe z pozycji 302:			50,00 kN/m
obciążenie śniegiem z pozycji 302:			74,50 kN/m
		max q_{qcl} =	124,50 kN/m

Zestawienie obciążeń wspornik prawy:

$$\begin{aligned}
 \text{ciężar własny:} & \quad b_w * h * 25 & = & \quad 3,30 \text{ kN/m} \\
 \text{ciężar nadmurówki betonowej:} & \quad b_w * 1,35 * 25 & = & \quad 8,10 \text{ kN/m} \\
 \text{obciążenie z pozycji 302:} & & & \quad 48,50 \text{ kN/m} \\
 & & & \quad \text{max } q_{gcr} = 59,90 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{obciążenie użytkowe z pozycji 302:} & \quad 50,00 \text{ kN/m} \\
 \text{obciążenie śniegiem z pozycji 302:} & \quad 74,50 \text{ kN/m} \\
 & \quad \text{max } q_{qcr} = 124,50 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Reakcje podporowe / Siły przekrojowe:

$$\begin{aligned}
 M_{gcl} & = \frac{-q_{gcl} * l_{cl}^2}{2} & = & \quad -19,17 \text{ kNm} \\
 M_{qcl} & = \frac{-q_{qcl} * l_{cl}^2}{2} & = & \quad -39,84 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie - wspornik lewy:

$$\begin{aligned}
 M_{Eds,l} & = \gamma_G * M_{gcl} + \gamma_Q * M_{qcl} & = & \quad -85,6 \text{ kNm} \\
 M_{Eds,l} & = \text{ABS}(M_{Eds,l}) & = & \quad 85,60 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds,l} / 1000}{b_w * d^2 * f_{cd}} = 0,100$$

Odczytane wartości współczynników z tabel:

$$\begin{aligned}
 \omega_1 & = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; omega; my}=\mu_{Eds}) = 0,1058 \\
 \sigma_{sd} & = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; sigmasd; my}=\mu_{Eds}) = 455 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

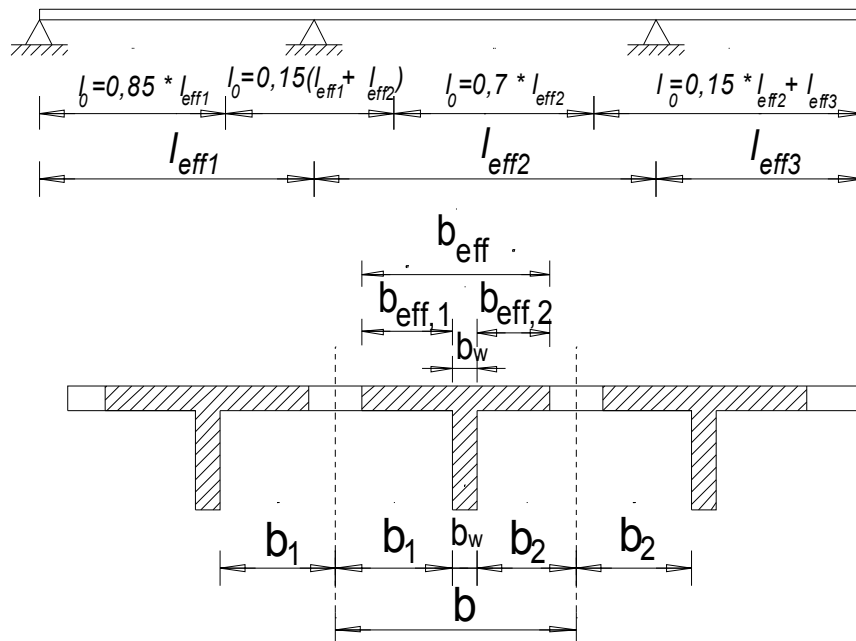
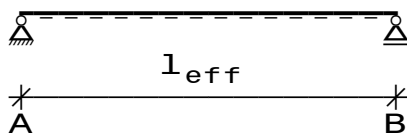
$$A_{sl} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * (\omega_1 * b_w * d * f_{cd}) * 10^4 = 3,99 \text{ cm}^2$$

przyjęcie zbrojenia rozciąganego:

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{sL} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds ;) &= & 12 \text{ mm} \\ A_{s, \text{gew}} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{sL}; As \geq A_{sL}) &= & 4 \text{ } \varnothing 12 \\ A_{sL, \text{vorh}} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s, \text{gew}}) &= & 4,52 \text{ cm}^2 \\ A_{sL} / A_{sL, \text{vorh}} & &= & \underline{0,88 \leq 1} \end{aligned}$$

przyjęto: 4 \varnothing 12

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Efektywna szerokość pól**Założenia ogólne****I - Belka jednoprzęsłowa**Schemat statyczny + przekrój poprzeczny belki

rozpiętość w świetle l_n =	6,26 m
szerokość podpory t_A =	0,30 m
szerokość podpory t_B =	0,00 m
wysokość elementu h =	0,30 m

Zakłada się idealizację podpory o danej szerokości t traktując je jako punktowe. Punkty podparcia ustala się określając odcinki a_i , z uwzględnieniem szerokości podpót t i wysokości elementu h dla belek ciągłych.

$$a_1 = \text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_A) = 0,15 \text{ m}$$

$$a_2 = \text{MIN}(1/2 * h ; 1/2 * t_B) = 0,00 \text{ m}$$

$$\text{szerokość środnika belki } b_w = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{połowa szerokości płyty } b_1 = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{połowa szerokości płyty } b_2 = 1,37 \text{ m}$$

efektywna rozpiętość elementu

$$l_{\text{eff}} = l_n + a_1 + a_2 = 6,41 \text{ m}$$

$$\text{Belka jednoprzęsłowa } l_0 = l_{\text{eff}} = 6,41 \text{ m}$$

Efektywna szerokość pól

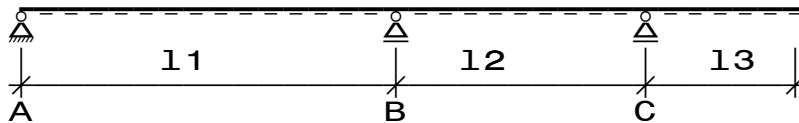
$$b = b_1 + b_2 + b_w = 3,42 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = \text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1) = 0,99 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = \text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2) = 0,92 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = \text{MIN}(b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w; b) = 2,21 \text{ m}$$

II - Belka wieloprzęsłowa - przęsło skrajne I1



Schemat statyczny + przekrój poprzeczny belki

$$\text{rozpiętość w świetle } l_{n1} = 6,26 \text{ m}$$

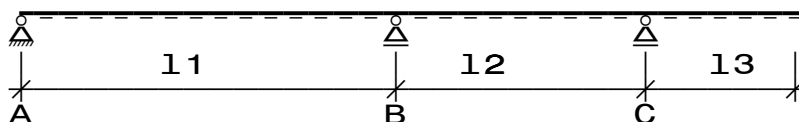
$$\text{szerokość podpory } t_A = 0,30 \text{ m}$$

$$\text{szerokość podpory } t_B = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{wysokość elementu } h = 0,30 \text{ m}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

III - Belka wieloprzęsłowa - w obszarze podpory wewnętrznej (podpora B)



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

efektywna rozpiętość elementu

$$l_{\text{eff},1} = l_{n1} + a_1 + a_2 = 6,56 \text{ m}$$

$$l_{\text{eff},2} = l_{n2} + a_2 + a_3 = 7,35 \text{ m}$$

$$\text{Podpora środkowa } l_0 = 0,15 * (l_{\text{eff},1} + l_{\text{eff},2}) = 2,09 \text{ m}$$

Efektywna szerokość póltek

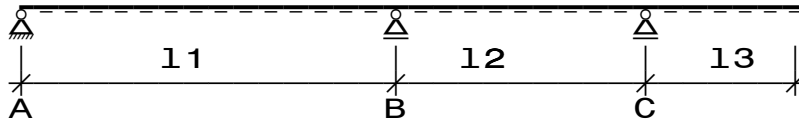
$$b = b_1 + b_2 + b_w = 3,42 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = \text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1) = 0,42 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},2} = \text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2) = 0,42 \text{ m}$$

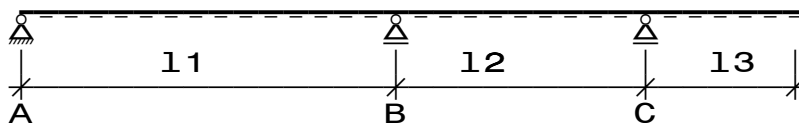
$$b_{\text{eff}} = \text{MIN}(b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w; b) = 1,14 \text{ m}$$

IV - Belka wieloprzęsłowa - przęsło wewnętrzne l2



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

V - Belka wieloprzęślowa - przęsło skrajne - wspornik I3



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

$$\text{Wspornik } l_0 = 1,5 * l_{\text{eff},3} = 9,39 \text{ m}$$

Efektywna szerokość pól

$$b = b_1 + b_2 + b_w = 3,42 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff},1} = \text{MIN}(0,2 * b_1 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_1) = 1,29 \text{ m}$$

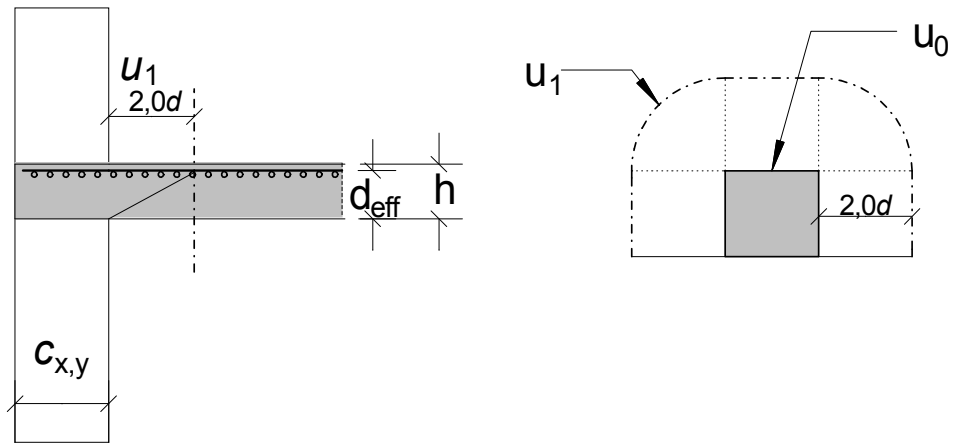
$$b_{\text{eff},2} = \text{MIN}(0,2 * b_2 + 0,1 * l_0; 0,2 * l_0; b_2) = 1,21 \text{ m}$$

$$b_{\text{eff}} = \text{MIN}(b_{\text{eff},1} + b_{\text{eff},2} + b_w ; b) = 2,80 \text{ m}$$

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Przebiecie

Zbrojenie na przebiecie - słup krawędziowy (słup o przekroju prostokątnym)**Dane / Geometria przekroju**

Wysokość stropu $h =$	0,24 m
Słup $b_x =$	0,40 m
Słup $b_y =$	0,400 m
Wysokość użyteczna zbrojenia płyty $d_x =$	0,215 m
Wysokość użyteczna zbrojenia płyty $d_y =$	0,195 m

$$\Rightarrow d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = 0,20 \text{ m}$$

przyjęte zbrojenie pracujące na rozciąganie w płycie
 równoległe do krawędzi $a_{sx} = 12,00 \text{ cm}^2/\text{m}$
 prostopadłe do krawędzi $a_{sy} = 12,00 \text{ cm}^2/\text{m}$

Obwód słupa
 $u_0 = 2 * b_x + b_y = 1,20 \text{ m}$

podstawowy obwód kontrolny
 $u_1 = 2 * b_x + b_y + \pi * 2 * d_{\text{eff}} = 2,46 \text{ m}$

Obciążenie

$$V_{\text{Ed}} = 300 \text{ kN}$$

Jeżeli reakcja podpory jest przyłożona mimośrodowo w stosunku do obwodu kontrolnego, to maksymalne naprężenie styczne można obliczać ze wzoru:

$$\beta = 1,40$$

$$v_{\text{Ed}} = \beta * V_{\text{Ed}} / (u_1 * d_{\text{eff}}) * 10^{-3} = 0,854 \text{ MN/m}^2$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Zbrojenie obwodu:

$$f_{ywd} = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd,ef} = \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{eff} * 10^3; f_{ywd}) = 300 \text{ N/mm}^2$$

Wybór rozstawu promieniowego (współczynnik * d_{eff}):

$$s_r = 0,75 * d_{eff} = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{sw} = (V_{Ed} - 0,75 * V_{Rd,c}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{ywd,ef}) * 10^4 = 3,41 \text{ cm}^2$$

Wymagania konstrukcyjne dotyczące zbrojenia na przebiecie:

maksymalny rozstaw obwodowy strzemion

- wewnątrz obwodu krytycznego

$$s_{ti} = 1,5 * d_{eff} = 0,30 \text{ m}$$

- na zewnątrz obwodu krytycznego

$$s_{ta} = 2,0 * d_{eff} = 0,40 \text{ m}$$

Minimalna ilość ramion strzemion w danym obwodzie:

$$\text{odstęp do } u_{s1} \dots a_{us1} = 0,5 * d_{eff} = 0,100 \text{ m}$$

$$u_{s1} = 2 * b_x + b_y + \pi * a_{us1} = 1,51 \text{ m}$$

$$\text{min } n1 = u_{s1} / (1,5 * d_{eff}) = 5,0 \text{ ramion strzemion}$$

$$\text{odstęp do } u_{s2} \dots a_{us2} = 1,1 * d_{eff} = 0,220 \text{ m}$$

$$u_{s2} = 2 * b_x + b_y + \pi * a_{us2} = 1,89 \text{ m}$$

$$\text{min } n2 = u_{s2} / (1,5 * d_{eff}) = 6,3 \text{ ramion strzemion}$$

$$\text{odstęp do } u_{s3} \dots a_{us3} = 1,7 * d_{eff} = 0,340 \text{ m}$$

$$u_{s3} = 2 * b_x + b_y + \pi * a_{us3} = 2,27 \text{ m}$$

$$\text{min } n3 = u_{s3} / (2 * d_{eff}) = 5,7 \text{ ramion strzemion}$$

Zbrojenie minimalne:

$$A_{sw,min} = 0,08 / 1,5 * \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} * s_r * s_{ti} * 10^4 = 0,21 \text{ cm}^2 \text{ każde ramię}$$

Przyjęto zbrojenie:

1. Obwód zbrojenia

(ramię rozłożone zgodnie z $s_t \leq 1,5d$)

$$\text{przyjęto } d_s = \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"; } ds;) = 8 \text{ mm}$$

$$A_{s,gew} = \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"; Bez; } ds=d_s; n \geq n1; As \geq A_{sw}) = 8 \text{ } \varnothing 8$$

$$A_{s1,vorh} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/As_pl"; As; Bez}=A_{s,gew}) = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{sw} / A_{s1,vorh} = 0,85 \leq 1$$

2. Obwód zbrojenia

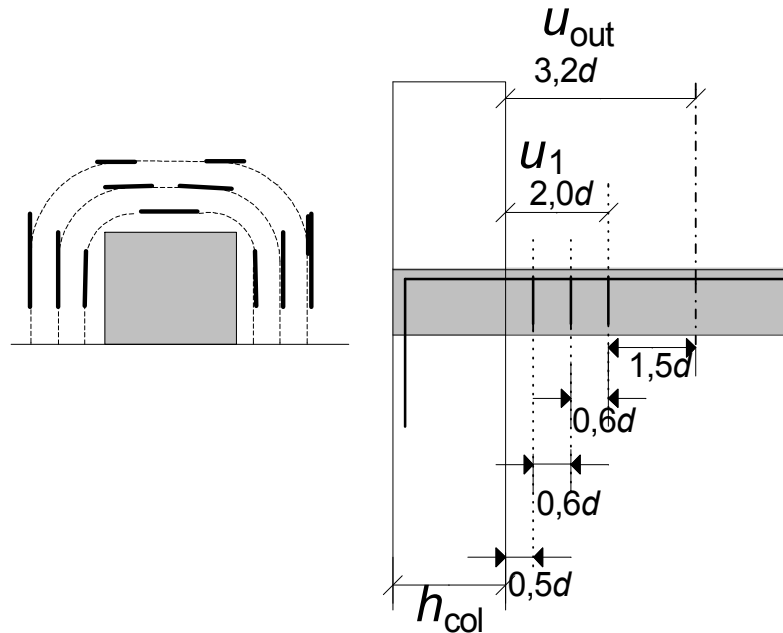
(ramię rozłożone zgodnie z $s_t \leq 1,5d$)

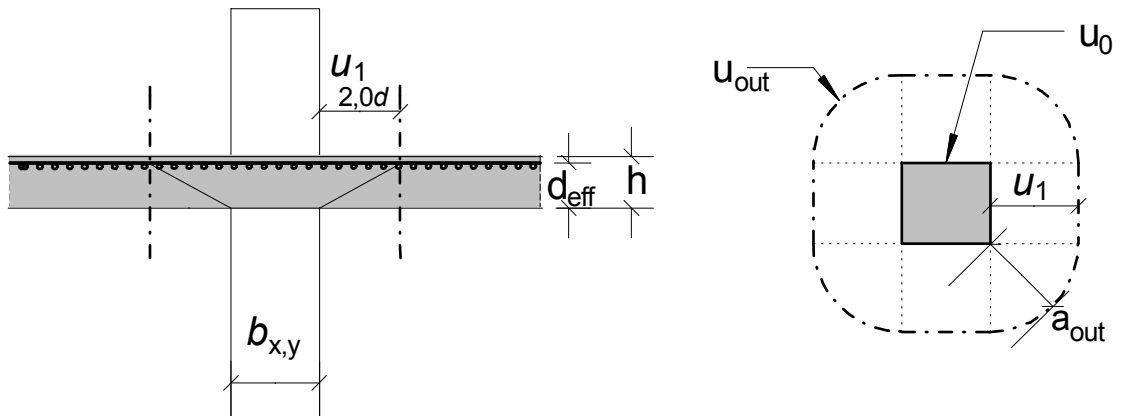
przyjęto $d_s =$	SEL("EC2_PL/As_pl"; ds ;)	=	8 mm
$A_{s,gew} =$	SEL("EC2_PL/As_pl"; Bez; ds=d _s ; n≥n ₂ ; As≥As _w)	=	8 Ø 8
$A_{s2,vorh} =$	TAB("EC2_PL/As_pl"; As; Bez=A _{s,gew})	=	4,02 cm ²
$A_{sw} / A_{s2,vorh}$		=	<u>0,85 ≤ 1</u>

3. Obwód zbrojenia

(ramię rozłożone zgodnie z $s_t \leq 1,5d$)

przyjęto $d_s =$	SEL("EC2_PL/As_pl"; ds ;)	=	8 mm
$A_{s,gew} =$	SEL("EC2_PL/As_pl"; Bez; ds=d _s ; n≥n ₃ ; As≥As _w)	=	8 Ø 8
$A_{s3,vorh} =$	TAB("EC2_PL/As_pl"; As; Bez=A _{s,gew})	=	4,02 cm ²
$A_{sw} / A_{s3,vorh}$		=	<u>0,85 ≤ 1</u>



Zbrojenie na przebiecie - słup wewnętrzny (słup o przekroju prostokątnym)**Material**

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C20/25
γ_C =			1,40
f_{ck} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton)	=	20,00 N/mm ²
α_{cc} =			1,00
f_{cd} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton)* α_{cc} / γ_C	=	14,29 N/mm ²
f_{ctm} =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctm; Bez=Beton)	=	2,20 N/mm ²
$f_{ctk,005}$ =	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fctk005; Bez=Beton)	=	1,5 N/mm ²
f_{ctd} =	$f_{ctk,005} / \gamma_C$	=	1,07 N/mm ²
Stal zbrojeniowa =			B 500
γ_S =			1,15
f_{yk} =			500 N/mm ²
f_{yd} =	f_{yk} / γ_S	=	435 N/mm ²

Dane / Geometria przekroju

Wysokość stropu h =	0,24 m
Słup b_x =	0,40 m
Słup b_y =	0,400 m
Wysokość użyteczna zbrojenia płyty d_x =	0,215 m
Wysokość użyteczna zbrojenia płyty d_y =	0,195 m

$$\Rightarrow d_{\text{eff}} = (d_x + d_y) / 2 = 0,20 \text{ m}$$

przyjęte zbrojenie pracujące na rozciąganie w płycie

a_{sx} =	12,00 cm ² /m
a_{sy} =	12,00 cm ² /m

$$\text{Obwód słupa} \\ u_0 = 2 * b_x + 2 * b_y = 1,60 \text{ m}$$

$$\text{podstawowy obwód kontrolny} \\ u_1 = 2 * (b_x + b_y + \pi * 2 * d_{\text{eff}}) = 4,11 \text{ m}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Zbrojenie na przebiecie

Sprawdzenie warunku maksymalnej nośności na ścinanie:

$$v = 0,6 * \left(1 - \left(\frac{f_{\text{ck}}}{250} \right) \right) = 0,55$$

$$V_{\text{Rd,max}} = 0,5 * v * f_{\text{cd}} = 3,930 \text{ MN/m}^3 \\ V_{\text{Ed}} / V_{\text{Rd,max}} = \underline{0,21 \leq 1}$$

Sprawdzenie przebiecia w strefie bezpośrednio przy słupie:

$$V_{\text{Ed.słup}} = \beta * V_{\text{Ed}} / (u_0 * d_{\text{eff}}) * 10^{-3} = 2,084 \text{ MN/m}^2 \\ V_{\text{Ed.słup}} / V_{\text{Rd,max}} = \underline{0,53 \leq 1}$$

⇒ jeżeli powyższy warunek nie jest spełniony to znaczy że warunek maksymalnej nośności nie jest spełniony! - należy przeprojektować przekrój

Zastosowano zbrojenie na przebiecie w postaci strzemion pionowych zamkniętych 90°:

Ustalenie obwodu kontrolnego, poza którym zbrojenie na ścinanie nie jest wymagane:

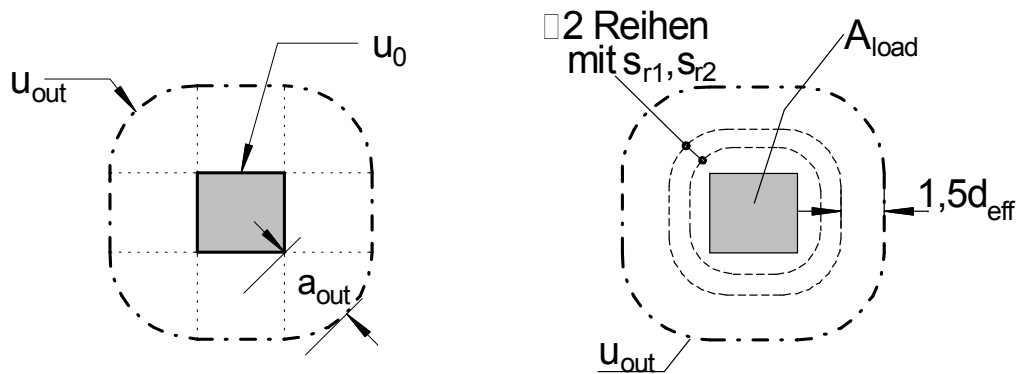
$$u_{\text{out}} = \beta * V_{\text{Ed}} / (v_{\text{Rd,c}} * d_{\text{eff}}) * 10^{-3} = 5,70 \text{ m}$$

odległość tego obwodu od osi słupa:

$$a_{\text{out}} = (u_{\text{out}} - u_0) / (2 * \pi) = 0,65 \text{ m} \\ a_{\text{out}} / d_{\text{eff}} = 3,25$$

tzn. wymagane zbrojenie na przebiecie jest do około ~
($a_{\text{out}} / d_{\text{eff}} - 1,5$) = 1,75 * d_{eff}

EC2-1-1, 9.4.3 (1) Należy zastosować co najmniej dwa obwody złożone z ramion strzemion



Zastosowano następujące rozstawy promieniowe zbrojenia:

1. Pierwszy obwód zbrojenia $0,5 d_{eff}$
2. Drugi obwód zbrojenia $1,25 d_{eff}$ ($s_r = 0,75d$)
3. Trzeci obwód zbrojenia $2,0 d_{eff}$ ($s_r = 0,75d$)

Zbrojenie obwodu:

$$f_{ywd} = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ywd,ef} = \text{MIN}(250 + 0,25 * d_{eff} * 10^3; f_{ywd}) = 300 \text{ N/mm}^2$$

Wybór rozstawu promieniowego (współczynnik * d_{eff}):

$$s_r = 0,75 * d_{eff} = 0,15 \text{ m}$$

$$A_{sw} = (v_{Ed} - 0,75 * v_{Rd,c}) * s_r * u_1 / (1,5 * f_{ywd,ef}) * 10^4 = 5,10 \text{ cm}^2$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

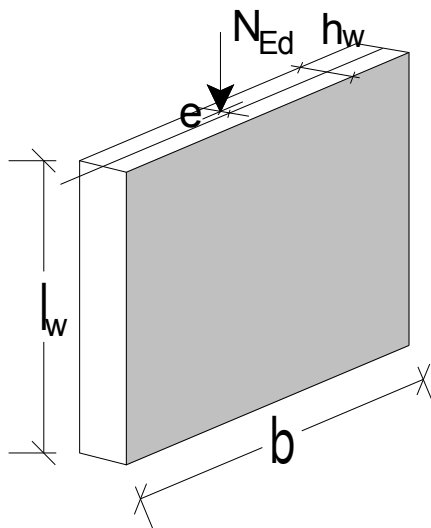
Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Przekroje ściskane

Elementy ściskane z betonu niezbrojonego

EC2-1-1, 12.6.5.2: Uproszczona metoda obliczania ścian i słupów



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Dane przekrojowe

Szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$
 Grubość przekroju $h_w = 0,24 \text{ m} \leq b$
 Wysokość $l_w = 2,50 \text{ m}$

efektywna długość słupa / ściany l_0 (tutaj: *Ściana podparta przegubowo obustronnie*)

$\beta = 1,00$
 $l_0 = \beta * l_w = 2,50 \text{ m}$

Smukłość

dla ścian niezbrojonych jak i słupów o przekroju kwadratowym przyjmuje się:

$\lambda_{lim} = 86$, (d.h. $l_0 / h_w = 25$)

$\lambda_{lim} = 86$

promień bezwładności $i = \sqrt{(b * h_w^3 / 12) / (b * h_w)} = 0,069 \text{ m}$

\Rightarrow smukłość $\lambda = l_0 / i = 36$

$\lambda / \lambda_{lim} = 0,42 \leq 1$

jeżeli warunek powyższy **jest spełniony można** przyjąć rozważany przekrój za niezbrojony!

Mimośród całkowity $e_{tot} = e_0 + e_i$

mimośród pierwszego rzędu:

$$e_0 = M_{Ed} / N_{Ed} = 0,000 \text{ m}$$

Dodatkowy mimośród wynikający z imperfekcji geometrycznych:

$$\alpha_h = WENN(2 / l_w^{0,5} \leq 1; 2 / l_w^{0,5}; 1) = 1,0000$$

$$\Theta_i = 1 / 200 * \alpha_h = 0,0050$$

$$e_i = \Theta_i * l_0 / 2 = 0,006 \text{ m}$$

$$\Rightarrow e_{tot} = e_0 + e_i = 0,006 \text{ m}$$

$$e_{tot} / h_w = 0,03 < 0,4$$

Uproszczona metoda obliczania ścian i słupów

$$\Phi = \text{MIN}((1,14 * (1 - 2 * e_{tot} / h_w) - 0,02 * l_0 / h_w); 1 - 2 * e_{tot} / h_w) = 0,8747$$

$$\alpha_{cc,pl} = 0,80$$

$$f_{cd,pl} = \alpha_{cc,pl} * f_{ck} / \gamma_C = 11,43 \text{ MN/m}^2$$

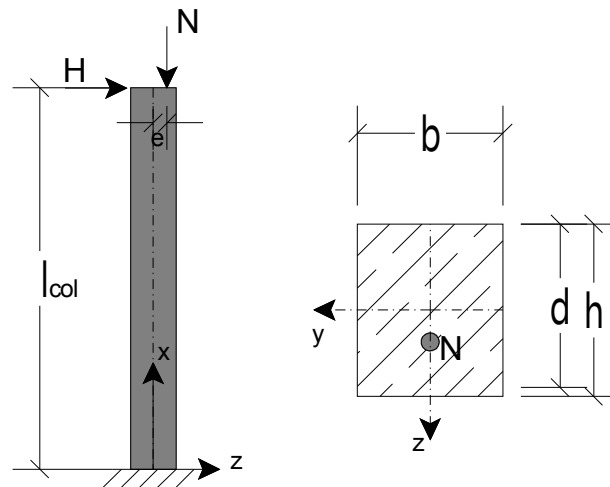
$$N_{Rd,\lambda} = b * h_w * f_{cd,pl} * \Phi = 2,399 \text{ MN}$$

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} * 10^{-3} / N_{Rd,\lambda} = 0,27 \leq 1$$

Uproszczona metoda wymiarowania elementu ściskanego

(metoda nominalnej krzywizny)

stały przekrój + zbrojenie przekroju prostokątnego; mimośród $e_0 \geq 0,1 h$; uwzględnia pełzanie

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczenie długości wyboczeniowej (efektywnej) l_0

$$\beta = 2,00$$

$$l_0 = \beta * l_{col} = 6,40 \text{ m}$$

Wymiarowanie z uwzględnieniem efektów drugiego rzędu:Smukłość i granica smukłości: $\lambda / \lambda_{lim} \leq 1$ - słupy smukłe

$$\text{promień bezwładności } i = \sqrt{\frac{b * \frac{h^3}{12} * 10^{-2}}{b * h}} = 0,115 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \text{Smukłość } \lambda = l_0 / i = 56$$

$$n = N_{Ed} / (A_c * f_{cd} * 10^{-1}) = 0,206$$

$$\lambda_{lim} = 20 * \frac{0,7 * 1,1 * 0,7}{\sqrt{n}} = 24$$

$$\lambda / \lambda_{lim} = 2,33 \leq 1$$

jeżeli warunek nie jest spełniony należy uwzględnić efekty drugiego rzędu

Mimośród e_0 :

$$\Rightarrow e_0 = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = 0,184 \text{ m}$$

obliczeniowy mimośród wywołany przez imperfekcje e_i :

$$\alpha_h = \text{IF}(2 / l_{col}^{0,5} \leq 1; 2 / l_{col}^{0,5}; 1) = 1,0000$$

$$\Theta_i = 1 / 200 * \alpha_h = 0,0050$$

$$\Rightarrow e_i = \Theta_i * l_0 / 2 = 0,016 \text{ m}$$

mimośród drugiego rzędu $e_2 = K_\varphi * K_r * (l_0^2 / 10) * (2 * \varepsilon_{yd} / (0,9 * d))$ Współczynnik K_r

Zakłada się zbrojenie słupa a priori

zakłada się $A_s = 6,30 \text{ cm}^2$

$$N_{Ed} = N_{Ed} * 10^{-3} = 0,443 \text{ MN}$$

$$N_{ud} = (f_{cd} * A_c + f_{yd} * A_s) * 10^{-4} = 2,417 \text{ MN}$$

$$N_{bal} = 0,40 * f_{cd} * A_c * 10^{-4} = 0,857 \text{ kN}$$

$$\Rightarrow K_r = \text{MIN}((N_{ud} - N_{Ed}) / (N_{ud} - N_{bal}); 1) = 1,0$$

Współczynnik K_φ

$$\beta = \text{MAX}((0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150), 0) = 0,102$$

Współczynnik pełzania $\varphi(\infty, t_0)$ według EC2-1-1, 3.1.4: Rysunek 3.1 a)

$$\varphi_{\infty, t_0} = 2,2$$

$$M_{1, perm} = N_{perm} * e * 10^{-2} + e_i * N_{perm} = 22,75 \text{ kNm}$$

$$M_{1, Ed} = M_{Ed} + e_i * N_{Ed} * 10^3 = 88,3 \text{ kNm}$$

$$\varphi_{eff} = \varphi_{\infty, t_0} * M_{1, perm} / M_{1, Ed} = 0,57$$

$$\Rightarrow K_\varphi = \text{MAX}((1 + \beta * \varphi_{eff}); 1,0) = 1,058$$

$$\varepsilon_{yd} = f_{yd} / E_s = 0,0022$$

$$e_2 = K_\varphi * K_r * (l_0^2 / 10) * (2 * \varepsilon_{yd} / (0,9 * d * 10^{-2})) = 0,059 \text{ m}$$

$$e_{tot} = e_0 + e_i + e_2 = 0,259 \text{ m}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

$$A_{s, tot} = \alpha * S / f_{yd} * 10^4 = 6,66 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = A_{s, tot} / 2 = 3,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = A_{s, tot} / 2 = 3,33 \text{ cm}^2$$

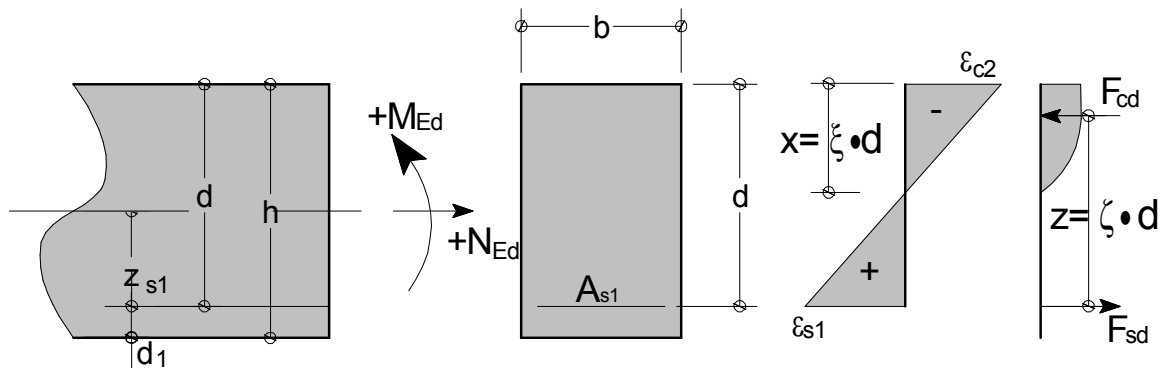
Dodatkowo należy sprawdzić warunki zbrojenia minimalnego!

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Przekroje zginane

Wymiarowanie zbrojenia rozciąganego w przekroju pojedynczo zbrojonym (B500)
Beton C12/15 - C50/60, B 500; $\gamma_s = 1,15$



Dane przekrojowe

Szerokość przekroju b=	0,30 m
Wysokość przekroju h=	0,50 m
Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju d ₁ =	0,05 m
⇒ wysokość użyteczna przekroju d=	h-d ₁ = 0,45 m

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczeniowe siły przekrojowe

$N_{Ed} =$	$\gamma_G * N_{gk} + \gamma_Q * N_{qk}$	=	-113 kN
$M_{Ed} =$	$\gamma_G * M_{gk} + \gamma_Q * M_{qk}$	=	308 kNm
ramię sił wewnętrznych z _s =	d - h / 2	=	0,20 m
$M_{Eds} =$	$M_{Ed} - N_{Ed} * z_s$	=	330,6 kNm

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$\mu_{Eds} =$	$\frac{M_{Ed}}{b * d^2 * f_{cd} * 1000}$	=	0,35
$\mu_{lim} =$			0,371

odczytano z tablicy:

ω =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; omega; my= μ_{Eds}) =	0,46
ζ =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; zeta; my= μ_{Eds}) =	0,765
ξ =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; xi; my= μ_{Eds}) =	0,565
ε_{c2} =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; epsilonc2; my= μ_{Eds}) =	-3,50 ‰
ε_{s1} =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; epsilons1; my= μ_{Eds}) =	2,69 ‰
σ_{sd} =	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; sigmasd; my= μ_{Eds}) =	435 N/mm ²
x =	$\xi \cdot d$ =	0,254 m
z =	$\zeta \cdot d$ =	0,344 m

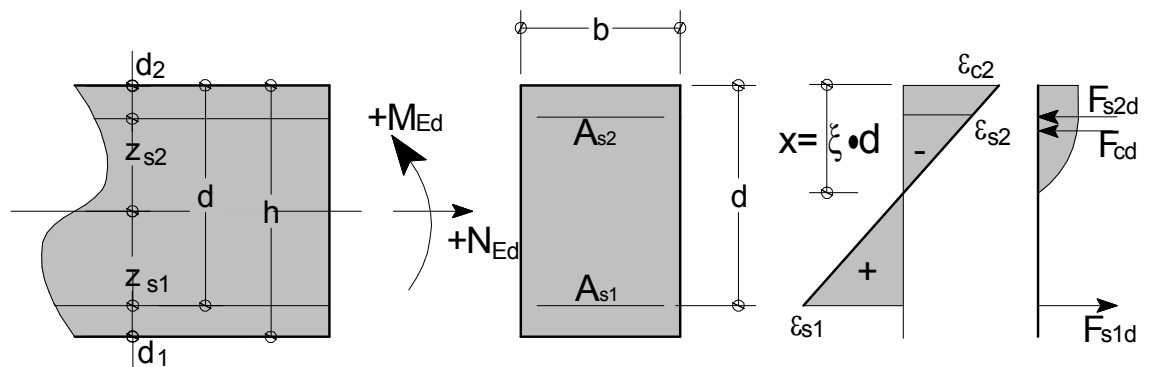
Obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego

$$A_{sl} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * \left(\omega * b * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 17,8 \text{ cm}^2$$

Przyjęcie zbrojenia rozciąganego

przyjęto d_s =	SEL("ec2_pl/As_pl"; ds ;)	=	16 mm
$A_{s,gew}$ =	SEL("ec2_pl/As_pl"; Bez; ds= d_s ; $A_s \geq A_{sl}$)	=	10 \varnothing 16
$A_{s,vorh}$ =	TAB("ec2_pl/As_pl"; As; Bez= $A_{s,gew}$)	=	20,11 cm ²
$A_{sl} / A_{s,vorh}$		=	<u>0,89 ≤ 1</u>

Wymiarowanie zbrojenia rozciąganego i ściskanego w przekroju podwójnie zbrojonym (B500), Beton C12/15 - C50/60; $\xi_{lim} = 0,45$; B 500; $\gamma_s = 1,15$



Wymiarowanie poniższe jest ważne dla założenia, że graniczny względny zasięg strefy ściskanej przyjmuje się jako $\xi = x/d = 0,45$ co oznacza, że $\mu_{Eds} > 0,30$.

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds} \cdot 10^{-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{397,6 \cdot 10^{-3}}{0,30 \cdot 0,45^2 \cdot 17,86} = 0,37$$

$$\text{stosunek } \Rightarrow v = \frac{d_2}{d} = 0,11$$

odczytano z tablicy:

$$\omega_1 = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega12_pl"}; \text{omega1}; d_2/d=v; m_y=\mu_{Eds}) = 0,447$$

$$\omega_2 = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega12_pl"}; \text{omega2}; d_2/d=v; m_y=\mu_{Eds}) = 0,083$$

obliczeniowa wartość przekroju zbrojenia projektowanego

$$A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} \left(\omega_1 \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) \cdot 10^4 = 22,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \omega_2 \cdot b \cdot d \cdot 10^4 = 4,6 \text{ cm}^2$$

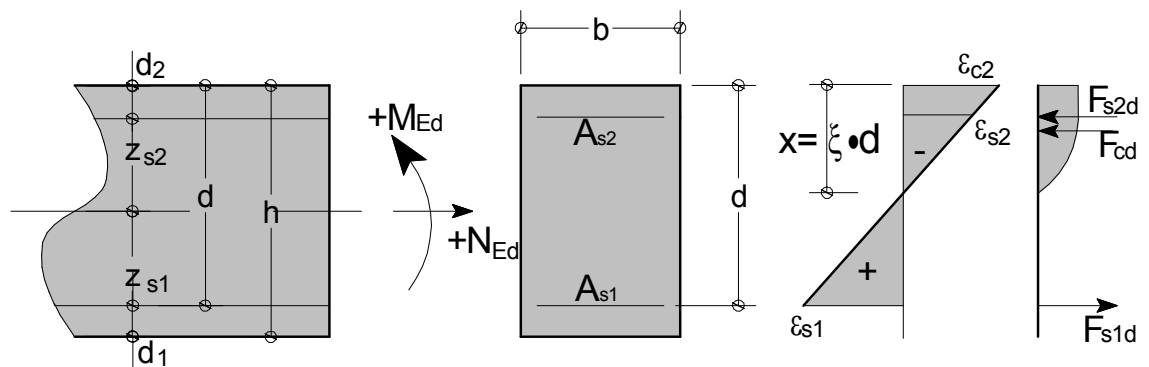
przyjęto zdrojenie dołem

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{s1} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } ds ;) &= & 28 \text{ mm} \\ A_{s1, \text{gew}} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; Bez; } ds=d_{s1}; As \geq A_{s1}) &= & 4 \text{ } \varnothing \text{ } 28 \\ A_{s1, \text{vorh}} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; As; Bez}=A_{s1, \text{gew}}) &= & 24,63 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_{s1, \text{vorh}} & &= & \underline{\underline{0,90 \leq 1}} \end{aligned}$$

przyjęto zdrojenie góra

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{s2} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } ds ;) &= & 14,00 \text{ mm} \\ A_{s2, \text{gew}} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; Bez; } ds=d_{s2}; As \geq A_{s2}) &= & 4 \text{ } \varnothing \text{ } 14 \\ A_{s2, \text{vorh}} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; As; Bez}=A_{s2, \text{gew}}) &= & 6,16 \text{ cm}^2 \\ A_{s2} / A_{s2, \text{vorh}} & &= & \underline{\underline{0,75 \leq 1}} \end{aligned}$$

Wymiarowanie zbrojenia rozciąganego i ściskanego w przekroju podwójnie zbrojonym (B500), Beton C12/15 - C50/60; $\xi_{lim} = 0,617$; B 500; $\gamma_s = 1,15$



Wymiarowanie poniższe jest ważne dla założenia, że graniczny względny zasięg strefy ściskanej przyjmuje się jako $\xi = x/d = 0,617$ co oznacza, że $\mu_{Eds} \geq 0,38$.

Dane przekrojowe

Szerokość przekroju $b =$	0,30 m
Wysokość przekroju $h =$	0,50 m
Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_1 =$	0,05 m
Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_2 =$	0,05 m
\Rightarrow wysokość użyteczna przekroju $d =$	$h - d_1 = 0,45$ m

Materiał

Beton =	SEL("ec2_pl/beton_ec2_pl"; Bez; fck < 55)	=	C25/30
$\gamma_C =$			1,40
$f_{ck} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton)	=	25,00 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$			1,00
$f_{cd} =$	TAB("ec2_pl/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton) * α_{cc} / γ_C	=	17,86 N/mm ²
Stal zbrojeniowa =			B 500
$f_{yk} =$			500 N/mm ²
$\gamma_S =$			1,15
$f_{yd} =$	f_{yk} / γ_S	=	435 N/mm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

obliczeniowa wartość przekroju zbrojenia projektowanego

$$A_{s1} = \frac{1}{f_{yd}} * \left(\omega_1 * b * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 28,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{f_{cd}}{f_{yd}} * \omega_2 * b * d * 10^4 = 3,7 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie dołem

$$\text{przyjęto } d_{s1} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds ;) = 32 \text{ mm}$$

$$A_{s1, \text{gew}} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{s1}; As \geq A_{s1}) \neq 4 \text{ } \emptyset 32$$

$$A_{s1, \text{vorh}} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s1, \text{gew}}) = 32,17 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} / A_{s1, \text{vorh}} = \underline{\underline{0,90 \leq 1}}$$

przyjęto zbrojenie górną

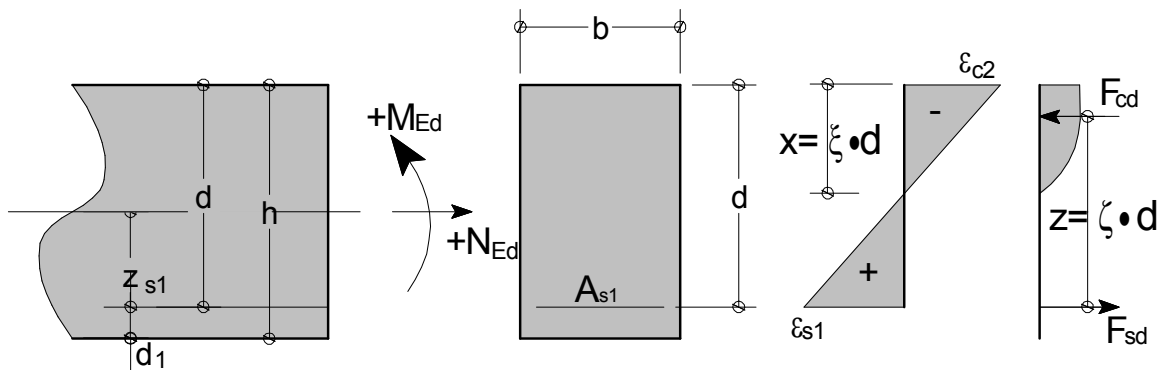
$$\text{przyjęto } d_{s2} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds ;) = 16,00 \text{ mm}$$

$$A_{s2, \text{gew}} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{s2}; As \geq A_{s2}) \neq 2 \text{ } \emptyset 16$$

$$A_{s2, \text{vorh}} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s2, \text{gew}}) = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} / A_{s2, \text{vorh}} = \underline{\underline{0,92 \leq 1}}$$

Wymiarowanie zbrojenia rozciąganego w przekroju pojedynczo zbrojonym wg zeszytów Buildera, dla stali $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

odczytano z tablicy:

$$\begin{aligned} \lambda &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \lambda; \text{Beton}=\text{Beton}) &= & 0,800 \\ \eta &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \eta; \text{Beton}=\text{Beton}) &= & 1,000 \\ \varepsilon_{cu3} &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \lambda; \text{Beton}=\text{Beton}) &= & 0,800 \end{aligned}$$

Graniczny zasięg strefy ściskania:

$$\xi_{ef,lim} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \xi; \text{Beton}=\text{Beton}) = 0,493$$

Współczynnik pomocniczy:

$$\mu = \frac{M_{Eds}}{b * d^2 * f_{cd} * 1000 * \eta} = 0,25$$

Zasięg strefy ściskanej:

$$\xi_{ef} = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} = 0,29$$

Ramię sił wewnętrznych:

$$z_c = (1 - 0,5 * \xi_{ef}) * d = 0,38 \text{ m}$$

Przekrój zbrojenia rozciąganego:

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{z_c * f_{yd}} * 10 = 20,00 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie minimalne:

$$A_{s,min} = \text{MAX}(0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d * 10000; 0,0013 * b * d * 10000) = 2,04 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne:

$$A_{s,max} = 0,04 * b * d * 10000 = 54,00 \text{ cm}^2$$

Sprawdzenie warunków konstrukcyjnych:

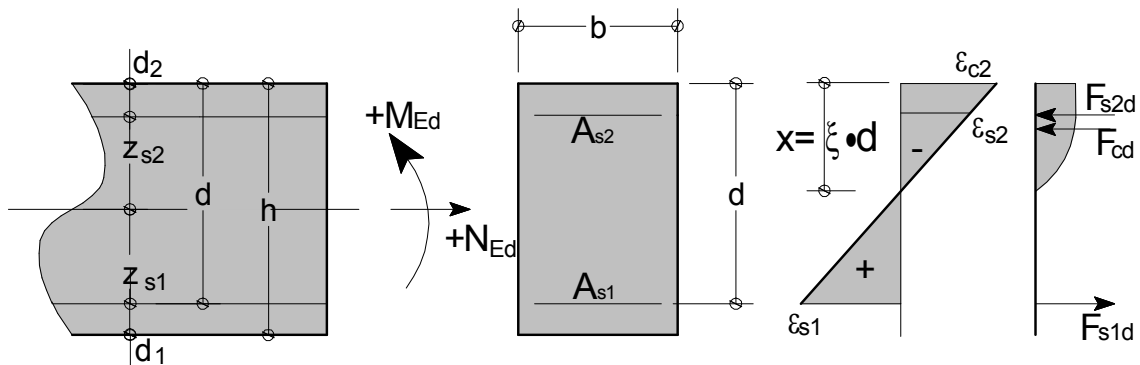
$$A_{sl} = \text{MAX}(A_{s1}; A_{s,min}) = 20,00 \text{ cm}^2$$

$$\frac{A_{s1}}{A_{s,max}} = 0,37 \leq 1$$

Przyjęcie zbrojenia rozciąganego

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_s &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; ds;) &= 20 \text{ mm} \\ A_{s,gew} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_s; As \geq A_{sl}) &= 8 \text{ } \varnothing 20 \\ A_{s,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s,gew}) &= 22,86 \text{ cm}^2 \\ A_{sl} / A_{s,vorh} & &= \underline{\underline{0,87 \leq 1}} \end{aligned}$$

Wymiarowanie zbrojenia rozciąganego i ściskanego w przekroju podwójnie zbrojonym wg zeszytów Buildera, dla stali $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$



Dane przekrojowe

Szerokość przekroju $b =$		0,30 m
Wysokość przekroju $h =$		0,50 m
Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_1 =$		0,05 m
\Rightarrow wysokość użyteczna przekroju $d =$	$h - d_1$	$= 0,45 \text{ m}$
Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_2 =$		0,05 m

Materiał

Beton = SEL("EC2_PL/beton_ec2_pl"; Bez;)	=	C30/37
$\gamma_C =$		1,40
$f_{ck} =$ TAB("EC2_PL/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton)	=	30,00 N/mm ²
$\alpha_{cc} =$		1,00
$f_{cd} =$ TAB("EC2_PL/beton_ec2_pl"; fck; Bez=Beton) * $\alpha_{cc} / \gamma_C =$		21,43 N/mm ²
$f_{ctm} =$ TAB("EC2_PL/beton_ec2_pl"; fctm; Bez=Beton)	=	2,90 N/mm ²

Stal zbrojeniowa =		B 500
$f_{yk} =$		500 N/mm ²
$\gamma_S =$		1,15
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S$	=	435 N/mm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Maksymalna nośność przekroju pojedynczo zbrojonego:

$$M_{Rd,pz} = \xi_{ef,lim} * (1 - 0,5 * \xi_{ef,lim}) * b * d^2 * \eta * f_{cd} * 1000 = 483,61 \text{ kNm}$$

Zbrojenie ściskane:

$$A_{s2} = \frac{M_{Eds} - M_{Rd,pz}}{(d - d_2) * f_{yd}} * 10 = 5,86 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie rozciągane:

$$A_{s1} = \frac{M_{Rd,pz}}{(1 - 0,5 * \xi_{ef,lim}) * d * f_{yd}} * 10 + A_{s2} = 38,65 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne:

$$A_{s,max} = 0,04 * b * d * 10000 = 54,00 \text{ cm}^2$$

Sprawdzenie warunków konstrukcyjnych:

$$\frac{A_{s1}}{A_{s,max}} = 0,72 \leq 1$$

Przyjęcie zbrojenia rozciąganego

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{s1} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; ds;) &= 32 \text{ mm} \\ A_{s1,gew} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{s1}; As \geq A_{s1}) &= 5 \text{ } \varnothing 32 \\ A_{s1,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s1,gew}) &= 40,21 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_{s1,vorh} & &= \underline{\underline{0,96 \leq 1}} \end{aligned}$$

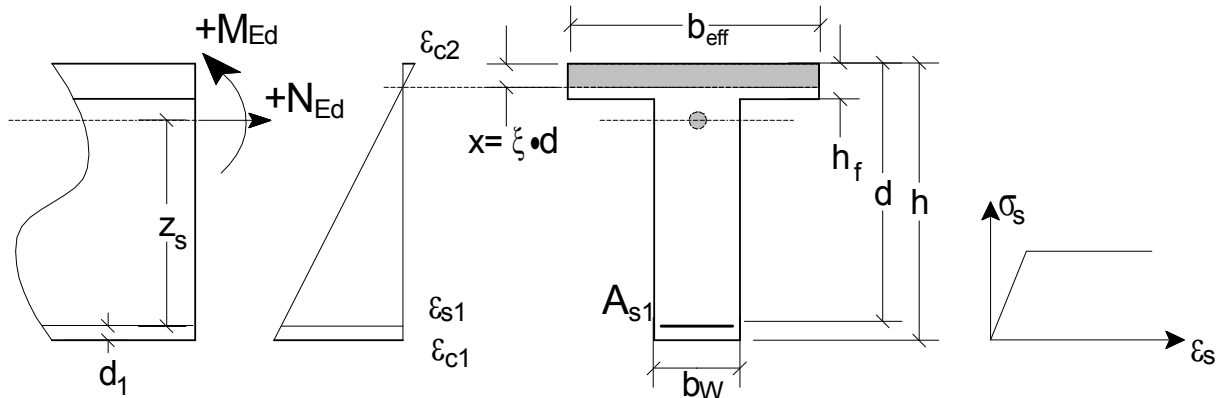
Przyjęcie zbrojenia ściskanego

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{s2} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; ds;) &= 16 \text{ mm} \\ A_{s2,gew} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{s2}; As \geq A_{s2}) &= 4 \text{ } \varnothing 16 \\ A_{s2,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s2,gew}) &= 8,04 \text{ cm}^2 \\ A_{s2} / A_{s2,vorh} & &= \underline{\underline{0,73 \leq 1}} \end{aligned}$$

Obliczanie zbrojenia przekroju teowego Beton C12/15 - C50/60, B 500; $\gamma_s = 1,15$

Warunek brzegowy:

$x < h_f$ (przekrój pozornie teowy) - zasięg strefy ściskanej jest mniejszy od grubości półki



Dane przekrojowe

Szerokość środnika $b_W = 0,40$ m

Wysokość całkowita $h = 1,00$ m

Odległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_1 = 0,10$ m

Efektywna szerokość półki $b_{eff} = 1,50$ m

Grubość półki $h_f = 0,20$ m

⇒ wysokość użyteczna przekroju $d = h - d_1 = 0,90$ m

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds} \cdot 10^{-3}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{488,2 \cdot 10^{-3}}{1,50 \cdot 0,90^2 \cdot 21,43} = 0,02$$

zasięg strefy ściskanej:

$$\xi = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; xi; my}=\mu_{Eds}) = 0,044$$

$$x = \xi \cdot d = 0,040 \text{ m}$$

Spełnienie warunku = $\text{TAB}(\text{"ec2_pl/wynik"; Erg; v}=\text{warunek})$ warunek spełniony!

Jeżeli warunek jest spełniony - to rozważany przekrój jest przekrojem pozornie teowym;
jeżeli warunek nie jest spełniony - to rozważany przekrój jest przekrojem rzeczywiście
teowym i należy użyć innego algorytmu!!!

odczytano z tablicy:

$\omega_1 =$	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; omega; my= μ_{Eds})	=	0,0203
$\zeta =$	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; zeta; my= μ_{Eds})	=	0,9850
$\varepsilon_{c2} =$	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; epsilonc2; my= μ_{Eds})	=	-1,15 ‰
$\varepsilon_{s1} =$	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; epsilons1; my= μ_{Eds})	=	25,00 ‰
$\sigma_{sd} =$	TAB("ec2_pl/omega1_pl"; sigmasd; my= μ_{Eds})	=	456,5 N/mm ²

obliczeniowa wartość przekroju zbrojenia projektowanego

$$A_{sl} = \left(\frac{1}{\sigma_{sd}} \right) * \left(\omega_1 * b_{eff} * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 10,4 \text{ cm}^2$$

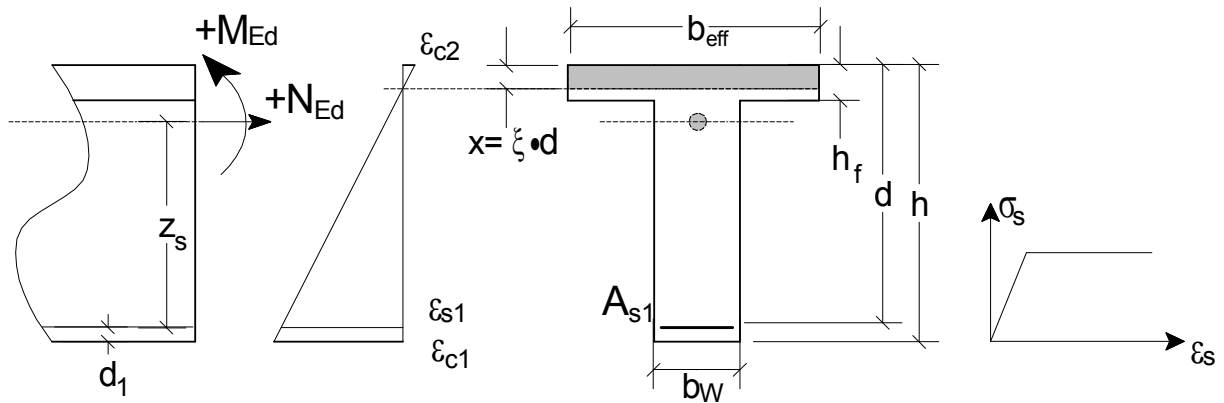
przyjęto zbrojenie

przyjęto $d_s =$	SEL("ec2_pl/As_pl"; ds ;)	=	20 mm
$A_{s,gew} =$	SEL("ec2_pl/As_pl"; Bez; ds= d_s ; $A_s \geq A_{sl}$)	=	4 \varnothing 20
$A_{s,vorh} =$	TAB("ec2_pl/As_pl"; As; Bez= $A_{s,gew}$)	=	12,70 cm ²
$A_{sl} / A_{s,vorh}$		=	<u>0,82 ≤ 1</u>

Wymiarowanie zbrojenia przekroju pozornie teowego, wg zeszytów Buildera, dla stali $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

Warunek brzegowy:

$\xi_{ef} \leq h_f / d$ (przekrój pozornie teowy) - zasięg strefy ściskanej jest mniejszy od grubości półki



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczeniowe siły przekrojowe

$$\begin{aligned}
 N_{Ed} &= \gamma_G * N_{gk} + \gamma_Q * N_{qk} &= & -113 \text{ kN} \\
 M_{Ed} &= \gamma_G * M_{gk} + \gamma_Q * M_{qk} &= & 443 \text{ kNm} \\
 \text{ramię sił wewnętrznych } z_s &= d - h / 2 &= & 0,40 \text{ m} \\
 M_{Eds} &= M_{Ed} - N_{Ed} * z_s &= & 488,2 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

odczytano z tablicy:

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \lambda; \text{Beton=Beton}) &= & 0,800 \\
 \eta &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \eta; \text{Beton=Beton}) &= & 1,000 \\
 \epsilon_{cu3} &= \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \lambda; \text{Beton=Beton}) &= & 0,800
 \end{aligned}$$

Graniczny zasięg strefy ściskania:

$$\xi_{ef,lim} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"}; \xi; \text{Beton=Beton}) = 0,493$$

Współczynnik pomocniczy:

$$\mu = \frac{M_{Eds}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd} * 1000 * \eta} = 0,02$$

Zasięg strefy ściskanej:

$$\xi_{ef} = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} = 0,02$$

Ramię sił wewnętrznych:

$$z_c = (1 - 0,5 * \xi_{ef}) * d = 0,89 \text{ m}$$

Przekrój zbrojenia rozciąganego:

$$A_{s1} = \frac{M_{Eds}}{z_c * f_{yd}} * 10 = 12,61 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie minimalne:

$$A_{s,min} = \text{MAX}(0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b_w * d * 10000; 0,0013 * b_w * d * 10000) = 5,43 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne:

$$A_{s,max} = 0,04 * b_w * d * 10000 = 144,00 \text{ cm}^2$$

Sprawdzenie warunków konstrukcyjnych:

$$A_{sl} = \text{MAX}(A_{s1}; A_{s,min}) = 12,61 \text{ cm}^2$$

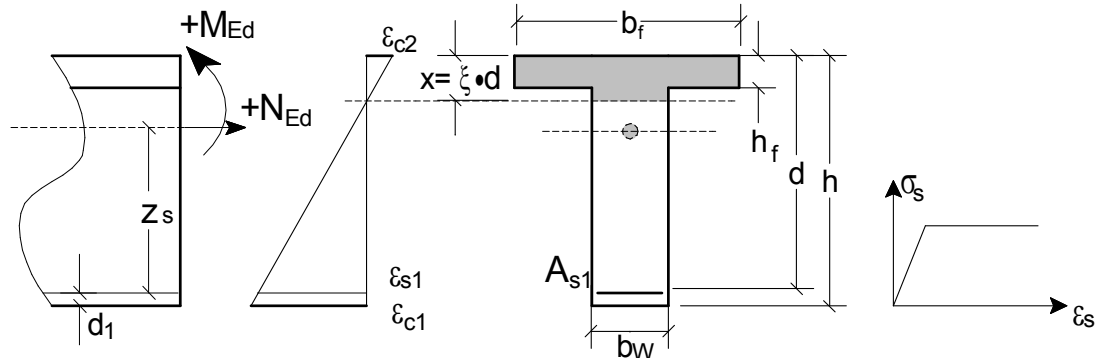
$$\frac{A_{s1}}{A_{s,max}} = 0,09 \leq 1$$

Przyjęcie zbrojenia rozciąganego

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_s &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"; } ds ;) &= 20 \text{ mm} \\ A_{s,gew} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"; Bez; } ds=d_s; As \geq A_{sl}) &= 4 \text{ } \varnothing 20 \\ A_{s,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; As; Bez}=A_{s,gew}) &= 12,70 \text{ cm}^2 \\ A_{sl} / A_{s,vorh} & &= \underline{\underline{0,99 \leq 1}} \end{aligned}$$

Obliczanie zbrojenia przekroju rzeczywiście teowego**Beton C12/15 - C50/60, B 500; $\gamma_s = 1,15$**

Warunek brzegowy:

 $x > h_f$ (przekrój rzeczywiście teowy) - zasięg strefy ściskanej jest większy od grubości półki**Dane przekrojowe**Szerokość środnika $b_w =$ 0,40 mWysokość całkowita $h =$ 1,00 mOdległość zbrojenia od krawędzi przekroju $d_1 =$ 0,10 mEfektywna szerokość półki $b_{eff} =$ 0,60 mGrubość półki $h_f =$ 0,20 m \Rightarrow wysokość użyteczna przekroju $d =$ $h - d_1 =$ 0,90 m

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$\mu_{Eds} = \frac{M_{Eds} / 1000}{b_{eff} * d^2 * f_{cd}} = 0,180$$

zasięg strefy ściskanej:

$$\xi = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; xi; my}=\mu_{Eds}) = 0,248$$

$$x = \xi * d = 0,223 \text{ m}$$

Spełnienie warunku = $\text{TAB}(\text{"ec2_pl/wynik"; Erg; v}=\text{warunek})$ warunek spełniony!

Jeżeli warunek jest spełniony - to rozważany przekrój jest przekrojem rzeczywiście teowym;
jeżeli warunek nie jest spełniony - to rozważany przekrój jest przekrojem pozornie teowym i należy użyć innego algorytmu!!!

$$v1 = h_f / d = 0,22$$

$$v2 = b_{eff} / b_W = 1,50$$

$$\text{zaokrąglenie ; } v1 = (h_f / d) - 0,05 = 0,2$$

odczytano z tablicy:

$$\mu_{Eds} = 0,18$$

$$\omega = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omegaPB_pl"}; \text{omega1; my} = \mu_{Eds}; \text{hf/d} = v1; \text{bf/bw} = v2) = 0,2007$$

Obliczeniowa wartość przekroju zbrojenia projektowanego

$$A_{sl} = \frac{1}{f_{yd}} * \left(\omega * b_{eff} * d * f_{cd} + \frac{N_{Ed}}{1000} \right) * 10^4 = 28,5 \text{ cm}^2$$

przyjęto zbrojenie

$$\text{przyjęto } d_s = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; d_s) = 28 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; d_s = d_s; A_s \geq A_{sl}) = 5 \text{ } \varnothing 28$$

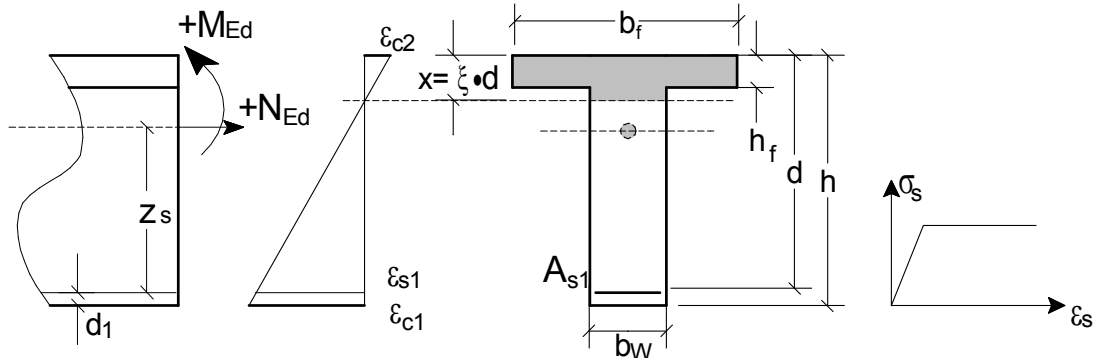
$$A_{s, \text{vorh}} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; A_s; \text{Bez} = A_{s, \text{gew}}) = 30,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{sl} / A_{s, \text{vorh}} = \underline{\underline{0,93 \leq 1}}$$

**Wymiarowanie zbrojenia przekroju rzeczywiście teowego,
wg zeszytów Buildera, dla stali $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$**

Warunek brzegowy:

$\xi_{ef} > h_f / d$ (przekrój rzeczywiście teowy) - zasięg strefy ściskanej jest większy od grubości półki



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

odczytano z tablicy:

$$\lambda = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"; lambda; Beton=Beton}) = 0,800$$

$$\eta = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"; ni; Beton=Beton}) = 1,000$$

$$\varepsilon_{cu3} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"; lambda; Beton=Beton}) = 0,800$$

Graniczny zasięg strefy ściskania:

$$\xi_{ef,lim} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/gwzss_builder"; ksi; Beton=Beton}) = 0,493$$

Współczynnik pomocniczy:

$$\mu = \frac{M_{Eds}}{b_{eff} * d^2 * f_{cd} * 1000 * \eta} = 0,32$$

Zasięg strefy ściskanej:

$$\xi_{ef} = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} = 0,40$$

Nośność skrzydeł płyty:

$$M_{Rd,f} = h_f * (b_{eff} - b_w) * \eta * f_{cd} * (d - 0,5 * h_f) * 1000 = 156,71 \text{ kNm}$$

Nowy współczynnik pomocniczy:

$$\mu = \frac{M_{Eds} - M_{Rd,f}}{b_w * d^2 * f_{cd} * 1000 * \eta} = 0,32$$

Zasięg strefy ściskanej:

$$\xi_{ef} = \frac{1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}}{1} = 0,40$$

Ramię sił wewnętrznych:

$$z_{cw} = (1 - 0,5 * \xi_{ef}) * d = 0,32 \text{ m}$$

$$A_{s1} = h_f * (b_{eff} - b_w) * \frac{\eta * f_{cd}}{f_{yd}} * 10^4 + \frac{M_{Eds} - M_{Rd,f}}{z_{cw} * f_{yd}} * 10 = 50,47 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne:

$$A_{s,max} = 0,04 * b_w * d * 10000 = 80,00 \text{ cm}^2$$

Sprawdzenie warunków konstrukcyjnych:

$$\frac{A_{s1}}{A_{s,max}} = 0,63 \leq 1$$

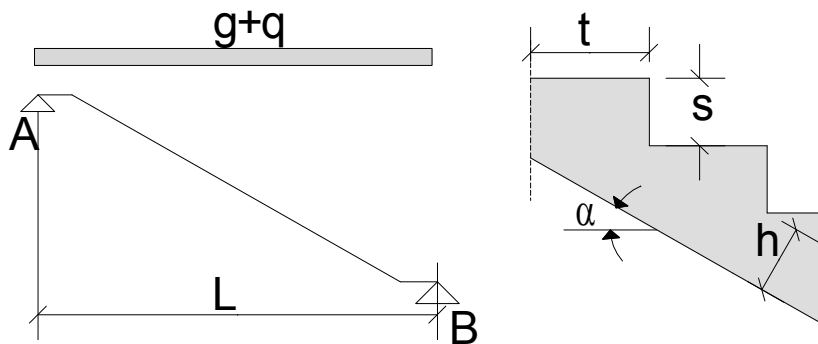
Przyjęcie zbrojenia rozciąganego

$$\begin{aligned} \text{przyjęto } d_{s1} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; ds;) &= 32 \text{ mm} \\ A_{s1,gew} &= \text{SEL}(\text{"EC2_PL/As_pl"}; \text{Bez}; ds=d_{s1}; As \geq A_{s1}) &= 8 \text{ } \emptyset 32 \\ A_{s1,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez}=A_{s1,gew}) &= 64,34 \text{ cm}^2 \\ A_{s1} / A_{s1,vorh} & &= \underline{0,78 \leq 1} \end{aligned}$$

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Schody

Bieg schodowy

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$M_{Eds} = M_d = 29,2 \text{ kNm}$$

$$\mu_{Eds} = \frac{\frac{M_{Eds}}{1000}}{\frac{b}{100} * \left(\frac{d}{100}\right)^2 * f_{cd}} = 0,097$$

Odczytane wartości współczynników z tabel:

$$\omega_1 = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; omega; my}=\mu_{Eds}) = 0,1024$$

$$\sigma_{sd} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/omega1_pl"; sigmasd; my}=\mu_{Eds}) = 455 \text{ N/mm}^2$$

obliczeniowa wartość pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

$$A_{sl} = \frac{1}{\sigma_{sd}} * (\omega_1 * b * d * f_{cd}) = 5,23 \text{ cm}^2$$

przyjęcie zbrojenia rozciąganego:

$$\text{przyjęto } d_{sL} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; ds ;}) = 10 \text{ mm}$$

$$A_{s, \text{gew}} = \text{SEL}(\text{"EC2_pl/As_rozstaw_pl"; Bez; ds}=\text{d}_{sL}; \text{as} \geq A_{sl}) \varnothing 10 / e = 12,5$$

$$A_{sl, \text{vorh}} = \text{TAB}(\text{"EC2_pl/As_rozstaw_pl"; as; Bez}=\text{A}_{s, \text{gew}}) = 6,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{sl} / A_{sl, \text{vorh}} = \underline{\underline{0,83 \leq 1}}$$

przyjęto.: $\varnothing 10 / 12,5$ dołem,
zbrojenie rozdzielcze $\varnothing 8 / 25$

Wymiarowanie zbrojenia na ścinanie

$$V_{Ed} = A_d = 29,99 \text{ kN/m}$$

$$k = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d \cdot 10^2}}; 2\right) = 1,39$$

$$\rho_1 = \text{MIN}\left(\frac{A_{sl,vorh}}{b \cdot d}; 0,02\right) = 4,8 \cdot 10^{-3}$$

$$V_{Rd,c} = \left(\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot \sqrt[3]{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}}\right) \cdot d \cdot 10 = 53,2 \text{ kN/m}$$

Minimalna obliczeniowa nośność na ścinanie bez zbrojenia poprzecznego $V_{Rd,c,min}$:

$$v_{min} = 0,035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} = 0,2868 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd,c,min} = v_{min} \cdot d \cdot 10 = 37,3 \text{ kN/m}$$

Miarodajna wartość nośności obliczeniowej na ścinanie bez zbrojenia poprzecznego:

$$V_{Rd,c} = \text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = 53,2 \text{ kN}$$

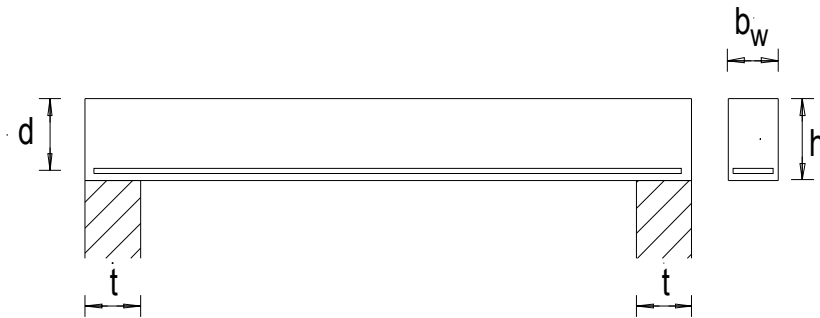
$$V_{Ed} / V_{Rd,c} = \underline{0,56 \leq 1}$$

Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Ścinanie

Wymiarowanie zbrojenia na ścinanie belki o przekroju prostokątnym
wg EC2-1-1:2008; 6.2.3 zbrojenie strzemiętami pionowymi



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczeniowa siła ścinająca

$$V_{Ed} = 0,5 \cdot (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot l_{eff} = 246,8 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - (\gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k) \cdot (a_1 + d) = 201,0 \text{ kN}$$

Wymiarowanie zbrojenia na ścinanie

a) sprawdzenie konieczności zastosowania zbrojenia na ścinanie

$$\sigma_{cp} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$k = \text{MIN}\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d \cdot 10^3}}; 2\right) = 1,60$$

$$\rho_1 = \text{MIN}\left(\frac{A_{s1}}{b_w \cdot d \cdot 10^4}; 0,02\right) = 1,7 \cdot 10^{-3}$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,1286$$

$$V_{Rd,c} = (C_{Rd,c} \cdot k^3 \cdot \sqrt{100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}} + 0,12 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \cdot 10^3 = 51,05 \text{ kN}$$

Minimalna obliczeniowa nośność na ścinanie bez zbrojenia poprzecznego $V_{Rd,c,min}$:

$$v_{min} = 0,035 \cdot \sqrt{k^3 \cdot f_{ck}} = 0,3168 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \cdot 10^3 = 52,3 \text{ kN}$$

Miarodajna wartość nośności obliczeniowej na ścinanie bez zbrojenia poprzecznego:

$$V_{Rd,c} = \text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,c,min}) = 52,3 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,red} / V_{Rd,c} = \underline{\underline{3,84 \leq 1}}$$

jeżeli > 1 zbrojenie na ścinanie jest wymagane - wymiarowanie zbrojenia patrz podpunkt b)
jeżeli < 1 zbrojenie na ścinanie nie jest wymagane - usunąć podpunkt b)

b) Element ze zbrojeniem na ścinanie

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= 10^{-3} * N_{Ed} / A_c &= & 0,00 \text{ MN/m}^2 \\ c_{v,l} & & & 0,030 \text{ m} \\ z &= \text{MIN}(0,9 * d; d - c_{v,l} - 0,03; d - 2 * c_{v,l}) &= & 0,49 \text{ m} \\ v_1 &= 0,6 * (1 - f_{ck} / 250) &= & 0,55\end{aligned}$$

Nośność przekroju betonowego na ścinanie (bez udziału zbrojenia)

$$\begin{aligned}V_{Rd,cc} &= 0,24 * f_{ck}^{(1/3)} * \left(1 - 1,2 * \frac{\sigma_{cd}}{f_{cd}}\right) * b_w * z * 10^3 &= & 95,8 \text{ kN} \\ \cot\theta &= \frac{(1,2 + 1,4 * \sigma_{cd} / f_{cd})}{(1 - V_{Rd,cc} / V_{Ed})} &= & 1,96\end{aligned}$$

Kąt nachylenia krzyżulca przyjmowany jest w przedziale: $1 \leq \cot\theta \leq 2,0$

$$\begin{aligned}\cot\theta &= \text{IF}(\cot\theta < 1; 1; \text{IF}(\cot\theta > 2,0; 2,0; \cot\theta)) &= & 1,96 \\ \theta &= \text{ATAN}(1 / \cot\theta) &= & 27,0^\circ\end{aligned}$$

Maxymalna nośność przekroju betonowego krzyżulca $V_{Rd,max}$:

$$\begin{aligned}V_{Rd,max} &= 1000 * b_w * z * v_1 * f_{cd} / (1/\text{TAN}(\theta) + \text{TAN}(\theta)) &= & 467,3 \text{ kN} \\ V_{Rd,max,26,6} &= 1000 * 0,4 * b_w * z * v_1 * f_{cd} &= & 462,1 \text{ kN} \\ V_{Rd,max,45} &= 1000 * 0,5 * b_w * z * v_1 * f_{cd} &= & 577,7 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_{Ed}/V_{Rd,max} & &= & \underline{0,53 < 1} \\ V_{Ed,red}/V_{Rd,max} & &= & \underline{0,43 < 1}\end{aligned}$$

Wymiarowanie krzyżulców rozciąganych (zbrojenie na ścinanie):

$$\begin{aligned}f_{ywd} &= f_{yk} / 1,15 &= & 434,8 \text{ kN} \\ a_{sw} &= 10 * \frac{V_{Ed,red}}{f_{ywd} * \frac{1}{\tan(\theta)} * z} &= & 4,81 \text{ cm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

c) Zbrojenie minimalne na ścinanie

wybrano: Strzemiona pionowe 90° gdzie $\sin \alpha = 1$

$$a_{sw,min} = 0,08 * (f_{ck})^{1/2} / f_{yk} * b_w * \text{MIN}(0,75 * d * 100; 60) * 100 = 0,89 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$a_{sw,erf} = \text{MAX}(a_{sw}; a_{sw,min}) = 4,81 \text{ cm}^2/\text{m}$$

przyjęcie zbrojenia strzemionami:

$$\begin{aligned}d_s &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; d_s;) &= & 8 \text{ mm} \\ a_s &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; Bez; d_s = d_s; a_s \geq a_{sw,erf} / 2) &= & \emptyset 8 / e = 15 \\ a_{sw,vorh} &= 2 * \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_rozstaw_pl"}; as; Bez = a_s) &= & 6,70 \text{ cm}^2/\text{m}\end{aligned}$$

$$a_{sw,erf} / a_{sw,vorh} = \underline{0,72 < 1}$$

przyjęto Strzemiona $\emptyset 8 / 15$ 2-cięte

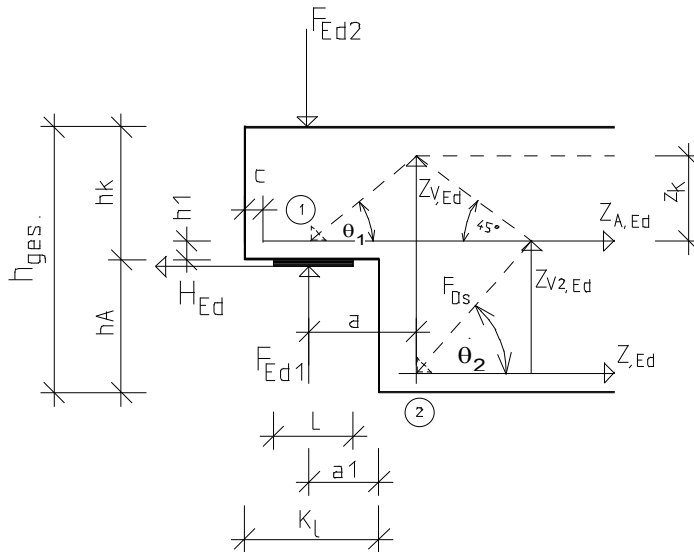
Projektowanie konstrukcji z betonu

PN-EN 1992-1-1:2008/AC:2011

Wsporniki

Wspornik belkowy (złącza elementów podciętych)- zbrojenie ortogonalne

Podwieszenie projektowane jest z użyciem zbrojenia strzmiionami pionowymi. Obliczenia wykonane są na za pomocą modelu kratownicy wg "Avak Stahlbetonbau im Beispielen Teil 2 , 2 Auflage"

**Geometria wspornika belkowego**

Wysięg wspornika K_1 =	35,0 cm
Szerokość wspornika K_t =	35,0 cm
Wysokość podcicia belki h_A =	41,0 cm
Wysokość przekroju wspornika h_k =	44,0 cm
Długość płytki podporowej L =	18,0 cm
Szerokość płytki podporowej B =	20,0 cm
Odległość osi oddziaływania siły F_{Ed1} od krawędzi podparcia a_1 =	19,5 cm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obciążenie

Reakcja podporowa F_{Ed1} =	200,0 kN
Dodatkowe obciążenie wysięgu F_{Ed2} =	0,00 kN
Obciążenie poziome H_{Ed} =	0,00 kN
Uwzględnienie niekorzystnie działającej siły horyzontalnej o wartości nie mniejszej niż $0.2 \cdot F_{Ed}$ na górnej krawędzi wspornika (wg DAfStb Heft 525)	
$H_{Ed} = \text{MAX} (H_{Ed}; 0.2 \cdot (F_{Ed1} + F_{Ed2}))$	= 40,0 kN

Wymiarowanie zbrojenia dolnego w przekroju niepodciętym - (Z_{Ed})

(z długości zakotwienia zbrojenia na podporach skrajnych)

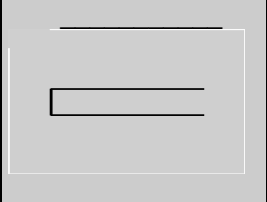
$$\text{erf.}A_{s,z1} = \frac{F_{Ed1}}{(f_{yk} / \gamma_S)} * 10 = 4,60 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie minimalne wynikające z pola powierzchni zbrojenia dołem w przęśle:

$$\text{min}A_{s,z2} = \frac{\text{erf.}A_{s,Feld}}{4} = 1,09 \text{ cm}^2$$

$$\text{erf.}A_{sz} = \text{MAX}(\text{erf.}A_{s,z1} ; \text{min}A_{s,z2}) = 4,60 \text{ cm}^2$$

Zginane zbrojenie belki doprowadzone do krawędzi podcięcia belki, jak i ewentualne dozbrojenie U-kształtnymi strzemionami:

	$n_1 \varnothing d_{s1}$ + n_2 U $\varnothing d_{s2}$ (konstrukcyjnie)	Pos 1
---	--	-------

Przyjęcie zbrojenia dolnego pracującego na zginanie:

$$\begin{aligned} d_{s1} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } ds ;) = 12 \text{ mm} \\ \text{Bez1} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; Bez; } ds=d_{s1}; As \geq \text{erf.}A_{s,z1}) = 5 \varnothing 12 \\ A_{sz1,vorh} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } As; \text{Bez}=\text{Bez1}) = 5,65 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Przyjęcie dozbrojenia dolnego U-kształtnymi strzemionami:

$$\begin{aligned} d_{s2} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } ds ;) = 8 \text{ mm} \\ \text{Bez2} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"; Bez; } A_s \geq (\text{erf.}A_{sz} - A_{sz1,vorh})/2; d_s = d_{s2}) = 2 \varnothing 8 \\ \text{vorh.}A_{sz2} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"; } As; \text{Bez}=\text{Bez2}) * 2 = 2,02 \text{ cm}^2 \\ \text{vorh.}A_{sz} &= A_{sz1,vorh} + \text{vorh.}A_{sz2} = 7,67 \text{ cm}^2 \\ \frac{\text{erf.}A_{sz}}{\text{vorh.}A_{sz}} &= \underline{\underline{0,60 < 1}} \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Przyjmuje się, że przednia krawędź podpory jest miejscem początkowym rozstawu strzemion pionowych. Zakładając rozstaw strzemion pionowych podwieszenia e, wylicza się minimalną liczbę strzemion.

$$\begin{aligned} e &= 50 \text{ mm} \\ \text{erf.n} &= \text{ABS}((l_{bd,indir} / e) + 0.49) + 1 = 7 \text{ Strz.} \end{aligned}$$

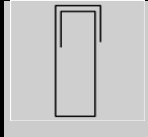
Wymiarowanie zbrojenia podwieszającego (strzemiona pionowe - $Z_{v,Ed}$)

wg Leonhard część 3, można zredukować ilość zbrojenia pionowego:

$$Z_{v,Ed} = \text{MIN}(F_{Ed1}; F_{Ed1} * 0.35 * \frac{h_A + h_k}{h_k}) = 135,23 \text{ kN}$$

$$\text{erf.}A_{s,zv} = \frac{Z_{v,Ed}}{(f_{yk} / \gamma_S)} * 10 = 3,11 \text{ cm}^2$$

przyjęte zbrojenie strzemionami pionowymi :

	$n_3 \varnothing d_{s3}$, $e=5 \text{ cm}$, dwucięte przyjęć zakład w strzemionach o długości $l_{\bar{u}}$	Pos 2
---	---	--------------

Przyjęcie zbrojenia strzemionami pionowymi (średnica; ilość):

$$\begin{aligned} d_{s3} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds;) &= & 10 \text{ mm} \\ \text{Bez4} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; As \geq \text{erf.}A_{s,zv}/2; d_s = d_{s3}) &= & 4 \varnothing 10 \\ \text{vorh.}A_{s,zv} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; \text{Bez} = \text{Bez4}) * 2 &= & 6,28 \text{ cm}^2 \\ n_3 &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; n; \text{Bez} = \text{Bez4}) &= & 4 \\ \frac{\text{erf.}A_{s,zv}}{\text{vorh.}A_{s,zv}} & &= & \underline{0,50 < 1} \\ \text{erf.}n / n_3 & &= & \underline{1,75 < 1} \end{aligned}$$

Wg "Steinle / Rostasy" zbrojenie pionowe należy rozmieścić na odcinku:

$$b_m = \text{WENN}(h_k / 2 < 2 * a_1; h_k / 2; 2 * a_1) * 10 = 220 \text{ mm}$$

Wg "Leonhardt Teil 3" zbrojenie pionowe należy rozmieścić na odcinku:

$$b_m = \frac{h_A + h_k}{4} * 10 = 213 \text{ mm}$$

$$\text{vorh.}b_m = (\text{erf.}n - 1) * e + d_{s3} = 310 \text{ mm}$$

Wymiarowanie zbrojenia dolnego w przekroju podciętym - ($Z_{A,Ed}$)

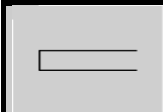
$$a = a_1 + c + 0,5 * (n_3 - 1) * e / 10 + d_{s3} / 20 = 31,0 \text{ cm}$$

$$z_k = 0,85 * (h_k - h_1) = 33,15 \text{ cm}$$

$$Z_{A,Ed} = \frac{F_{Ed1} * a}{z_k} + H_{Ed} * \frac{z_k + h_1 + 2}{z_k} = 235,5 \text{ kN}$$

$$\text{erf.}A_{s,zA} = \frac{Z_{A,Ed}}{f_{yk} / \gamma_S} * 10 = 5,42 \text{ cm}^2$$

zbrojenie wysięgu wspornika dołem przyjęto:

	$n_4 \varnothing d_{s4}$ strzemiona U-kształtne	Pos 3
---	---	--------------

Przyjęcie zbrojenia wysięgu wspornika (średnica; ilość):

$$\begin{aligned}
 d_{s4} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds;) &= & 10 \text{ mm} \\
 Bez4 &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; Bez; As \geq \text{erf.A}_{s,zA}/2; d_s = d_{s4}) &= & 4 \text{ } \varnothing 10 \\
 \text{vorh.A}_{s,zA} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; Bez = Bez4) * 2 &= & 6,28 \text{ cm}^2 \\
 \frac{\text{erf.A}_{s,zA}}{\text{vorh.A}_{s,zA}} & &= & \underline{\underline{0,86 < 1}}
 \end{aligned}$$


**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie horyzontalnego zbrojenia wspornika

Celem przeniesienia sił powodujących zarysowanie i pęknięcie (rozszczelnianie), projektuje się dodatkowe horyzontalne zbrojenie wysięgu wspornika w formie strzemion U-kształtnych

$$\text{erf.A}_{s,sp} = \text{erf.A}_{s,zA} / 3 = 1,81 \text{ cm}^2$$

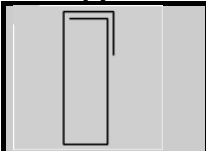
zbrojenie wysięgu wspornika na rozszczelnianie przyjęto jako strzemiona dwucięte:

	$n_5 \text{ } \varnothing d_{s5}$	Pos 4
--	-----------------------------------	--------------

Przyjęcie zbrojenia wysięgu wspornika strzemionami U-kształtnymi (średnica; ilość):

$$\begin{aligned}
 d_{s5} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds;) &= & 8 \text{ mm} \\
 Bez5 &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; Bez; As \geq \text{erf.A}_{s,sp}/2; d_s = d_{s5}) &= & 2 \text{ } \varnothing 8 \\
 \text{vorh.A}_{s,sp} &= \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; As; Bez = Bez5) * 2 &= & 2,02 \text{ cm}^2 \\
 \frac{\text{erf.A}_{s,sp}}{\text{vorh.A}_{s,sp}} & &= & \underline{\underline{0,90 < 1}}
 \end{aligned}$$

zbrojenie pionowe wysięgu wspornika przyjęto jako zbrojenie konstrukcyjne strzemionami zamkniętymi dwuciętymi:

	$> n_6 \text{ } \varnothing d_{s6} \times 4 d_{s6}$	Pos 5
---	---	--------------

Przyjęcie zbrojenia strzemionami pionowymi wysięgu wspornika (średnica; ilość):

$$\begin{aligned}
 d_{s6} &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds;) &= & 8 \text{ mm} \\
 Bez6 &= \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; Bez; d_s = d_{s6}) &= & 2 \text{ } \varnothing 8
 \end{aligned}$$

Wg Schlaich / Schäfer projektuje się dodatkowo zbrojenie przenoszące siłę pionową $Z_{v2,Ed} = F_{Ed1}$, którą przykłada się w pukcie 2 i rozkłada na odcinku $l_4 < z$

$$l_4 = 0.85 \cdot (h_A + h_k) - 6 = 66 \text{ cm}$$

zbrojenie pionowe dodatkowe przed podcięciem belki strzemionami pionowymi:

	$n_7 \varnothing d_{s7}, e=10 \text{ cm}$, strzemiona dwucięte z pełnym zakładem $l_{\bar{u}}$	Pos 6
--	---	--------------

Przyjęcie zbrojenia strzemionami pionowymi (średnica; ilość):

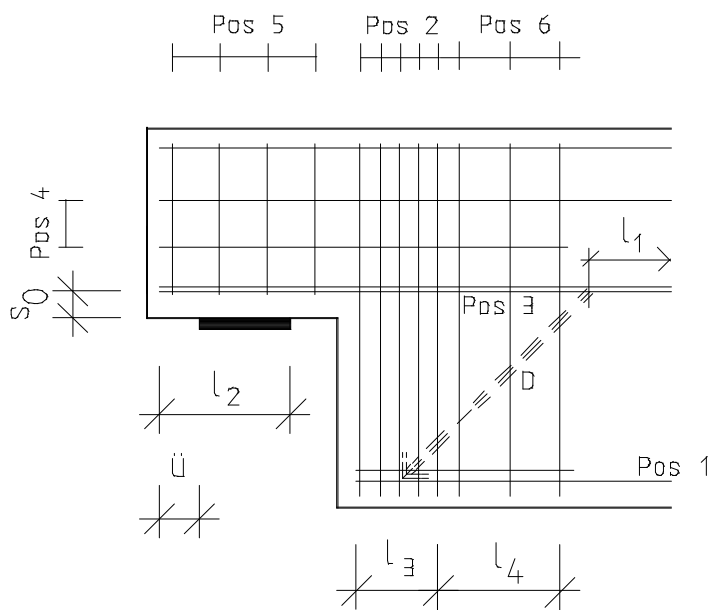
$$d_{s7} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; ds;) = 8 \text{ mm}$$

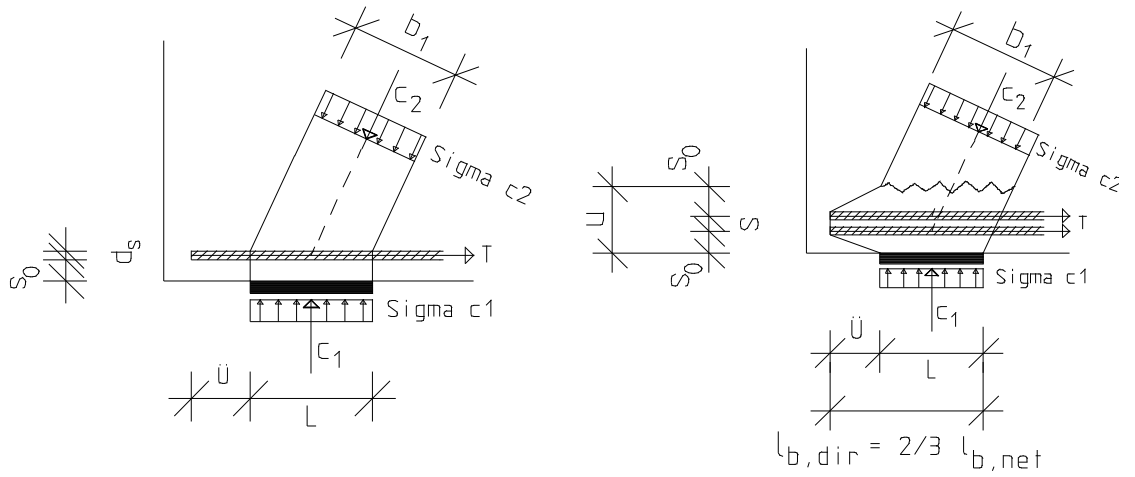
$$\text{Bez7} = \text{SEL}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{Bez}; \text{As} \geq \text{erf.A}_{s,zv}/2; d_s = d_{s7}) = 4 \varnothing 8$$

$$\text{vorh.A}_{s,zv} = \text{TAB}(\text{"ec2_pl/As_pl"}; \text{As}; \text{Bez} = \text{Bez7}) * 2 = 4,02 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\text{erf.A}_{s,zv}}{\text{vorh.A}_{s,zv}} = 0,77 < 1$$

Szkic zbrojenia





**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Projektowanie konstrukcji stalowych

PN-EN 1993-1-1:2006/NA:2010

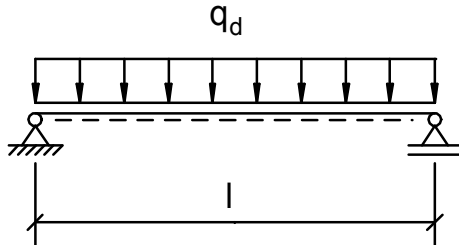
Stateczność

Belka jednoprzęsłowa z profilu dwuteowego

Sprawdzenie stanów granicznych nośności i użytkowalności

Element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem, lokalizacja konstrukcji: Polska (< 1000 m npm), obciążenie użytkowe dla jak dla powierzchni magazynowej (obciążenie przyłożone w formie podwieszenia)

Sprawdzenie nośności belki w miejscach działania obciążeń skupionych jest poza zakresem przykładu.

**Wymiary geometryczne konstrukcji:**Rozpiętość belki $l = 7300$ mm**Dane materiałowe:**

Stal =	SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)	=	S 235
$f_y =$	TAB("EC3_PL/mat"; f_y ; NAME=Stal)	=	235 kN/mm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{235}{f_y}}$	=	1,00
$E =$	TAB("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)	=	210000 kN/mm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL"/"TP1; NAME;)	=	IPE 270
Wysokość $h =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; h; NAME=OP1;)	=	270,0 mm
Szerokość pasa $b =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; b; NAME=OP1;)	=	135,0 mm
Grubość środnika $t_w =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; t_w ; NAME=OP1;)	=	6,6 mm
Grubość pasa $t_f =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; t_f ; NAME=OP1;)	=	10,2 mm
Promień wyokrąglenia $r =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; r; NAME=OP1;)	=	15,0 mm
$h_w =$	$h - 2 * t_f$	=	249,60 mm
$A =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; A; NAME=OP1;)	=	45,9 cm ²
$I_y =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; I_y ; NAME=OP1;)	=	5790,0 cm ⁴
$W_{pl,y} =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; W_{pl} ; NAME=OP1;)	=	484,0 cm ³

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (zginany):

$$c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 219,60 \text{ mm}$$

$$KP_w = IF(c/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon; 1; IF(c/t_w \leq 83 \cdot \varepsilon; 2; IF(c/t_w \leq 124 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 1$$

Pas (ściskany):

$$c = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 49,20 \text{ mm}$$

$$KP_f = IF(c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon; 1; IF(c/t_f \leq 10 \cdot \varepsilon; 2; IF(c/t_f \leq 14 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju KP} = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 1$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = h_w / t_w = 1,2$$

$$\frac{h_w / t_w}{72 \cdot \varepsilon / \eta} = 0,63 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot 10^{-6} = 92,86 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \cdot 10^{-3} = 113,7 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,y,Rd}} = \underline{\underline{0,82 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$V_{Ed} = 0,5 \cdot q_d \cdot l \cdot 10^{-3} = 50,88 \text{ kN}$$

$$A_v = \text{MAX}(A \cdot 10^2 - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f; \eta \cdot h_w \cdot t_w) / 100 = 22,09 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot 10^{-1} = 299,7 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 299,7 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,17 < 1}}$$

Sprawdzenie ugięć pionowych

$$q_{k1} = g_k + \psi_{1,p} \cdot p_k + \psi_{2,s} \cdot s_k = 7,50 \text{ kN/m}$$

$$q_{k2} = g_k + \psi_{1,s} \cdot s_k + \psi_{2,p} \cdot p_k = 7,40 \text{ kN/m}$$

Miarodajne obciążenie charakterystyczne w SGU:

$$q_k = \text{MAX}(q_{k1}; q_{k2}) = 7,50 \text{ kN/m}$$

$$w_{\text{max}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot (l)^4}{E \cdot I_y} \cdot 10^{-4} = 22,8 \text{ mm}$$

$$w_{\text{dop}} = \frac{l}{250} = 29,2 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{\text{max}}}{w_{\text{dop}}} = \underline{0,78 \leq 1}$$

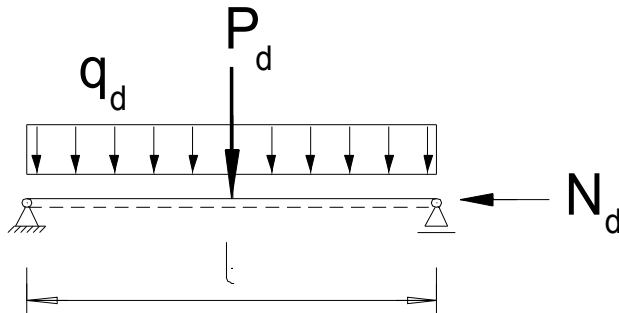
$$w_3 = \frac{5}{384} \cdot \frac{(p_k + s_k) \cdot (l)^4}{E \cdot I_y} \cdot 10^{-4} = 21,3 \text{ mm}$$

$$\frac{w_3}{w_{\text{dop}}} = \underline{0,73 \leq 1}$$

Belka jednoprzęsłowa poddana działaniu momentu zginającego oraz siły poprzecznej i podłużnej

Przekrój dwuteowy, belka podparta widełkowo.

Sprawdzenie nośności belki w miejscach działania obciążeń skupionych jest poza zakresem przykładu.



Wymiary geometryczne konstrukcji:

Rozpiętość belki $l = 6000$ mm

Obciążenie obliczeniowe:

$q_d = 8,0$ kN/m
 $N_d = 60,0$ kN
 $P_d = 15,0$ kN

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235
 $f_y = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; f_y; NAME=Stal)/10 = 23,5$ kN/cm²
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = 1,00$
 $E = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)/10 = 21000$ kN/cm²
 $G = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; G; NAME=Stal)/10 = 8100,0$ kN/cm²
 Smukłość porównawcza
 $\lambda_1 = 93,9 * \varepsilon = 93,90$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE
 Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = IPE 300
 Wysokość $h = \text{TAB}("EC3_PL/TP1; h; NAME=OP1;) = 300,0$ mm
 Szerokość pasa $b = \text{TAB}("EC3_PL/TP1; b; NAME=OP1;) = 150,0$ mm
 Grubość środnika $t_w = \text{TAB}("EC3_PL/TP1; t_w; NAME=OP1;) = 7,1$ mm
 Grubość pasa $t_f = \text{TAB}("EC3_PL/TP1; t_f; NAME=OP1;) = 10,7$ mm
 Promień wyokrąglenia $r = \text{TAB}("EC3_PL/TP1; r; NAME=OP1;) = 15,0$ mm

$h_w =$	$h - 2 * t_f$	$=$	278,60 mm
$A =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; A; NAME=OP1;)	$=$	53,8 cm ²
$I_y =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iy; NAME=OP1;)	$=$	8360,0 cm ⁴
$I_z =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iz; NAME=OP1)	$=$	604,0 cm ⁴
$I_w =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iomega;NAME=OP1)*10 ³	$=$	125900 cm ⁶
$I_T =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; IT;NAME=OP1)	$=$	20,10 cm ⁴
$i_y =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; iy;NAME=OP1;)	$=$	12,50 cm
$i_z =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; iz;NAME=OP1;)	$=$	3,35 cm
$W_{el,y} =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; Wy;NAME=OP1;)	$=$	557,0 cm ³
$W_{pl,y} =$	TAB("EC3_PL"/"TP1; WypI;NAME=OP1;)	$=$	628,0 cm ³

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (ściskany):

$$c = h - 2 * t_f - 2 * r = 248,60 \text{ mm}$$

$$KP_w = IF(c/t_w \leq 33 * \epsilon; 1; IF(c/t_w \leq 38 * \epsilon; 2; IF(c/t_w \leq 42 * \epsilon; 3; 4))) = 2$$

Pas (ściskany):

$$c = (b - t_w - 2 * r) / 2 = 56,45 \text{ mm}$$

$$KP_f = IF(c/t_f \leq 9 * \epsilon; 1; IF(c/t_f \leq 10 * \epsilon; 2; IF(c/t_f \leq 14 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju KP} = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 2$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = 1,2$$

$$\frac{h_w / t_w}{72 * \epsilon / \eta} = 0,65 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$M_{y,Ed} = q_d * \frac{(l / 1000)^2}{8} + P_d * \frac{l / 1000}{4} = 58,5 \text{ kNm}$$

$$N_{Ed} = N_d = 60,0 \text{ kN}$$

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0} * 10^2} = 147,6 \text{ kNm}$$

$$N_{pl,Rd} = A * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1264,3 \text{ kN}$$

Wpływ siły podłużnej na nośność plastyczną przy zginaniu:

$$\text{war1} = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 0,05 \leq 0,25$$

$$\text{war2} = \frac{N_{Ed} * \gamma_{M0}}{h_w * t_w * f_y * 10^{-2}} = 0,13 \leq 0,5$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 0,047$$

$$a = \frac{A - 2 * b * t_f * 10^{-2}}{\text{MIN}\left(\frac{A - 2 * b * t_f * 10^{-2}}{A}; 0,5\right)} = 0,403$$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu z siłą podłużną N_{Ed} :

$$M_{N,y,Rd} = \text{MIN}\left(M_{pl,y,Rd} * \frac{1 - n}{1 - 0,5 * a}; M_{pl,y,Rd}\right) = 147,6 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} = \text{IF}(\text{warN} = 1,0; M_{pl,y,Rd}; M_{N,y,Rd}) = 147,6 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \underline{0,40 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$V_{Ed} = \frac{P_d + q_d * l / 1000}{2} = 31,50 \text{ kN}$$

$$A_v = \frac{\text{MAX}(A * 10^2 - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f; \eta * h_w * t_w)}{100} = 25,67 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v * f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 348,3 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 348,3 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \underline{0,09 < 1}$$

Siła poprzeczna w przekroju, w którym występuje maksymalny moment zginający:

$$V_s = \frac{P_d}{2} = 7,50 \text{ kN}$$

$$\frac{V_s}{V_{c,Rd}} = \underline{0,02 < 0,5}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie klasy przekroju dwuteowego przy ściskaniu albo zginaniu

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE
 Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = IPE 450

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235
 $f_y = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; } f_y; \text{NAME=Stal})/10 = 23,5 \text{ N/cm}^2$
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = 1,00$

Dane geometryczne:

Wysokość h = TAB("EC3_PL/TP1; h; NAME=OP1;) = 450,0 mm
 Szerokość pasa b = TAB("EC3_PL/TP1; b; NAME=OP1;) = 190,0 mm
 Grubość środnika t_w = TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;) = 9,4 mm
 Grubość pasa t_f = TAB("EC3_PL/TP1; tf; NAME=OP1;) = 14,6 mm
 Promień wyokrąglenia r = TAB("EC3_PL/TP1; r;NAME=OP1;) = 21,0 mm

Wyznaczenie klasy przekroju:**Klasa przekroju ściskanego**

Środnik (ściskany):

$c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 378,80 \text{ mm}$
 $KP_w = \text{IF}(c/t_w \leq 33 \cdot \varepsilon; 1; \text{IF}(c/t_w \leq 38 \cdot \varepsilon; 2; \text{IF}(c/t_w \leq 42 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 3$

Pas (ściskany):

$c = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 69,30 \text{ mm}$
 $KP_f = \text{IF}(c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 \cdot \varepsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 1$

Klasa przekroju KP = MAX(KP_w ; KP_f) = 3

Klasa przekroju zginanego

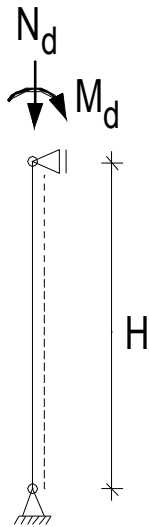
Środnik (zginany):

$c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 378,80 \text{ mm}$
 $KP_w = \text{IF}(c/t_w \leq 72 \cdot \varepsilon; 1; \text{IF}(c/t_w \leq 83 \cdot \varepsilon; 2; \text{IF}(c/t_w \leq 124 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 1$

Pas (ściskany):

$c = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 69,30 \text{ mm}$
 $KP_f = \text{IF}(c/t_f \leq 9 \cdot \varepsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 \cdot \varepsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 \cdot \varepsilon; 3; 4))) = 1$

Klasa przekroju KP = MAX(KP_w ; KP_f) = 1

Słup obciążony momentem podporowym i ściskającą siłą osiową:**Wymiary geometryczne konstrukcji:**

Wysokość słupa $H = 6000$ mm

Obciążenie obliczeniowe:

$N_d = 130,0$ kN
 $M_d = 562,0$ kNm

Siły przekrojowe:

$N_{Ed} = N_d = 130,0$ kN
 $M_{y,Ed} = M_d = 562,0$ kNm
 $V_{z,Ed} = \frac{M_d}{H \cdot 10^{-3}} = 93,7$ kN

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235
 $f_y = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; f_y; \text{NAME=Stal})/10 = 23,5$ kN/cm²
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = 1,00$
 $E = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; E; \text{NAME=Stal})/10 = 21000$ kN/cm²
 $G = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; G; \text{NAME=Stal})/10 = 8100,0$ kN/cm²
 Smukłość porównawcza
 $\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,90$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL"/"TP1; NAME;)	=	IPE 600
Wysokość h =	TAB("EC3_PL"/"TP1; h; NAME=OP1;)	=	600,0 mm
Szerokość pasa b =	TAB("EC3_PL"/"TP1; b; NAME=OP1;)	=	220,0 mm
Grubość środnika t_w =	TAB("EC3_PL"/"TP1; tw; NAME=OP1;)	=	12,0 mm
Grubość pasa t_f =	TAB("EC3_PL"/"TP1; tf; NAME=OP1;)	=	19,0 mm
Promień wyokrąglenia r =	TAB("EC3_PL"/"TP1; r;NAME=OP1;)	=	24,0 mm
h_w =	$h - 2 * t_f$	=	562,00 mm
A =	TAB("EC3_PL"/"TP1; A; NAME=OP1;)	=	156,0 cm ²
I_z =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iz; NAME=OP1)	=	3390,0 cm ⁴
I_w =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iomega;NAME=OP1)*10 ³	=	2846000 cm ⁶
I_T =	TAB("EC3_PL"/"TP1; IT;NAME=OP1)	=	165,00 cm ⁴
i_y =	TAB("EC3_PL"/"TP1; iy;NAME=OP1;)	=	24,30 cm
i_z =	TAB("EC3_PL"/"TP1; iz;NAME=OP1;)	=	4,66 cm
$W_{pl,y}$ =	TAB("EC3_PL"/"TP1; WypI;NAME=OP1;)=	=	3512,0 cm ³
$W_{pl,z}$ =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Wzpl;NAME=OP1;)=	=	486,0 cm ³

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (zginany i ściskany):

$$c = \frac{h - 2 * t_f - 2 * r}{2} = 514,0 \text{ mm}$$

$$c / t_w = 43$$

Dla przekrojów dwuteowych klasy 1 i 2, gdy oś obojętna znajduje się w środku:

$$\alpha_N = \frac{N_{Ed}}{t_w * f_y} * 10^2 = 46 \text{ mm}$$

$$\alpha = \frac{c + \alpha_N}{2 * c} = 0,54$$

Dla przekrojów klasy 3:

$$\psi = \frac{2 * N_{Ed}}{A * f_y} - 1 = -0,93$$

$$kl1 = \text{IF}(\alpha > 0,5; 396 * \epsilon / (13 * \alpha - 1); 36 * \epsilon / \alpha) = 66$$

$$kl2 = \text{IF}(\alpha > 0,5; 456 * \epsilon / (13 * \alpha - 1); 41,5 * \epsilon / \alpha) = 76$$

$$kl3 = \text{IF}(\psi > -1; 42 * \epsilon / (0,67 + 0,33 * \psi); 62 * \epsilon * (1 - \psi) * \sqrt{-\psi}) = 116$$

$$KP_w = \text{IF}(c/t_w \leq kl1; 1; \text{IF}(c/t_w \leq kl2; 2; \text{IF}(c/t_w \leq kl3; 3; 4))) = 1$$

Pas (ściskany):

$$c = (b - t_w - 2 * r) / 2 = 80,0 \text{ mm}$$

$$KP_f = \text{IF}(c/t_f \leq 9 * \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 * \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju KP} = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 1$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = \frac{h_w / t_w}{72 * \epsilon / \eta} = 1,2$$

$$= 0,78 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$M_{pl,y,Rd} = \frac{W_{pl,y} * f_y}{\gamma_{M0} * 10^2} = 825,3 \text{ kNm}$$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,y,Rd} = 825,3 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} = \underline{0,68 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przekroju równomiernie ściskanego:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A * f_y}{\gamma_{M0}} = 3666,0 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 3666,0 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \underline{0,04 < 1}$$

Wpływ siły podłużnej na nośność plastyczną przy zginaniu:

$$\text{war1} = \frac{N_{Ed} / N_{pl,Rd}}{N_{Ed} * \gamma_{M0}} = 0,04 \leq 0,25$$

$$\text{war2} = \frac{1}{h_w * t_w * f_y * 10^{-2}} = 0,08 \leq 0,5$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = 0,035$$

$$a = \text{MIN}\left(\frac{A - 2 * b * t_f * 10^{-2}}{A}; 0,5\right) = 0,464$$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu z siłą podłużną N_{Ed} :

$$M_{N,y,Rd} = \text{MIN}\left(M_{pl,y,Rd} * \frac{1 - n}{1 - 0,5 * a}; M_{pl,y,Rd}\right) = 825,3 \text{ kNm}$$

$$M_{N,y,Rd} = \text{IF}(\text{warN} = 1,0; M_{pl,y,Rd}; M_{N,y,Rd}) = 825,3 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} = \underline{0,68 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$A_v = \frac{\text{MAX}(A \cdot 10^2 - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f; \eta \cdot h_w \cdot t_w)}{100} = 83,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1137,0 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = 1137,0 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,Rd}} = 0,08 < 1$$

⇒ Można pominąć wpływ ścinania na nośność przy zginaniu z siłą podłużną.

(Nośność przekroju nie ulega redukcji wskutek wyboczenia przy ścinaniu (patrz "Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu"), a siła poprzeczna nie przekracza 50% nośności plastycznej przekroju przy ścinaniu).

Sparwdzenie nośności elementu zginanego i ściskanego:

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie współczynników interakcji

$$C_{my} = 0,60$$

$$C_{mLT} = 0,60$$

$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 3666,0 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y \cdot 10^{-2} = 825,3 \text{ kNm}$$

dla elementów wrażliwych na deformacje skrętne o przekrojach klasy 1 i 2:

$$k_{yy1} = C_{my} \cdot \left(1 + (\lambda_{w,y} - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 0,601$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; C_{my} \cdot \left(1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)) = 0,601$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,1 \cdot \lambda_{w,z} \cdot N_{Ed}}{C_{mLT} - 0,25 \cdot \chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 0,965$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; 1 - \frac{0,1 \cdot N_{Ed}}{C_{mLT} - 0,25 \cdot \chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}}) = 0,974$$

$$k_{zy} = \text{IF}(\lambda_{w,z} < 0,4; \text{MIN}(0,6 + \lambda_{w,z}; k_{zy1}); k_{zy}) = 0,974$$

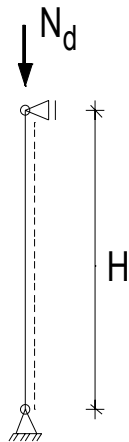
Sprawdzenie nośności elementu:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \underline{0,56 \leq 1}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \underline{0,95 \leq 1}$$

Słup pod działaniem ściskającej siły osiowej

Sprawdzenie warunków nośności elementu wykonanego z profilu dwuteowego



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (ściskany):

$$c = h - 2 \cdot t_f - 2 \cdot r = 208,00 \text{ mm}$$

$$KP_w = \text{IF}(c/t_w \leq 33 \cdot \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_w \leq 38 \cdot \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_w \leq 42 \cdot \epsilon; 3; 4))) = 1$$

Pas (ściskany):

$$c = (b - t_w - 2 \cdot r) / 2 = 117,50 \text{ mm}$$

$$KP_f = \text{IF}(c/t_f \leq 9 \cdot \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 \cdot \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 \cdot \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju KP} = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 1$$

Sprawdzenie nośności przekroju równomiernie ściskanego:

$$N_{Ed} = N_d = 2000 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 3501,5 \text{ kN}$$

$$N_{c,Rd} = N_{pl,Rd} = 3501,5 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,57 < 1}}$$

Sparwdzenie nośności na wyboczenie elementu ściskanego:**Wyboczenie względem osi y-y**

$$L_{cr,y} = \mu_y \cdot H = 8000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{w,y} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \cdot 10^{-1} = 0,655$$

Krzywe wyboczenia dla dwuteowników walcowanych EC3-1-1:6.3.1.2, Tablica 6.2:

$$h / b = 1,00$$

$$t_f = 19,0 \text{ mm}$$

$$\text{Krzywa } yy = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{krzywa};) = b$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{alfa}; \text{krzywa}=yy) = 0,34$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{w,y} - 0,2) + \lambda_{w,y}^2) = 0,792$$

$$\chi_y = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{w,y}^2}}; 1,0) = 0,808$$

$$N_{b,Rd,y} = \chi_y \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2829,21 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{N_{b,Rd,y}} = 0,71 < 1$$

Wyboczenie względem osi z-z

$$L_{cr,z} = \mu_z \cdot H = 5600 \text{ mm}$$

$$\lambda_{w,z} = \frac{L_{cr,z}}{i_z} \cdot \frac{1}{\lambda_1} \cdot 10^{-1} = 0,787$$

Krzywe wyboczenia dla dwuteowników walcowanych EC3-1-1:6.3.1.2, Tablica 6.2:

$$h / b = 1,00$$

$$t_f = 19,0 \text{ mm}$$

$$\text{Krzywa } zz = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{krzywa};) = c$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{alfa}; \text{krzywa}=zz) = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\lambda_{w,z} - 0,2) + \lambda_{w,z}^2) = 0,953$$

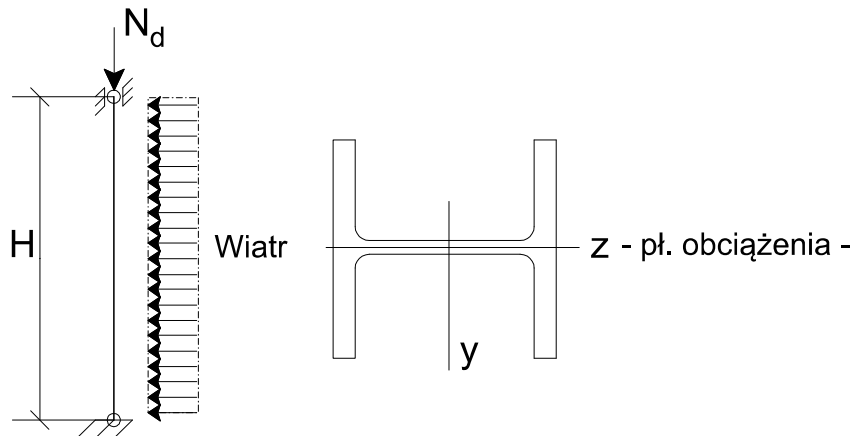
$$\chi_z = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{w,z}^2}}; 1,0) = 0,671$$

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 2349,51 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd,z}} = 0,85 < 1$$

Słup zewnętrzny jednokierunkowo zginany i ściskany:

Obciążenie wiatrem działa w kierunku osi z-z (zginanie względem osi mocnej y-y), stąd $M_{z,Ed} = 0$

**Wymiary geometryczne konstrukcji:**

Wysokość słupa $H = 4000$ mm

Obciążenie obliczeniowe:

Siła osiowa $N_d = 286,0$ kN
Wiatr $w_d = 6,48$ kN/m

Siły przekrojowe:

$N_{Ed} = N_d = 286,0$ kN
 $M_{y,Ed} = w_d \cdot H^2 / 8 \cdot 10^{-6} = 13,0$ kNm
 $V_{z,Ed} = w_d \cdot H / 2 \cdot 10^{-3} = 13,0$ kN

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235
 $f_y = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; f_y; NAME=Stal)/10 = 23,5$ kN/cm²
 $\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = 1,0$
 $E = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)/10 = 21000$ kN/cm²
 $G = \text{TAB}("EC3_PL/mat"; G; NAME=Stal)/10 = 8100,0$ kN/cm²
Smukłość porównawcza
 $\lambda_1 = 93,9 \cdot \varepsilon = 93,90$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$\gamma_{M0} = 1,0$
 $\gamma_{M1} = 1,0$

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	HEB
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL"/"TP1; NAME;)	=	HEB 140
Wysokość h =	TAB("EC3_PL"/"TP1; h; NAME=OP1;)	=	140,0 mm
Szerokość pasa b =	TAB("EC3_PL"/"TP1; b; NAME=OP1;)	=	140,0 mm
Grubość środnika t_w =	TAB("EC3_PL"/"TP1; tw; NAME=OP1;)	=	7,0 mm
Grubość pasa t_f =	TAB("EC3_PL"/"TP1; tf; NAME=OP1;)	=	12,0 mm
Promień wyokrąglenia r =	TAB("EC3_PL"/"TP1; r;NAME=OP1;)	=	12,0 mm
h_w =	$h - 2 * t_f$	=	116,00 mm
A =	TAB("EC3_PL"/"TP1; A; NAME=OP1;)	=	43,0 cm ²
I_z =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iz; NAME=OP1)	=	550,0 cm ⁴
I_w =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Iomega;NAME=OP1)*10 ³	=	22500 cm ⁶
I_T =	TAB("EC3_PL"/"TP1; IT;NAME=OP1)	=	20,10 cm ⁴
i_y =	TAB("EC3_PL"/"TP1; iy;NAME=OP1;)	=	5,93 cm
i_z =	TAB("EC3_PL"/"TP1; iz;NAME=OP1;)	=	3,58 cm
$W_{pl,y}$ =	TAB("EC3_PL"/"TP1; WypI;NAME=OP1;)=	=	245,0 cm ³
$W_{pl,z}$ =	TAB("EC3_PL"/"TP1; Wzpl;NAME=OP1;)=	=	120,0 cm ³

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sparwdzenie nośności elementu zginanego i ściskanego:**Wnaczenie współczynników wyboczenia $\chi_y \chi_z$**

Wyboczenie względem osi y-y

$$L_{cr,y} = H = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{w,y} = \frac{L_{cr,y}}{i_y} * \frac{1}{\lambda_1} * 10^{-1} = 0,718$$

Krzywe wyboczenia dla dwuteowników walcowanych EC3-1-1:6.3.1.2, Tablica 6.2:

$$h / b = 1,00$$

$$t_f = 12,0 \text{ mm}$$

$$\text{Krzywa } \eta\eta = \text{SEL("EC3_PL/krzywa"; krzywa;)} = b$$

$$\alpha = \text{TAB("EC3_PL/krzywa"; alfa; krzywa=\eta\eta)} = 0,34$$

$$\Phi = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{w,y} - 0,2) + \lambda_{w,y}^2) = 0,846$$

$$\chi_y = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{w,y}^2}}; 1,0\right) = 0,773$$

Wyboczenie względem osi z-z

$$L_{cr,z} = H = 4000 \text{ mm}$$

$$\lambda_{w,z} = \frac{L_{cr,z}}{i_z} * \frac{1}{\lambda_1} * 10^{-1} = 1,190$$

Krzywe wyboczenia dla dwuteowników walcowanych EC3-1-1:6.3.1.2, Tablica 6.2:

$$h / b = 1,00$$

$$t_f = 12,0 \text{ mm}$$

$$\text{Krzywa zz} = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{krzywa};) = c$$

$$\alpha = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{alfa}; \text{krzywa=zz}) = 0,49$$

$$\Phi = 0,5 * (1 + \alpha * (\lambda_{w,z} - 0,2) + \lambda_{w,z}^2) = 1,451$$

$$\chi_z = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_{w,z}^2}}; 1,0\right) = 0,438$$

Wyznaczenie współczynnika zwiczenia χ_{LT} **a) wyznaczenie momentu krytycznego M_{cr} przy zwiczeniu belki o przekroju****bisymetrycznym i podparciu widełkowym na obu końcach:**

Współczynniki długości wyboczeniowej:

przy wyboczeniu giętnym względem osi z-z $k_z = 1,00$ przy wyboczeniu skrętnym $k_w = 1,00$

Współczynniki uwzględniające sposób podparcia i obciążenia belki

$$C_1 = 1,132$$

$$C_2 = 0,459$$

Różnica współrzędnych punktu przyłożenia obciążenia i środka ścinania przekroju (obciążenie przyłożone w osi górnego pasa):

$$z_g = h / 2 * 10^{-1} = 7,00 \text{ cm}$$

$$M_{cr} = C_1 * \frac{\pi^2 * E * I_z}{(H/10)^2} * \left(\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{(H/10)^2 * G * I_T}{\pi^2 * E * I_z}} + (C_2 * z_g)^2 - C_2 * z_g \right) = 10898 \text{ kNm}$$

b) wyznaczenie współczynnika zwiczenia

$$W_y = W_{pl,y} = 245,0 \text{ cm}^3$$

$$\lambda_{w,LT} = \sqrt{\frac{W_y * f_y}{M_{cr}}} = 0,727$$

Krzywe zwiczenia dla dwuteowników walcowanych według EC3-1-1:6.3.2.3, Tablica 6.5:

$$h / b = 1,00$$

$$\text{Krzywa} = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{krzywa};) = b$$

$$\alpha_{LT} = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{alfaLT}; \text{krzywa=Krzywa}) = 0,34$$

$$(\text{wartość maksymalna } 0,4) \lambda_{w,LT,0} = 0,4$$

$$(\text{wartość maksymalna } 0,75) \beta = 0,75$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 * (1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{w,LT} - \lambda_{w,LT,0}) + \beta * \lambda_{w,LT}^2) = 0,754$$

$$\chi_{LT} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{w,LT}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{w,LT}^2}\right) = 0,856$$

Zmodyfikowany współczynnik zwichrzenia według EC3-1-1:6.3.2.3(2):
(Wsp. równoważnego momentu Tabl. B.3) $C_{mLT} = 0,95$
(Wsp. korekcyjny) $k_c = \sqrt{C_{mLT}} = 0,97$
 $f = \text{MIN}(1 - 0,5 * (1 - k_c) * (1 - 2,0 * (\lambda_{w,LT} - 0,8)^2); 1,0) = 0,99$
 $\chi_{LT,mod} = \text{MIN}(\chi_{LT} / f; \frac{1}{2}; 1,0) = 0,865 \leq 1$
 $\lambda_{w,LT}$

Wyznaczenie współczynników interakcji

$$C_{my} = 0,95$$

$$C_{mLT} = 0,95$$

$$N_{Rk} = A * f_y = 1010,5 \text{ kN}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} * f_y * 10^{-2} = 57,6 \text{ kNm}$$

dla elementów wrażliwych na deformacje skrętne o przekrojach klasy 1 i 2:

$$k_{yy1} = C_{my} * \left(1 + (\lambda_{w,y} - 0,2) * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) = 1,130$$

$$k_{yy} = \text{MIN}(k_{yy1}; C_{my} * \left(1 + 0,8 * \frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)) = 1,130$$

$$k_{zy1} = 1 - \frac{0,1 * \lambda_{w,z} * N_{Ed}}{C_{mLT} - 0,25 * \chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 0,890$$

$$k_{zy} = \text{MAX}(k_{zy1}; 1 - \frac{0,1 * N_{Ed}}{C_{mLT} - 0,25 * \chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}}) = 0,908$$

$$k_{zy} = \text{IF}(\lambda_{w,z} < 0,4; \text{MIN}(0,6 + \lambda_{w,z}; k_{zy1}); k_{zy}) = 0,908$$

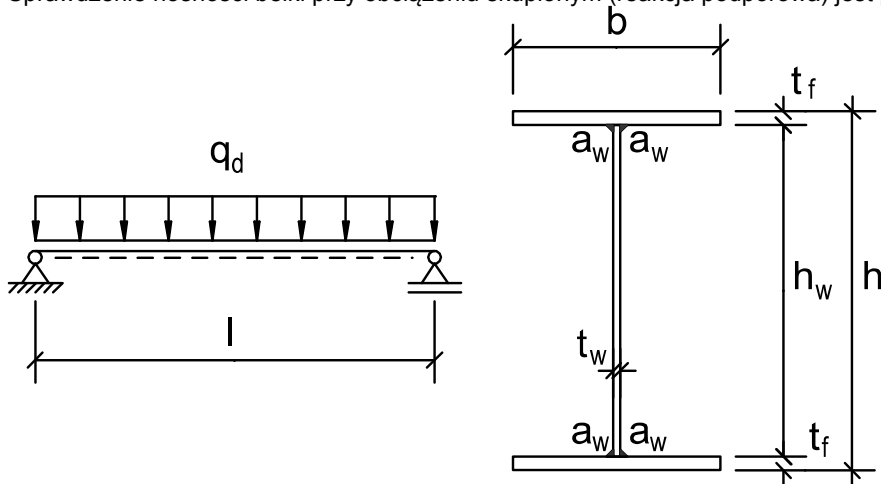
Sprawdzenie nośności elementu:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y * N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \underline{0,66 \leq 1}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z * N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} * \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} = \underline{0,89 \leq 1}$$

Zwichrzenie belki jednoprzęsłowej

bisymetryczny dwuteowy przekrój spawany, podparcie widełkowe, obciążenie przyłożone w osi dolnego pasa
Sprawdzenie nośności belki przy obciążeniu skupionym (reakcja podporowa) jest poza zakresem przykładu.

**Dane geometryczne:**

Rozpiętość belki $l =$	8000,0 mm
Wysokość przekroju $h =$	500,0 mm
Szerokość pasa $b =$	200,0 mm
Grubość pasa $t_f =$	25,0 mm
Grubość środnika $t_w =$	12,0 mm
Grubość spoiny $a_w =$	5,0 mm
Wysokość środnika $h_w = h - 2 * t_f =$	450,0 mm

Obciążenie obliczeniowe

$$q_d = 36,00 \text{ kN/m}$$

Dane materiałowe:

Stal =	SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)	=	S 355
$f_y =$	TAB("EC3_PL/mat"; f_y ; NAME=Stal)/10	=	35,5 N/cm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{23,5}{f_y}}$	=	0,81
$E =$	TAB("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)/10	=	21000,0 kN/cm ²
$G =$	TAB("EC3_PL/mat"; G; NAME=Stal)/10	=	8100,0 kN/cm ²

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,0

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (zginany):

$$c = h - 2 * t_f - 2 * a_w * \sqrt{2} = 435,86 \text{ mm}$$

$$KP_w = IF(c/t_w \leq 72 * \epsilon; 1; IF(c/t_w \leq 83 * \epsilon; 2; IF(c/t_w \leq 124 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

Pas (ściskany):

$$c = 0,5 * (b - t_w) - a_w * \sqrt{2} = 86,93 \text{ mm}$$

$$KP_f = IF(c/t_f \leq 9 * \epsilon; 1; IF(c/t_f \leq 10 * \epsilon; 2; IF(c/t_f \leq 14 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju } KP = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 1$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = 1,2$$

$$\frac{h_w / t_w}{72 * \epsilon / \eta} = 0,77 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$W_{pl} = \left(b * t_f * \frac{h_w + t_f}{2} + \frac{h_w}{2} * t_w * \frac{h_w}{4} \right) * 2 * 10^{-3} = 2982,50 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0} * 10^2} = 1058,79 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_d * l^2}{8} * 10^{-6} = 288,00 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,27 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$A_v = \eta * h_w * t_w / 100 = 64,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 1328,14 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = q_d * \frac{l}{2} * 10^{-3} = 144,00 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \underline{\underline{0,11 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności elementu zginanego na zwichrzenie:

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

d) sprawdzenie nośności elementu

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} * W_y * \frac{f_y}{\gamma_{M1} * 10^2} = 487,04 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \underline{0,59 < 1}$$

Sprawdzenie ugięć pionowych

$$q_k = 24,00 \text{ kN/m}$$

$$I_y = \left(b * h^3 - (b - t_w) * h_w^3 \right) * 10^{(-4)} / 12 = 65570,83 \text{ cm}^4$$

$$w_q = \frac{5}{384} * \frac{q_k * 10^{-2} * (l/10)^4}{E * I_y} * 10 = 9,30 \text{ mm}$$

$$w_{odw} = 0,0 \text{ mm}$$

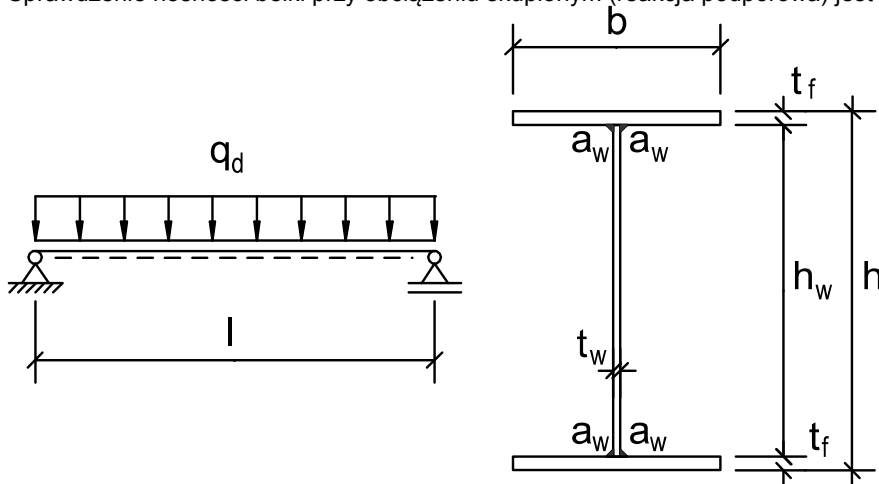
$$w_{max} = \frac{w_q - w_{odw}}{1} = 9,3 \text{ mm}$$

$$w_{dop} = \frac{1}{250} = 32,0 \text{ mm}$$

$$\frac{w_{max}}{w_{dop}} = \underline{0,29 < 1}$$

Zwichrzenie belki jednoprzęsłowej

bisymetryczny dwuteowy przekrój spawany, podparcie widelkowe, obciążenie przyłożone w osi górnego pasa
Sprawdzenie nośności belki przy obciążeniu skupionym (reakcja podporowa) jest poza zakresem przykładu.



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środek (zginany):

$$c = h - 2 * t_f - 2 * a_w * \sqrt{2} = 435,86 \text{ mm}$$

$$KP_w = \text{IF}(c/t_w \leq 72 * \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_w \leq 83 * \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_w \leq 124 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

Pas (ściskany):

$$c = 0,5 * (b - t_w) - a_w * \sqrt{2} = 86,93 \text{ mm}$$

$$KP_f = \text{IF}(c/t_f \leq 9 * \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 * \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju } KP = \text{MAX}(KP_w; KP_f) = 1$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = \frac{h_w}{t_w} = 1,2$$

$$\frac{72 * \epsilon / \eta}{72 * \epsilon / \eta} = 0,77 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$W_{pl} = \left(b \cdot t_f \cdot \frac{h_w + t_f}{2} + \frac{h_w}{2} \cdot t_w \cdot \frac{h_w}{4} \right) \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2982,50 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0} \cdot 10^2} = 1058,79 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot l^2}{8} \cdot 10^{-6} = 288,00 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \underline{0,27 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$A_v = \eta \cdot h_w \cdot t_w / 100 = 64,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 1328,14 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = q_d \cdot \frac{l}{2} \cdot 10^{-3} = 144,00 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \underline{0,11 < 1}$$

Sprawdzenie nośności elementu zginanego na zwichrzenie:

a) wyznaczenie momentu krytycznego M_{cr} przy zwichrzeniu belki o przekroju

bisymetrycznym i podparciu widełkowym na obu końcach:

Współczynniki długości wyboczeniowej:

przy wyboczeniu giętnym względem osi z-z $k_z = 1,00$

przy wyboczeniu skrętnym $k_w = 1,00$

$$I_z = \left(h_w \cdot t_w^3 + 2 \cdot t_f \cdot b^3 \right) \cdot 10^{(-4)} / 12 = 3339,81 \text{ cm}^4$$

$$I_w = \frac{1}{4} \cdot I_z \cdot (h - t_f)^2 \cdot 10^{-2} = 1,88 \cdot 10^6 \text{ cm}^6$$

$$I_T = \frac{1}{3} \cdot \left(2 \cdot b \cdot t_f^3 + h_w \cdot t_w^3 \right) \cdot 10^{-4} = 234,25 \text{ cm}^4$$

Współczynniki uwzględniające sposób podparcia i obciążenia belki

$$C_1 = 1,132$$

$$C_2 = 0,459$$

Różnica współrzędnych punktu przyłożenia obciążenia i środka ścinania przekroju:

$$z_g = h / 2 \cdot 10^{-1} = 25,00 \text{ cm}$$

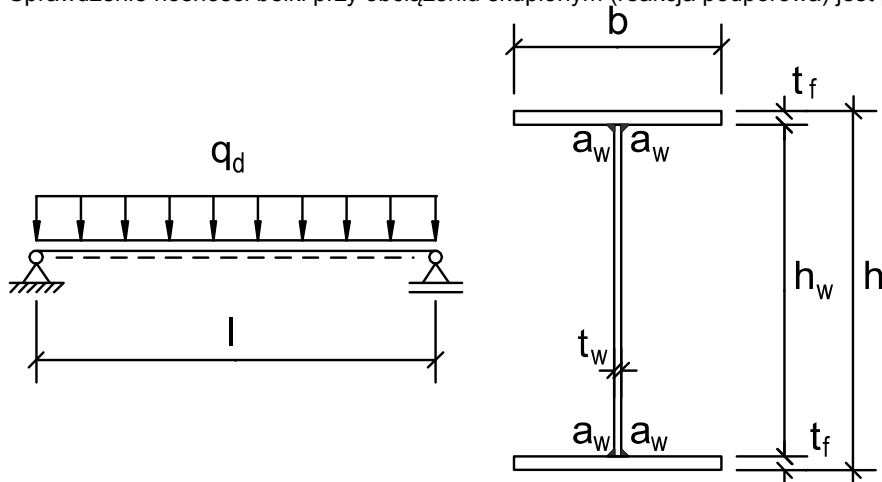
$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(l/10)^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{(l/10)^2 \cdot G \cdot I_T}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}} + (C_2 \cdot z_g)^2 - C_2 \cdot z_g \right) = 46539 \text{ kNm}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Zwichrzenie belki jednoprzęsłowej

bisymetryczny dwuteowy przekrój spawany, podparcie widelkowe, obciążenie przyłożone w środku ciężkości przekroju

Sprawdzenie nośności belki przy obciążeniu skupionym (reakcja podporowa) jest poza zakresem przykładu.

**Dane geometryczne:**

Rozpiętość belki $l =$	8000,0 mm
Wysokość przekroju $h =$	500,0 mm
Szerokość pasa $b =$	200,0 mm
Grubość pasa $t_f =$	25,0 mm
Grubość środnika $t_w =$	12,0 mm
Grubość spoiny $a_w =$	5,0 mm
Wysokość środnika $h_w =$	$h - 2 * t_f = 450,0$ mm

Obciążenie obliczeniowe

$$q_d = 36,00 \text{ kN/m}$$

Dane materiałowe:

Stal =	SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)	=	S 355
$f_y =$	TAB("EC3_PL/mat"; f_y ; NAME=Stal)/10	=	35,5 N/cm ²
$\varepsilon =$	$\sqrt{\frac{23,5}{f_y}}$	=	0,81
$E =$	TAB("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)/10	=	21000,0 kN/cm ²
$G =$	TAB("EC3_PL/mat"; G; NAME=Stal)/10	=	8100,0 kN/cm ²

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

$\gamma_{M0} =$	1,0
$\gamma_{M1} =$	1,0

Wyznaczenie klasy przekroju:

Środnik (zginany):		
$c =$	$h - 2 * t_f - 2 * a_w * \sqrt{2}$	= 435,86 mm
$KP_w =$	IF($c/t_w \leq 72 * \varepsilon$; 1; IF($c/t_w \leq 83 * \varepsilon$; 2; IF($c/t_w \leq 124 * \varepsilon$; 3; 4)))	= 1

Pas (ściskany):

$$c = 0,5 * (b - t_w) - a_w * \sqrt{2} = 86,93 \text{ mm}$$

$$K_{P_f} = \text{IF}(c/t_f \leq 9 * \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_f \leq 10 * \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_f \leq 14 * \epsilon; 3; 4))) = 1$$

$$\text{Klasa przekroju } K_P = \text{MAX}(K_{P_w}; K_{P_f}) = 1$$

Sprawdzenie wrażliwości przekroju na utratę stateczności przy ścinaniu:

$$\eta = 1,2$$

$$\frac{h_w / t_w}{72 * \epsilon / \eta} = 0,77 \leq 1$$

Przekrój nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy czystym ścinaniu.

Sprawdzenie nośności przekroju przy zginaniu:

$$W_{pl} = \left(b * t_f * \frac{h_w + t_f}{2} + \frac{h_w}{2} * t_w * \frac{h_w}{4} \right) * 2 * 10^{-3} = 2982,50 \text{ cm}^3$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} * f_y}{\gamma_{M0} * 10^2} = 1058,79 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = \frac{q_d * l^2}{8} * 10^{-6} = 288,00 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \underline{0,27 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przekroju przy ścinaniu:

$$A_v = \eta * h_w * t_w / 100 = 64,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = A_v * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 1328,14 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = q_d * \frac{l}{2} * 10^{-3} = 144,00 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \underline{0,11 < 1}$$

Sprawdzenie nośności elementu zginanego na zwichrzenie:

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

c) wyznaczenie współczynnika zwichrzenia χ_{LT}

Krzywe zwichrzenia dla dwuteowników spawanych według EC3-1-1:6.3.2.3, Tablica 6.5:

$$h / b = 2,50$$

$$\text{Krzywa} = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{krzywa};) = d$$

$$\alpha_{LT} = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/krzywa"}; \text{alfaLT}; \text{krzywa}=\text{Krzywa}) = 0,76$$

$$(\text{wartość maksymalna } 0,4) \lambda_{w,LT,0} = 0,4$$

$$(\text{wartość maksymalna } 0,75) \beta = 0,75$$

$$\Phi_{LT} = \frac{0,5 * (1 + \alpha_{LT} * (\lambda_{w,LT} - \lambda_{w,LT,0}) + \beta * \lambda_{w,LT}^2)}{1} = 1,531$$

$$\chi_{LT} = \text{MIN}\left(\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta * \lambda_{w,LT}^2}}; 1,0; \frac{1}{\lambda_{w,LT}^2}\right) = 0,395$$

Zmodyfikowany współczynnik zwichrzenia według EC3-1-1:6.3.2.3(2):

$$(\text{Wsp. równoważnego momentu Tabl. B.3}) C_{mLT} = 0,95$$

$$(\text{Wsp. korekcyjny}) k_c = \sqrt{C_{mLT}} = 0,97$$

$$f = \text{MIN}(1 - 0,5 * (1 - k_c) * (1 - 2,0 * (\lambda_{w,LT} - 0,8)^2); 1,0) = 0,99$$

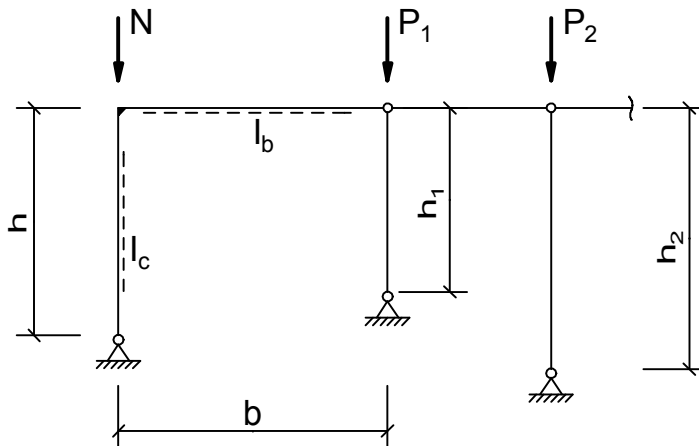
$$\chi_{LT,mod} = \text{MIN}\left(\chi_{LT} / f; \frac{1}{\lambda_{w,LT}^2}; 1,0\right) = 0,40 \leq 1$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Projektowanie konstrukcji stalowych

PN-EN 1993-1-1:2006/NA:2010

Współczynniki wyboczeniowe słupów ram

Rama przegubowa z n słupami wahadłowymi**Wymiary geometryczne konstrukcji:**

Wysokość ramy $h =$ 6000 mm
 Rozpiętość ramy $b =$ 5000 mm

Obciążenie obliczeniowe:

Siła osiowa $N =$ 100,00 kN
 $P = P_1 h/h_1 + P_2 h/h_2 + \dots + P_n h/h_n$
 Siła osiowa $P =$ 300,00 kN

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Słup:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = HEA
 Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = HEA 300
 $I_{y,c} =$ TAB("EC3_PL/TP1;ly; NAME=OP1;) = 18260 cm⁴

Rygiel:

Typ profilu TP2 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = HEA
 Oznaczenie profilu OP2 = SEL("EC3_PL/TP2; NAME;) = HEA 300
 $I_{y,b} =$ TAB("EC3_PL/TP2;ly; NAME=OP2;) = 18260 cm⁴

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235
 $E =$ TAB("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)10 = 21000 kN/cm²

Współczynnik długości wyboczeniowej β i długość wyboczeniowa

$$c = \frac{I_{y,c} \cdot b}{I_{y,b} \cdot h} = 0,833$$

$$v = \frac{1}{1 + c} = 0,546$$

$$n = \frac{P}{N} = 3,000$$

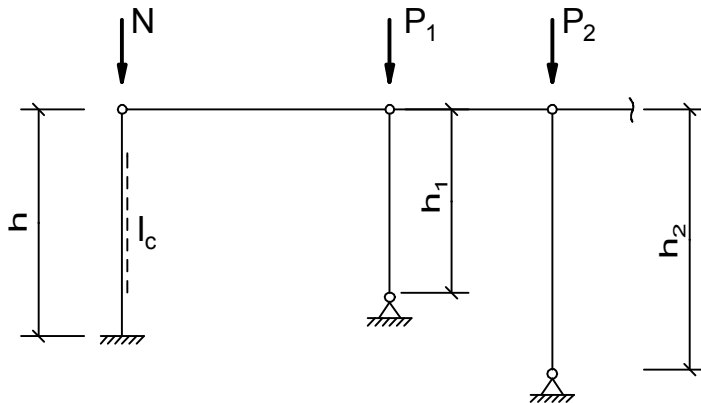
$$\eta_{Ki} = \frac{3 \cdot v}{0,216 \cdot v^2 + 1 + n} = 0,403$$

$$\beta = \frac{\pi}{\sqrt{\eta_{Ki}}} = 4,949$$

$$L_{cr} = \beta \cdot h = 29694 \text{ mm}$$

Siła krytyczna wyboczenia giętnego

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} = 429,22 \text{ kN}$$

Rama ze słupem utwierdzonym połączona z n słupami wahadłowymi**Wymiary geometryczne konstrukcji:**

Wysokość ramy $h = 6000 \text{ mm}$

Obciążenie obliczeniowe:

Siła osiowa $N = 100,00 \text{ kN}$

$P = P_1 h / h_1 + P_2 h / h_2 + \dots + P_n h / h_n$

Siła osiowa $P = 300,00 \text{ kN}$

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

Słup:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = HEA

Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = HEA 300

$I_{y,c} = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/TP1;Iy; NAME=OP1;}) = 18260 \text{ cm}^4$

Dane materiałowe:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235

$E = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal})/10 = 21000 \text{ kN/cm}^2$

Współczynnik długości wyboczeniowej β i długość wyboczeniowa

$n1 = \frac{P}{N} = 3,00$

$\beta = \pi \sqrt{\frac{5 + 4 \cdot n1}{12}} = 3,739$

Dla wszystkich słupów wahadłowych: $\beta = 1,0$

$L_{cr} = \beta \cdot h = 22434 \text{ mm}$

Siła krytyczna wyboczenia giętnego słupa utwierdzonego

$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{y,c}}{(L_{cr} / 10)^2} = 751,98 \text{ kN}$

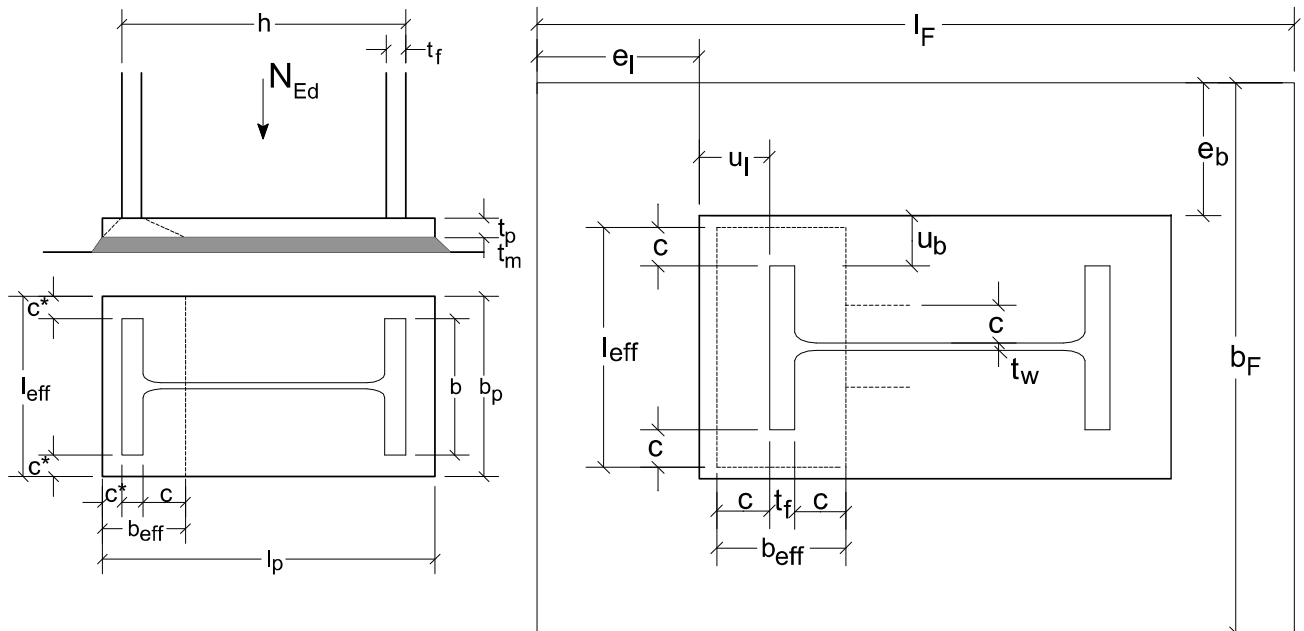
Projektowanie konstrukcji stalowych

PN-EN 1993-1-8:2006/Ap2:2011

Podstawy słupów i oparcia belek

Nieźebrowana podstawa słupa dwuteowego ściskanego osiowo

Sprawdzenie warunku nośności płyty podstawy za pomocą modelu zastępczego krócca teowego (PN-EN 1993-1-8) przy wykorzystaniu efektywnych stref docisku



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Klasa przekroju blachy podstawy przy ściskaniu:

podstawy (przypadek najniekorzystniejszy):

$$c = \frac{(b_p - t_w)}{2} - a \cdot \sqrt{2} = 194,6 \text{ mm}$$

Pas krócca teowego:

$$K_{P_{Fl}} = \text{IF}(c/t_p \leq 9 \cdot \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_p \leq 10 \cdot \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_p \leq 14 \cdot \epsilon; 3; 4))) = 1$$

Sprawdzenie nośności blachy podstawy:

Wytrzymałość podlewki na docisk:

$$t_m / b_p = 0,07 < 0,2$$

Założenie: wytrzymałość charakterystyczna podlewki nie niższa niż wytrzymałość betonu fundamentu

$$\beta_j = 2/3 = 0,667$$

$$\alpha = \text{MIN}((1 + h_F / (\text{MAX}(l_p, b_p))); (1 + 2 \cdot e_l / l_p); (1 + 2 \cdot e_b / b_p); 3) = 1,36$$

$$f_{jd} = \beta_j \cdot f_{cd} \cdot \alpha = 16,20 \text{ N/mm}^2$$

Dodatkowe dane dotyczące granicy plastyczności stali

$$f_y = \text{IF}(t_p \leq 40; f_y; f_{y40plus}) = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Maksymalny wysięg strefy docisku

$$c = t_p * \left(\frac{f_y * 10}{3 * f_{jd} * \gamma_{M0}} \right)^{0,5} = 66,0 \text{ mm}$$

Wysięg blachy podstawy poza obrys przekroju słupa

$$u_b = (b_p - b) / 2 = 60,0 \text{ mm}$$

$$u_l = (l_p - h) / 2 = 75,0 \text{ mm}$$

Nośność podlewki na docisk

Sprawdzenie zachodzenia króćców teowych i wyznaczenia efektywnego pola docisku

$$\text{war} = 2 * c / (h - 2 * t_f) = 0,50$$

$$l_{\text{eff},f} = b + 2 * \text{MIN}(c; u_b) = 420,0 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff},f} = \text{MIN}(c; u_l) + c + t_f = 151,0 \text{ mm}$$

$$A_{c0,f} = l_{\text{eff},f} * b_{\text{eff},f} = 63420 \text{ mm}^2$$

gdy nie ma zachodzenia króćców teowych ($\text{war} \leq 1$)

$$A_{c0,w} = (h - 2 * t_f - 2 * c) * (2 * c + t_w) = 18590 \text{ mm}^2$$

$$A_{c0,1} = 2 * A_{c0,f} + A_{c0,w} = 145430 \text{ mm}^2$$

gdy występuje zachodzenie króćców teowych ($\text{war} > 1$)

$$A_{c0,2} = (b + 2 * \text{MIN}(c; u_b)) * (h + 2 * \text{MIN}(c; u_l)) = 181440 \text{ mm}^2$$

$$N_{j,Rd} = f_{jd} * 10^{-3} * \text{IF}(\text{war} \leq 1; A_{c0,1}; A_{c0,2}) = 2356,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności

$$N_{Ed} / N_{j,Rd} = \underline{\underline{0,23 \leq 1}}$$

Sprawdzenie nośności spoin łączących trzon słupa z blachą podstawy

Przybliżona długość spoiny obwodowej

$$l_w = (4 * b + 2 * d) * 10^{-1} = 161,60 \text{ cm}$$

$$t_{\text{max}} = \text{MAX}(t_p; t_w; t_f) = 30,0 \text{ mm}$$

$$t_{\text{min}} = \text{MIN}(t_p; t_w; t_f) = 11,0 \text{ mm}$$

Optymalny zakres grubości spoiny pachwinowej

$$a_{\text{min}} = 0,2 * t_{\text{max}} = 6,00 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} / a = \underline{\underline{0,86 \leq 1}}$$

$$a_{\text{max}} = 0,7 * t_{\text{min}} = 7,70 \text{ mm}$$

$$a / a_{\text{max}} = \underline{\underline{0,91 \leq 1}}$$

$$3 / a = \underline{\underline{0,43 \leq 1}}$$

Nośność spoin pachwinowych - metoda uproszczona

$$F_{w,Ed} = N_{Ed} / l_w = 3,40 \text{ kN/cm}$$

$$\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"}; \text{betaw}; \text{NAME=Stal}) = 0,80$$

$$f_u = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"}; f_u; \text{NAME=Stal}) / 10 = 36,0 \text{ kN/cm}_t$$

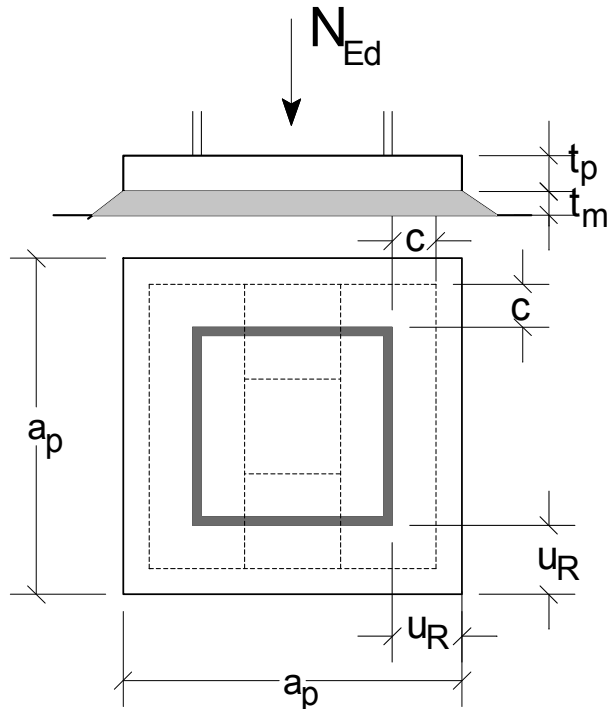
$$f_{vw,d} = (f_u / \sqrt{3}) / (\beta_w * \gamma_{M2}) = 20,78 \text{ kN/cm}_t$$

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} * a * 10^{-1} = 14,55 \text{ kN/cm}$$

$$F_{w,Ed} / F_{w,Rd} = \underline{\underline{0,23 \leq 1}}$$

Nieźebrowana podstawa osiowo ściskanego słupa wykonanego z rury kwadratowej gorącocwalcowanej RK

Sprawdzenie nośności płyty podstawy za pomocą modelu zastępczego króćca teowego (PN-EN 1993-1-8) przy wykorzystaniu efektywnych stref docisku oraz sprawdzenie nośności spoin



Obciążenie obliczeniowe:

$$N_{Ed} = 410 \text{ kN}$$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$\gamma_C = 1,40$$

Dane materiałowe:

$$\text{Stal} = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/mat"; NAME; }) = \text{S 235}$$

$$f_y = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; } f_y; \text{ NAME=Stal})/10 = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = 1,00$$

$$\text{Beton} = \text{SEL}(\text{"EC2_PL/beton"; NAME; } f_{ck} \leq 35) = \text{C20/25}$$

$$\alpha_{cc} = 1,00$$

$$f_{ck} = \text{TAB}(\text{"EC2_PL/beton"; } f_{ck}; \text{ NAME=Beton}) = 20,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_C = 14,29 \text{ N/mm}^2$$

Dane geometryczne:

Profil słupa			
Profil1:	SEL("EC3_PL/RK_g"; NAME;)	=	RK 140x5
b_1 =	TAB("EC3_PL/RK_g"; b; NAME=Profil1)	=	140,0 mm
t_1 =	TAB("EC3_PL/RK_g"; t; NAME=Profil1)	=	5,0 mm \geq 2,5
A_1 =	TAB("EC3_PL/RK_g"; A; NAME=Profil1)	=	26,70 cm ²
i_1 =	TAB("EC3_PL/RK_g"; i; NAME=Profil1)*10	=	55,0 mm
R_o =	TAB("EC3_PL/RK_g"; Ro; NAME=Profil1)	=	7,5 mm
Blacha podstawy			
a_p =			300 mm
t_p =			20 mm
Spoina pachwinowa			
Grubość spoiny a =			5 mm
Podlewka			
Grubość podlewki t_m =			20 mm

Klasa przekroju blachy podstawy przy ściskaniu:

podstawy (przypadek najniekorzystniejszy):

$$c = \frac{(a_p - b_1)}{2} - a \cdot \sqrt{2} = 72,9 \text{ mm}$$

Pas króćca teowego:

$$K_{P_{FI}} = \text{IF}(c/t_p \leq 9 \cdot \epsilon; 1; \text{IF}(c/t_p \leq 10 \cdot \epsilon; 2; \text{IF}(c/t_p \leq 14 \cdot \epsilon; 3; 4))) = 1$$

Sprawdzenie nośności blachy podstawy:

Maksymalna wytrzymałość podlewki na docisk:

Założenie: nie uwzględniono rozchodzenia się naprężeń w fundamencie (powiechnia rozdziału Ac1 = powierzchnia docisku Ac0 - por. EC2-1-1:6.7)

$$t_m / a_p = 0,07 < 0,2$$

$$f_{jd} = 2/3 \cdot f_{cd} = 9,53 \text{ N/mm}^2$$

Dodatkowe dane dotyczące granicy plastyczności stali

$$f_y = \text{IF}(t_p \leq 40; f_y; f_{y40plus}) = 23,50 \text{ kN/cm}^2$$

Maksymalny wysięg strefy docisku

$$c = t_p \cdot \left(\frac{f_y \cdot 10}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma_{M0}} \right)^{0,5} = 57,3 \text{ mm}$$

Określenie miarodajnych stref docisku (króćce teowe nie powinny zachodzić na siebie)

wysięg blachy podstawy poza obrys przekroju słupa

$$u_R = \frac{(a_p - b_1)}{2} = 80,0 \text{ mm}$$

wymiar wewnętrzny rury RK

$$d_i = b_1 - 2 \cdot t_1 = 130,0 \text{ mm}$$

Przypadek 1: Brak zachodzenia króćców teowych ($c < u_R$ i $d_i > 2c$)

$$A_{T1} = 2 \cdot ((2 \cdot c + t_1) \cdot (b_1 + 2 \cdot c)) + 2 \cdot (((b_1 - 2 \cdot (c + t_1)) \cdot (2 \cdot c + t_1))) = 64584,0 \text{ mm}^2$$

Przypadek 2: Mały wysięg blachy, brak zachodzenia króćców teowych ($c > u_R$ i $d_i > 2c$)

$$A_{T2} = 2 \cdot ((u_R + c + t_1) \cdot (b_1 + 2 \cdot u_R)) + 2 \cdot (((b_1 - 2 \cdot (c + t_1)) \cdot (u_R + c + t_1))) = 89762,8 \text{ mm}^2$$

Przypadek 3: Duży wysięg blachy, zachodzenie króćców teowych ($c < u_R$ i $d_i < 2c$)

$$A_{T3} = (b_1 + 2 \cdot c)^2 = 64821,2 \text{ mm}^2$$

Przypadek 4: Zachodzenie króćców teowych ($c > u_R$ i $d_i < 2c$)

$$A_{T4} = a_p^2 = 90000,0 \text{ mm}^2$$

Przyjęcie miarodajnego pola docisku

$$A'1 = \text{IF}(c < u_R \text{ AND } d_i > 2 * c; A_{T1}; 0) = 64584,0 \text{ mm}^2$$

$$A'2 = \text{IF}(c > u_R \text{ AND } d_i > 2 * c; A_{T2}; 0) = 0,0 \text{ mm}^2$$

$$A'3 = \text{IF}(c < u_R \text{ AND } d_i < 2 * c; A_{T3}; 0) = 0,0 \text{ mm}^2$$

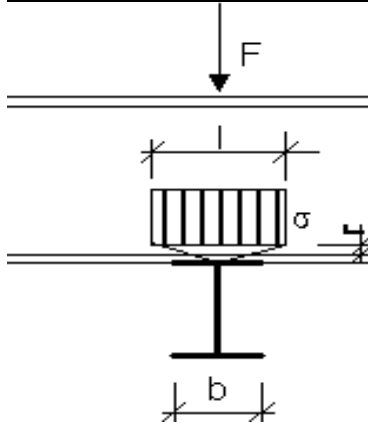
$$A'4 = \text{IF}(c > u_R \text{ AND } d_i < 2 * c; A_{T4}; 0) = 0,0 \text{ mm}^2$$

$$A' = \text{MAX}(A'1; A'2; A'3; A'4) = 64584,0 \text{ mm}^2$$

$$N_{j,Rd} = A' * f_{jd} * 10^{-3} = 615,5 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} / N_{j,Rd} = \underline{0,67} \leq 1$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Oparcie nieuźbrowanej belki na podciągu**Obciążenie obliczeniowe:**

Obciążenie skupione F =	50,00 kN
Belka górna M_{Ed1} =	-22,00 kNm
Belka dolna M_{Ed2} =	70,00 kNm
Belka górna N_{Ed1} =	15,00 kN
Belka dolna N_{Ed2} =	35,00 kN
Belka górna V_{Ed1} =	70,00 kN
Belka dolna V_{Ed2} =	85,00 kN

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie interakcyjnych warunków nośności:**Środek w złożonym stanie naprężeń**

Uplastycznienie środka belki sprawdzono na krawędzi strefy przyłożenia obciążenia.

Belka dolna (2):

$$\sigma_{x,Ed2} = \frac{M_{Ed2} \cdot 10}{I_{y2}} \cdot \left(\frac{h_2}{2} - t_{f2} - r_2 \right) = 12,70 \text{ kN/cm}^2$$

$$s_{e,2} = s_{s,2} + 2 \cdot t_{f2} = 41,30 \text{ mm}$$

$$n = 0,636$$

$$b_{eff,2} = s_{e,2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{r_2}{s_{e,2} \cdot n} \right)^2} = 50,07 \text{ mm}$$

$$\sigma_{z,Ed2} = \frac{10^2 \cdot P_{Ed}}{b_{eff,2} \cdot t_{w2}} = 15,36 \text{ kN/cm}^2$$

$$S_{1y2} = b_2 \cdot t_{f2} \cdot \left(\frac{h_2 - t_{f2}}{2} \right) \cdot 10^{-3} = 180,00 \text{ cm}^3$$

$$S_{2y2} = r_2 * (2 * r_2 + t_{w2}) * \left(\frac{h_2}{2} - t_{f2} - \frac{r_2}{2} \right) * 10^{-3} = 58,14 \text{ cm}^3$$

$$S_{3y2} = \pi * \frac{r_2^2}{2} * \left(\frac{h_2}{2} - t_{f2} - 0,5756 * r_2 \right) * 10^{-3} = 37,99 \text{ cm}^3$$

$$S_{y2} = S_{1y2} + S_{2y2} - S_{3y2} = 200,15 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{xz,Ed2} = \frac{V_{Ed2} * S_{y2}}{t_{w2} * I_{y2}} * 10 = 7,09 \text{ kN/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed2}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed2}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \frac{\sigma_{x,Ed2}}{f_y / \gamma_{M0}} * \frac{\sigma_{z,Ed2}}{f_y / \gamma_{M0}} + 3 * \left(\frac{\tau_{xz,Ed2}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 = \underline{0,64 < 1}$$

Belka górna (1):

$$\sigma_{x,Ed1} = \frac{-M_{Ed1} * 10}{I_{y1}} * \left(\frac{h_1}{2} - t_{f1} - r \right) = 12,17 \text{ kN/cm}^2$$

$$s_{e,1} = s_{s,1} + 2 * t_{f1} = 42,50 \text{ mm}$$

$$n = 0,636$$

$$b_{eff,1} = s_{e,1} * \sqrt{1 + \left(\frac{r}{s_{e,1} * n} \right)^2} = 44,79 \text{ mm}$$

$$\sigma_{z,Ed1} = \frac{10^2 * P_{Ed}}{b_{eff,1} * t_{w1}} = 21,06 \text{ kN/cm}^2$$

$$S_{1y1} = b_1 * t_{f1} * \left(\frac{h_1 - t_{f1}}{2} \right) * 10^{-3} = 62,61 \text{ cm}^3$$

$$S_{2y1} = r * (2 * r + t_{w1}) * \left(\frac{h_1}{2} - t_{f1} - \frac{r}{2} \right) * 10^{-3} = 16,25 \text{ cm}^3$$

$$S_{3y1} = \pi * \frac{r^2}{2} * \left(\frac{h_1}{2} - t_{f1} - 0,5756 * r \right) * 10^{-3} = 9,77 \text{ cm}^3$$

$$S_{y1} = S_{1y1} + S_{2y1} - S_{3y1} = 69,09 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{xz,Ed1} = \frac{V_{Ed1} * S_{y1}}{t_{w1} * I_{y1}} * 10 = 6,91 \text{ kN/cm}^2$$

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed1}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed1}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 - \frac{\sigma_{x,Ed1}}{f_y / \gamma_{M0}} * \frac{\sigma_{z,Ed1}}{f_y / \gamma_{M0}} + 3 * \left(\frac{\tau_{xz,Ed1}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 = \underline{0,87 < 1}$$

Interakcja obciążenia skupionego, momentu zginającego i siły podłużnej

Belka dolna (2):

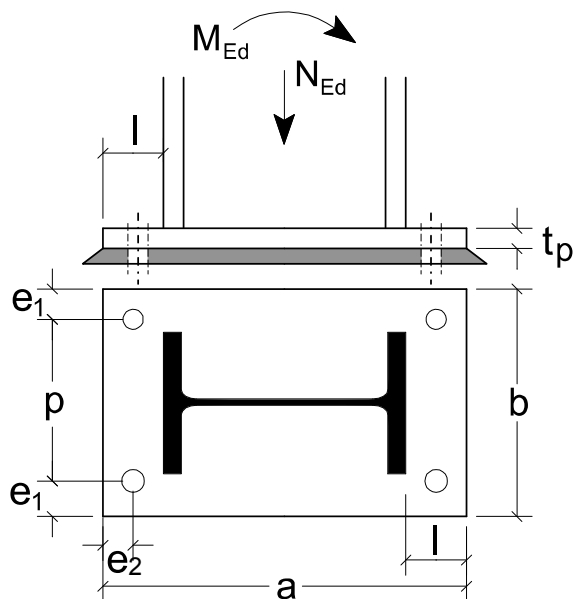
$$\eta_{1,2} = \frac{N_{Ed2} \cdot \gamma_{M0}}{f_y \cdot A_2} + \frac{M_{Ed2} \cdot \gamma_{M0}}{f_y \cdot W_{el2}} = 0,04 \leq 1$$
$$\eta_{2,2} + 0,8 \cdot \eta_{1,2} = 0,40 \leq 1,4$$

Belka dolna (1):

$$\eta_{1,1} = \frac{N_{Ed1} \cdot \gamma_{M0}}{f_y \cdot A_1} + \frac{M_{Ed1} \cdot \gamma_{M0}}{f_y \cdot W_{el1}} = 0,02 \leq 1$$
$$\eta_{2,1} + 0,8 \cdot \eta_{1,1} = 0,39 \leq 1,4$$

Podstawa słupa obciążona M i N

Sprawdzenie sztywności podstawy słupa nie wchodzi w zakres przykładu.



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność środnika słupa na rozciąganie

$$b_{\text{eff},t,\text{wc}} = l_{\text{eff}} = 451,6 \text{ mm}$$

$$F_{t,\text{wc},\text{Rd}} = b_{\text{eff}} * t_w * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} * 10^{-3} = 516,1 \text{ mm}$$

Nośność pasa i środnika słupa przy ściskaniu

$$M_{c,\text{Rd}} = M_{y,\text{pl},\text{Rd}} = 514,0 \text{ kNm}$$

$$F_{c,\text{fc},\text{Rd}} = \frac{M_{c,\text{Rd}}}{(h - t_f) * 10^{-3}} = 1829,2 \text{ kN}$$

Nośność na rozciąganie lewostronnej/prawostronnej części podstawy

$$F_{T,l,\text{Rd}} = \text{MIN}(F_{t,\text{wc},\text{Rd}}; F_{t,\text{pl},\text{Rd}}) = 203,4 \text{ kN}$$

$$F_{T,r,\text{Rd}} = F_{T,l,\text{Rd}} = 203,4 \text{ kN}$$

Nośność na ściskanie prawostronnej/prawostronnej części podstawy

$$F_{C,r,\text{Rd}} = \text{MIN}(F_{C,\text{Rd}}; F_{c,\text{fc},\text{Rd}}) = 1106,3 \text{ kN}$$

$$F_{C,l,\text{Rd}} = F_{C,r,\text{Rd}} = 1106,3 \text{ kN}$$

Nośność podstawy słupa

$$z_{T,l} = 0,5 \cdot a - e_2 = 205,0 \text{ mm}$$

$$z_{C,r} = (h - t_f) / 2 = 140,5 \text{ mm}$$

$$e_N = \frac{M_{Ed}}{-N_{Ed}} \cdot 10^3 = -150,0 \text{ mm}$$

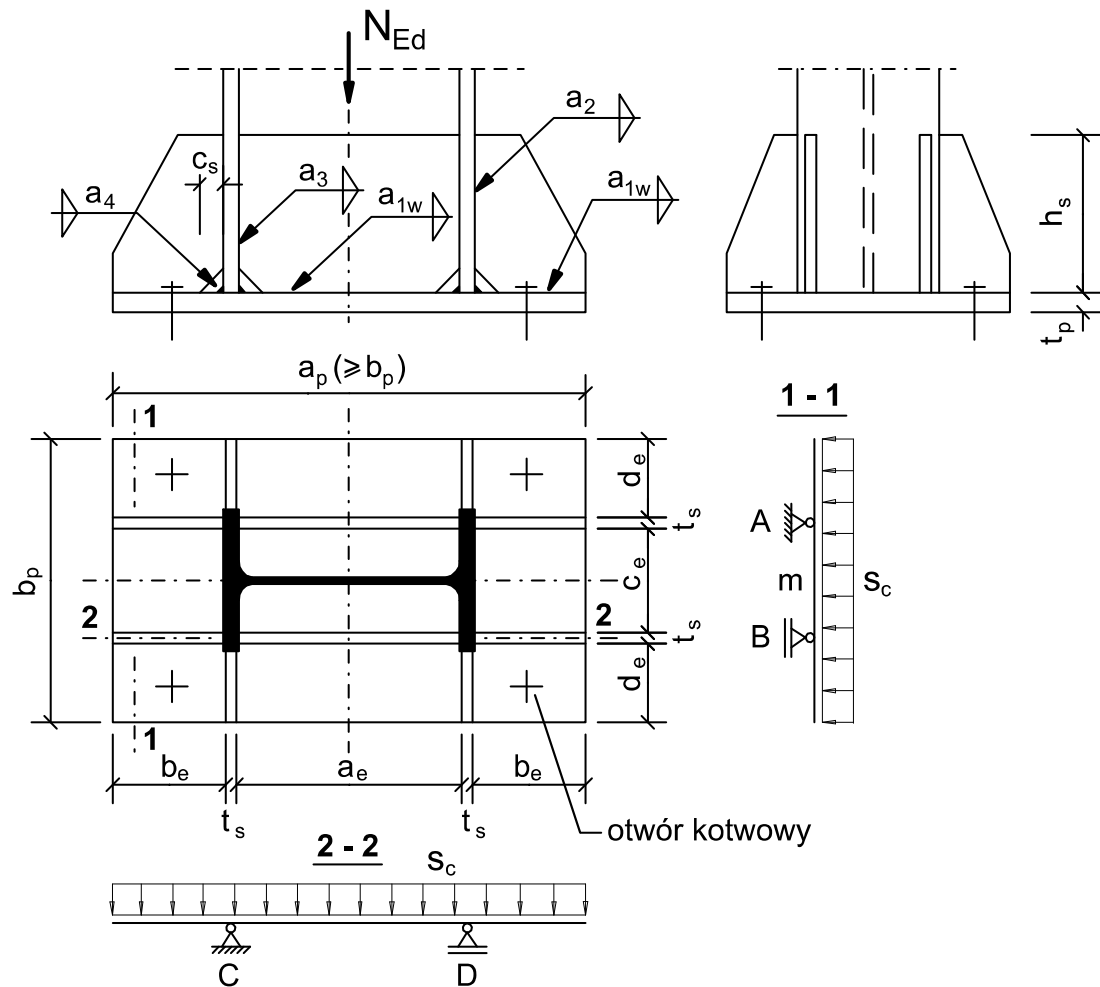
$$z = z_{T,l} + z_{C,r} = 345,5 \text{ mm}$$

W analizowanym przykładzie $N_{Ed} < 0$ oraz $e_N < -z_{C,r}$ więc nośność podstawy określa się jako:

$$M_{j,Rd} = \text{MIN} \left(\frac{F_{T,l,Rd} \cdot z}{\frac{z_{C,r}}{e_N} + 1} \cdot 10^{-3} ; \frac{-F_{C,r,Rd} \cdot z}{\frac{z_{T,l}}{e_N} - 1} \cdot 10^{-3} \right) = 161,5 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie nośności połączenia poddanego działaniu sił M_{Ed} i N_{Ed} :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{j,Rd}} = 0,93 < 1$$

Uźebrowana podstawa przegubowa słupa**Dane geometryczne:**

Profil słupa		
Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	= HEB
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL/TP1; NAME;)	= HEB 500
Wysokość h_p =	TAB("EC3_PL/TP1; h; NAME=OP1;)	= 500,0 mm
Szerokość pasa b_p =	TAB("EC3_PL/TP1; b; NAME=OP1;)	= 300,0 mm
Grubość środnika t_w =	TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;)	= 14,5 mm
Grubość pasa t_f =	TAB("EC3_PL/TP1; tf; NAME=OP1;)	= 28,0 mm
Promień wyokrąglenia r_b =	TAB("EC3_PL/TP1; r; NAME=OP1;)	= 27,0 mm
Pole przekroju A_p =	TAB("EC3_PL/TP1; A; NAME=OP1)	= 239,00 cm ²

Blacha podstawy

Długość a_p =	900 mm
Szerokość b_p =	500 mm
Grubość t_p =	35 mm
Średnica otworu kotwowego d_0 =	35 mm

Żebra usztywniające

Wysokość h_s =	300 mm
Grubość t_s =	20 mm

Podcięcie $c_s =$ 50 mm

Spoiny:

Dwustronna pachwinowa $a_{1w} =$ 6 mm

Dwustronna pachwinowa $a_2 =$ 10 mm

Jednostronna pachwinowa $a_3 =$ 18 mm

Pachwinowa obwodowa $a_4 =$ 6 mm

Fundament:

Wysokość $h =$ 500 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Zginanie płyty podstawy:

$$m_{Rd} = \frac{(t_p / 10)^2}{6} * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 47,98 \text{ kNcm}$$

$$m_{Ed,b} = \frac{(b_e / 10)^2}{2} * f_{jd} = 606,00 \text{ kNcm}$$

$$m_{Ed,d} = \frac{(d_e / 10)^2}{2} * f_{jd} = 183,32 \text{ kNcm}$$

Sprawdzenie nośności przy zginaniu blachy podstawy

$$\frac{m_{Ed,b}}{m_{Rd}} = \underline{\underline{12,63 \text{ nie jest} < 1}}$$

$$\frac{m_{Ed,d}}{m_{Rd}} = \underline{\underline{3,82 \text{ nie jest} < 1}}$$

⇒ należy zastosować grubszą blachę podstawy albo uźebrowanie.

Zastosowanie uźebrowania:

Założono równomierny rozkład naprężeń dociskowych pod powierzchnią płyty podstawy. Pominięto współpracę żebra z blachą podstawy.

$$A_N = \left(a_p * b_p - 4 * \pi * \frac{d_0^2}{4} \right) / 100 = 4461,52 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N_{Ed}}{A_N} = 0,605 \text{ kN/cm}^2$$

Analogia belkowa - przekrój 1-1:

$$M_r = \sigma_c * \left(d_e + \frac{t_s}{2} \right)^2 / (2 * 100) = 43,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$M_m = \sigma_c * \frac{(c_e + t_s)^2}{8 * 100} - M_r = 7,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$M_{\max} = \text{MAX}(M_r; \text{ABS}(M_m)) = 43,56 \text{ kNcm/cm}$$

$$t_{p,\text{potrz}} = \sqrt{6 * \frac{M_{\max}}{f_y / \gamma_{M0}} * 10} = 33,35 \text{ mm}$$

Sprawdzenie blachy podstawy

$$\frac{t_{p,\text{potrz}}}{t_p} = \underline{0,95 < 1,0}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności przy zginaniu:

$$\frac{M_2}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,62 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przy ścinaniu:

$$\frac{V_2}{V_{c,Rd}} = \underline{0,51 < 1}$$

Siła poprzeczna przekracza 50% nośności żebra przy ścinaniu, więc należy uwzględnić jej wpływ na nośność przy zginaniu.

$$\rho = \left(\left(2 * \frac{V_2}{V_{c,Rd}} \right) - 1 \right)^2 = 0,0007$$

Ze względu na znikomą redukcję nośności na zginanie dalsze obliczenia pominięto.

Sprawdzenie nośności spoiny pachwinowej a_3 (spoina "pionowa" części przęsłowej żebra):

$$\frac{a_{\min}}{a_3} = \underline{0,17 < 1}$$

$$W_{w3} = a_3 \cdot \frac{(h_s - c_s)^2}{6} \cdot 10^{-3} = 187,50 \text{ cm}^3$$

$$A_{w3} = a_3 \cdot (h_s - c_s) / 100 = 45,00 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{p,Ed} = \frac{M_2 / \sqrt{2}}{W_{w3}} = 11,41 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{p,Ed} = \frac{\sigma_{p,Ed}}{V_2} = 11,41 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{r,Ed} = \frac{V_2}{A_{w3}} = 7,73 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{p,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{p,Ed}^2 + \tau_{r,Ed}^2)} = 26,46 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności spoin:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,73 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{p,Ed}}{0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}} = \underline{0,44 < 1}$$

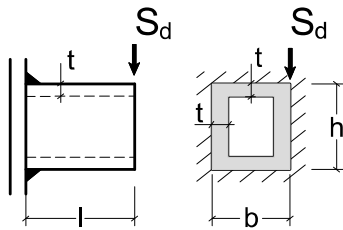
Projektowanie konstrukcji stalowych

PN-EN 1993-1-8:2006/Ap2:2011

Połączenia spawane

Połączenie spawane rury prostokątnej z blachą czołową

Połączenie nie zapewnia swobody deplanacji przekroju.

**Dane geometryczne:**

Wysięg $l =$	200,0 mm
Szerokość $b =$	80,0 mm
Wysokość $h =$	140,0 mm
Grubość ścianki $t =$	6,0 mm
Grubość spoiny $a_w =$	6,0 mm

Wymiary kształtownika w osi środkowej

$$b_1 = b - t = 74,0 \text{ mm}$$

$$h_1 = h - t = 134,0 \text{ mm}$$

Wymiary układu spoin w osi środkowej

$$b_2 = b + a_w = 86,0 \text{ mm}$$

$$h_2 = h + a_w = 146,0 \text{ mm}$$

Obciążenie obliczeniowe:

$$S_d = 40,00 \text{ kN}$$

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa:

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Dane materiałowe:

Stal =	SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)	=	S 235
$f_u =$	TAB("EC3_PL/mat"; fu; NAME=Stal)/10	=	36,0 kN/cm ²
$E =$	TAB("EC3_PL/mat"; E; NAME=Stal)/10	=	21000,0 kN/cm ²
$G =$	TAB("EC3_PL/mat"; G; NAME=Stal)/10	=	8100,0 kN/cm ²
$\beta_w =$	TAB("EC3_PL/mat"; betaw; NAME=Stal)	=	0,80
$f_{w,Rd} =$	$\frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}}$	=	36,00 kN/cm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie warunków nośności spoiny w punkcie A:

$$\frac{\sigma_{pA}}{0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}} = 0,48 < 1$$

$$\frac{\sigma_{zast,A}}{f_{w,Rd}} = 0,70 < 1$$

Sprawdzenie warunków nośności spoiny w punkcie B:

$$\frac{\sigma_{pB}}{0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}} = 0,00 < 1$$

$$\frac{\sigma_{zast,B}}{f_{w,Rd}} = 0,08 < 1$$

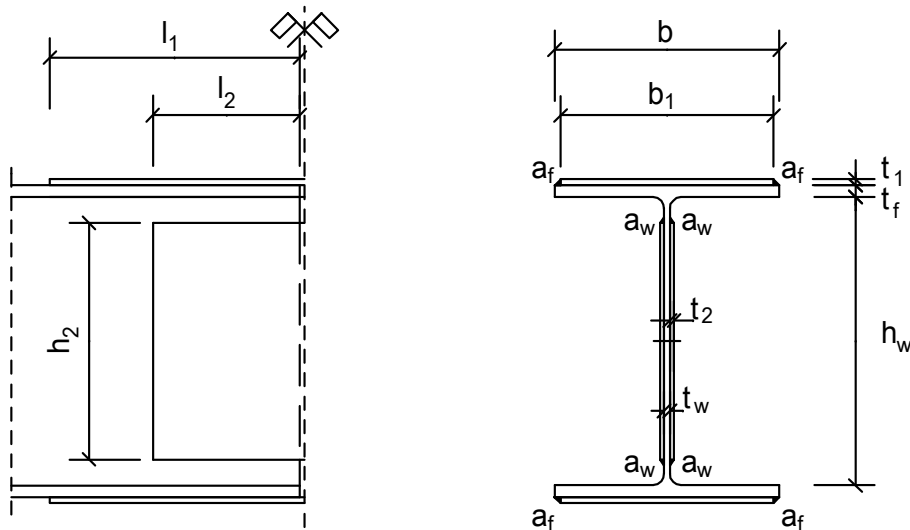
Sprawdzenie warunków nośności spoiny w punkcie C:

$$\frac{\sigma_{pC}}{0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}} = 0,19 < 1$$

$$\frac{\sigma_{zast,C}}{f_{w,Rd}} = 0,28 < 1$$

Uniwersalny zakładkowy styk spawany

Sprawdzenie nośności układu spoin w połączeniu.

**Dane geometryczne:**

Profil: IPE 400

Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL/TP1; NAME;)	=	IPE 400
Wysokość h =	TAB("EC3_PL/TP1; h; NAME=OP1;)	=	400,0 mm
Szerokość pasa b =	TAB("EC3_PL/TP1; b; NAME=OP1;)	=	180,0 mm
Grubość środnika t_w =	TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;)	=	8,6 mm
Grubość pasa t_f =	TAB("EC3_PL/TP1; tf; NAME=OP1;)	=	13,5 mm
Promień wyokrąglenia r =	TAB("EC3_PL/TP1; r; NAME=OP1;)	=	21,0 mm
A =	TAB("EC3_PL/TP1; A; NAME=OP1;)	=	84,5 cm ²
I_y =	TAB("EC3_PL/TP1; Iy; NAME=OP1)	=	23130 cm ⁴
$W_{el,y}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; Wy; NAME=OP1;)	=	1160 cm ³
$W_{pl,y}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; WypI; NAME=OP1;)	=	1307 cm ³
h_w =	$h - 2 * t_f$	=	373,0 mm

Nakładki i przykładki

Grubość nakładki t_1 =	20 mm
Grubość przykładki t_2 =	8 mm
Szerokość nakładki b_1 =	160 mm
Wysokość przykładki h_2 =	280 mm
Długość nakładki l_1 =	240 mm
Długość przykładki l_2 =	200 mm

Spoiny

Spoiny łączące nakładkę z pasem a_f =	6 mm
Spoiny łączące przykładkę ze środnikiem a_w =	4 mm
$l_{wf} = 2 * l_1$	= 480 mm
$l_{ww} = 2 * l_2 + h_2$	= 680 mm

Luz montażowy

Δl =	5 mm
--------------	------

Sily obliczeniowe w styku:

$$M_{Ed} = 157,95 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 60,75 \text{ kN}$$

Dane materiałowe:

Stal =	SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)	=	S 235
f_y =	TAB("EC3_PL/mat"; fy; NAME=Stal)/10	=	23,5 kN/cm ²
f_u =	TAB("EC3_PL/mat"; fu; NAME=Stal)/10	=	36,0 kN/cm ²
ϵ =	$\sqrt{\frac{23,5}{f_y}}$	=	1,00
β_w =	TAB("EC3_PL/mat"; betaw; NAME=Stal)	=	0,80

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Sprawdzenie czy pole nakładki nie jest mniejsze od pola stykowanego pasa:

$$\frac{b \cdot t_f}{b_1 \cdot t_1} = 0,76 \leq 1$$

Sprawdzenie smukłości nakładki ściskanej:

$$\frac{b_1 / t_1}{42 \cdot \epsilon} = 0,19 \leq 1$$

Przekrój klasy nie wyższej niż 3.

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności spoin środника - metoda uproszczona:

$$I_{xw} = \left(\frac{a_w \cdot h_2^3}{12} + 2 \cdot l_2 \cdot a_w \cdot \left(\frac{h_2 + a_w}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 3958 \text{ cm}^4$$

$$I_{zw} = \frac{2 \cdot \frac{a_w \cdot l_2^3}{12} + 2 \cdot l_2 \cdot a_w \cdot \left(x_0 - \frac{l_2}{2} \right)^2 + a_w \cdot h_2 \cdot \left(l_2 + \frac{a_w}{2} - x_0 \right)^2}{10^4} = 1219 \text{ cm}^4$$

$$I_{0w} = 2 \cdot (I_{xw} + I_{zw}) = 10354 \text{ cm}^4$$

Wyznaczenie współrzędnej punktu układu spoin środka najbardziej oddalonego od środka ciężkości tego układu:

$$\begin{aligned}x_{\max} &= x_0 &= & 142,0 \text{ mm} \\z_{\max} &= 0,5 \cdot l_2 + a_w &= & 104,0 \text{ mm} \\r_{\max} &= \sqrt{(x_{\max}^2 + z_{\max}^2)} &= & 176,0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Wartości naprężeń stycznych pochodzących od momentu M_{ww} przenieszonego przez spoiny środka:

$$\begin{aligned}\tau_M &= \frac{M_{ww} \cdot r_{\max} \cdot 10}{I_{ow}} &= & 4,01 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_{Mx} &= \tau_M \cdot \frac{z_{\max}}{r_{\max}} &= & 2,37 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_{Mz} &= \tau_M \cdot \frac{x_{\max}}{r_{\max}} &= & 3,24 \text{ kN/cm}^2\end{aligned}$$

Wartość naprężeń stycznych pochodzących od siły ścinającej V_{Ed} przenoszonych przez spoiny środka:

$$\tau_V = \frac{V_{Ed}}{A_{ww}} = 2,23 \text{ kN/cm}^2$$

Naprężenie wypadkowe:

$$\tau_w = \sqrt{(\tau_{Mx}^2 + (\tau_{Mz} + \tau_V)^2)} = 5,96 \text{ kN/cm}^2$$

Obliczeniowa wytrzymałość układu spoin na ścinanie:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 20,78 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie warunku nośności układu spoin według metody uproszczonej

$$\frac{\tau_w}{f_{vw,d}} = \underline{0,29 < 1}$$

Sprawdzenie nośności spoin pasa - metoda uproszczona:

Sprawdzenie przyjętej grubości spoiny środka

$$\begin{aligned}t_{\max} &= \text{MAX}(t_f, t_1) &= & 20,0 \text{ mm} \\ t_{\min} &= \text{MIN}(t_f, t_1) &= & 13,5 \text{ mm} \\ a_{\min} &= 0,2 \cdot t_{\max} &= & 4,00 \text{ mm} \\ a_{\min} / a_f & &= & \underline{0,67 \leq 1} \\ a_{\max} &= 0,7 \cdot t_{\min} &= & 9,45 \text{ mm} \\ a_f / a_{\max} & &= & \underline{0,63 \leq 1} \\ 3 / a_f & &= & \underline{0,50 \leq 1}\end{aligned}$$

Sprawdzenie minimalnej długości spoiny

$$b_1 / l_1 = \underline{0,67 \leq 1}$$

Sprawdzenie czy wymagana jest redukcja nośności obliczeniowej spoin ze względu na długość złącza

$$l_1 / (150 \cdot a_f) = \underline{0,27 \leq 1}$$

Nie ma konieczności redukcji nośności spoin.

Nośność obliczeniowa na jednostkę długości

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} \cdot a_f \cdot 10^{-1} = 12,47 \text{ kN/cm}$$

Siła podłużna pochodząca od momentu zginającego, przenoszona przez spoiny styku pasów:

$$N_{Ed} = \frac{M_f}{h + t_1} \cdot 10^3 = 340,74 \text{ kN}$$

Wartość obliczeniowa siły na jednostkę długości:

$$F_{w,Ed} = \frac{N_{Ed}}{l_{wf}} \cdot 10^1 = 7,10 \text{ kN/cm}$$

Sprawdzenie warunku układu spoin według metody uproszczonej

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} = \underline{0,57 < 1}$$

Projektowanie konstrukcji stalowych

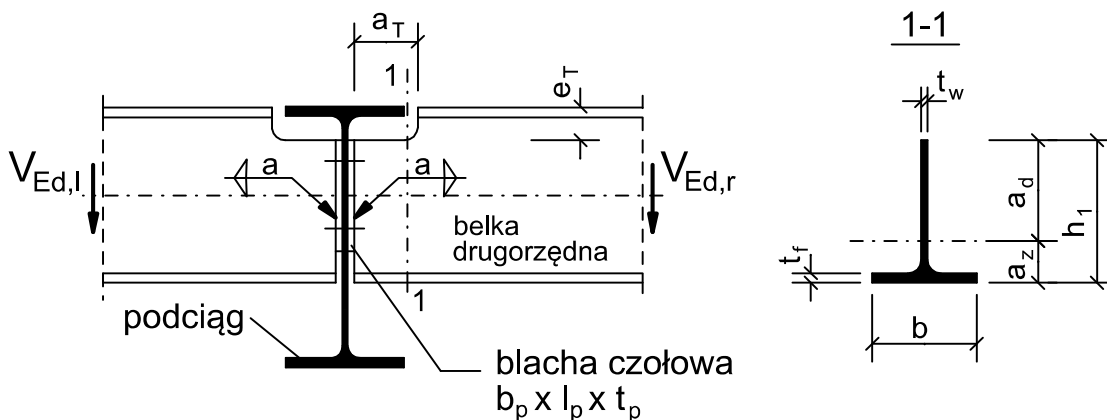
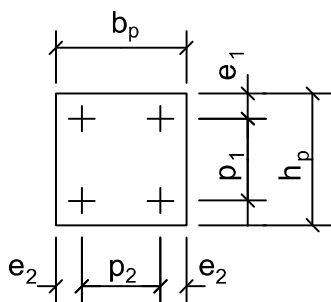
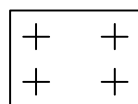
PN-EN 1993-1-8:2006/Ap2:2011

Połączenia śrubowane

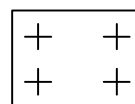
Dwustronne połączenie belek drugorzędnych z belką główną

Przegubowe dwustronne połączenie śrubowane belek drugorzędnych z belką główną za pomocą blach czołowych.

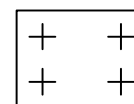
Sprawdzenie nośności przekroju belki głównej w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

**Blacha czołowa****Zmienna liczba śrub n**

n = 4



n = 6



n = 8

Dane geometryczne:

Śruby:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 16

Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 4.6

Liczba śrub (parzysta) n = 8

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 16,0 mmŚrednica otworu d_0 = $d + \Delta d$ = 18,0 mmPole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 2,01 cm²Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 1,57 cm²

Belka główna:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = HEB

Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = HEB 700

Grubość środnika t_{w1} = TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;) = 17,0 mm

Belka drugorzędna:

Typ profilu TP2 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP2 = SEL("EC3_PL/TP2; NAME;) = IPE 500

Wysokość h = TAB("EC3_PL/TP2; h; NAME=OP2;) = 500,0 mm

Szerokość pasa $b =$	TAB("EC3_PL/"TP2; b; NAME=OP2;)	=	200,0 mm
Grubość środka $t_w =$	TAB("EC3_PL/"TP2; tw; NAME=OP2;)	=	10,2 mm
Grubość pasa $t_f =$	TAB("EC3_PL/"TP2; tf; NAME=OP2;)	=	16,0 mm

Blacha czołowa:

Szerokość $b_p =$	200 mm
Wysokość $h_p =$	350 mm
Grubość $t_p =$	10 mm

Rozstawy śrub i odległości krawędzi blachy:

Rozstaw pionowy $p_1 =$	90,0 mm
Rozstaw poziomy $p_2 =$	110,0 mm
Odległość czołowa $e_1 =$	40,0 mm

Podcięcie:

Długość $a_T =$	145,0 mm
Wysokość $e_T =$	70,0 mm

Spoina pachwinowa:

Grubość spoiny $a =$	4 mm
----------------------	------

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

$$\text{odległość boczna } e_2 = (b_p - p_2) / 2 = 45,0 \text{ mm}$$

odległości minimalne:

$$1,2 * d_0 / e_1 = \underline{0,54 < 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,48 < 1}$$

$$2,2 * d_0 / p_1 = \underline{0,44 < 1}$$

$$2,4 * d_0 / p_2 = \underline{0,39 < 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{w1}) = 10,0 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 80,0 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 140,0 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\max} = \underline{0,50 < 1}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{0,56 < 1}$$

$$p_1 / p_{\max} = \underline{0,64 < 1}$$

$$p_2 / p_{\max} = \underline{0,79 < 1}$$

Nośność śrub:**Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 38,59 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:**- do blachy czołowej**

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,74 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_p / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 85,25 \text{ kN} \\ F_{b,p,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

- do środka belki głównej

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 1,00 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{w1} / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 195,84 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= \frac{V_{Ed,l} + V_{Ed,r}}{n} = 48,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie i docisk:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,p,Ed}}{F_{b,p,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,70 < 1}}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność przekroju osłabionego:

$$\begin{aligned}
 h_1 &= h - e_T &= & 430,0 \text{ mm} \\
 A_{V1} &= t_w \cdot (h_1 - 0,5 \cdot t_f) / 100 &= & 43,04 \text{ cm}^2 \\
 A_{n1} &= ((h_1 - t_f) \cdot t_w + b \cdot t_f) / 100 &= & 74,23 \text{ cm}^2 \\
 & \quad t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^2}{2} + t_f \cdot b \cdot \left(h_1 - \frac{t_f}{2} \right) \\
 a_d &= \frac{}{A_{n1} \cdot 100} &= & 299,7 \text{ mm} \\
 a_z &= h_1 - a_d &= & 130,3 \text{ mm} \\
 I_{y1} &= \left(t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^3}{12} + t_w \cdot (h_1 - t_f) \cdot \left(a_d - \frac{(h_1 - t_f)}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} &= & 9660 \text{ cm}^4 \\
 I_{y2} &= \left(\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(a_z - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} &= & 4793 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= I_{y1} + I_{y2} &= & 14453 \text{ cm}^4 \\
 S_y &= t_w \cdot \frac{a_d}{2} \cdot 10^{-3} &= & 458,1 \text{ cm}^3 \\
 W_{\text{eff,min}} &= \frac{I_y}{a_d / 10} &= & 482,2 \text{ cm}^3 \\
 V_{c,Rd} &= \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{V1} &= & 583,96 \text{ kN} \\
 M_{c,Rd} &= \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot W_{\text{eff,min}} &= & 11331,70 \text{ kNcm} \\
 M_1 &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) \cdot (a_T + t_p + 0,5 \cdot t_{w1}) / 10 &= & 3515,25 \text{ kNcm} \\
 V_1 &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) &= & 215,00 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności przy ścinaniu:

$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,37 < 1}}$$

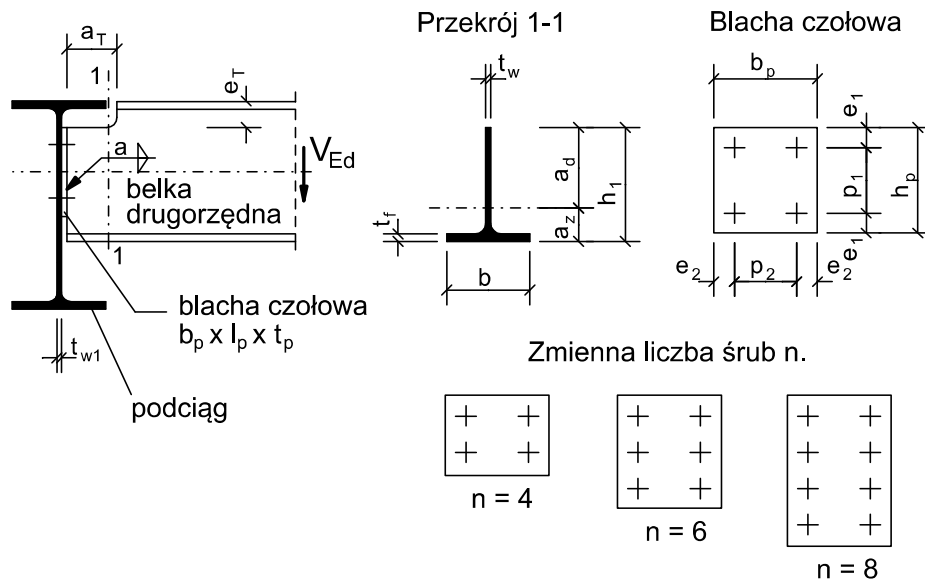
Sprawdzenie nośności przy zginaniu:

$$\frac{M_1}{M_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,31 < 1}}$$

Połączenie przegubowe belki drugorzędnej z belką główną

Śrubowane połączenie przegubowe zaprojektowano z zastosowaniem blachy czołowej i podciągu górnego pasa belki drugorzędnej.

Sprawdzenie nośności przekroju belki głównej w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.



**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

$$\text{odległość czołowa } e_1 = (h_p - (0,5 \cdot n - 1) \cdot p_1) / 2 = 35,0 \text{ mm}$$

$$\text{odległość boczna } e_2 = (b_p - p_2) / 2 = 30,0 \text{ mm}$$

odległości minimalne:

$$1,2 \cdot d_0 / e_1 = 0,62 < 1$$

$$1,2 \cdot d_0 / e_2 = 0,72 < 1$$

$$2,2 \cdot d_0 / p_1 = 0,79 < 1$$

$$2,4 \cdot d_0 / p_2 = 0,72 < 1$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{w1}) = 7,1 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 4 \cdot t + 40 = 68,4 \text{ mm}$$

$$p_{\text{max}} = \text{MIN}(14 \cdot t; 200) = 99,4 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\text{max}} = 0,51 < 1$$

$$e_2 / e_{\text{max}} = 0,44 < 1$$

$$p_1 / p_{\text{max}} = 0,50 < 1$$

$$p_2 / p_{\text{max}} = 0,60 < 1$$

Nośność śrub:**Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 38,59 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= V_{Ed} / n = 14,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,65 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_p; t_{w1}) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 53,16 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= V_{Ed} / n = 14,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie i docisk:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Nośność blachy czołowej:

Pole przekroju ścinanego netto blachy osłabionej otworami na łączniki:

$$\begin{aligned} A_n &= (h_p - 0,5 * n * d_0) * t_p * 10^{-2} = 8,40 \text{ cm}^2 \\ V_{c,Rd} &= \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} * A_n = 113,97 \text{ kN} \\ V &= 0,5 * V_{Ed} = 28,00 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności na ścinanie:

$$\frac{|V|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,25 < 1}}$$

Nośność spoin łączących belkę drugorzędą z blachą czołową:

$$\begin{aligned} A_w &= 2 * a * (h_p - 2 * a) / 100 = 6,84 \text{ cm}^2 \\ f_{w,Rd} &= \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_{II,Ed} &= V_{Ed} / A_w = 8,19 \text{ kN/cm}^2 \\ \sigma_{w,Ed} &= \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed}^2)} = 14,19 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności spoin:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,39 < 1}}$$

Nośność środka belki drugorzędnej w miejscu styku z blachą czołową:

$$A_{bp} = \frac{h_p \cdot t_w}{100} = 6,72 \text{ cm}^2$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{bp} = 91,18 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności na ścinanie:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{c,Rd}} = \underline{0,61 < 1}$$

Nośność przekroju osłabionego:

$$h_1 = h - e_T = 170,0 \text{ mm}$$

$$A_{V1} = t_w \cdot (h_1 - 0,5 \cdot t_f) / 100 = 9,28 \text{ cm}^2$$

$$A_{n1} = \frac{((h_1 - t_f) \cdot t_w + b \cdot t_f) / 100}{t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^2}{2} + t_f \cdot b \cdot \left(h_1 - \frac{t_f}{2}\right)} = 17,54 \text{ cm}^2$$

$$a_d = \frac{t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^2}{2} + t_f \cdot b \cdot \left(h_1 - \frac{t_f}{2}\right)}{A_{n1} \cdot 100} = 122,0 \text{ mm}$$

$$a_z = h_1 - a_d = 48,0 \text{ mm}$$

$$I_{y1} = \left(t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^3}{12} + t_w \cdot (h_1 - t_f) \cdot \left(a_d - \frac{(h_1 - t_f)}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 350 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(a_z - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 163 \text{ cm}^4$$

$$I_y = I_{y1} + I_{y2} = 513 \text{ cm}^4$$

$$S_y = t_w \cdot \frac{a_d}{2} \cdot 10^{-3} = 41,7 \text{ cm}^3$$

$$W_{eff,min} = \frac{I_y}{a_d / 10} = 42,0 \text{ cm}^3$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{V1} = 125,91 \text{ kN}$$

$$M_{c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot W_{eff,min} = 987,00 \text{ kNcm}$$

$$M_1 = V_{Ed} \cdot (a_T + t_p + 0,5 \cdot t_{w1}) / 10 = 467,88 \text{ kNcm}$$

$$V_1 = V_{Ed} = 56,00 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności na ścinanie:

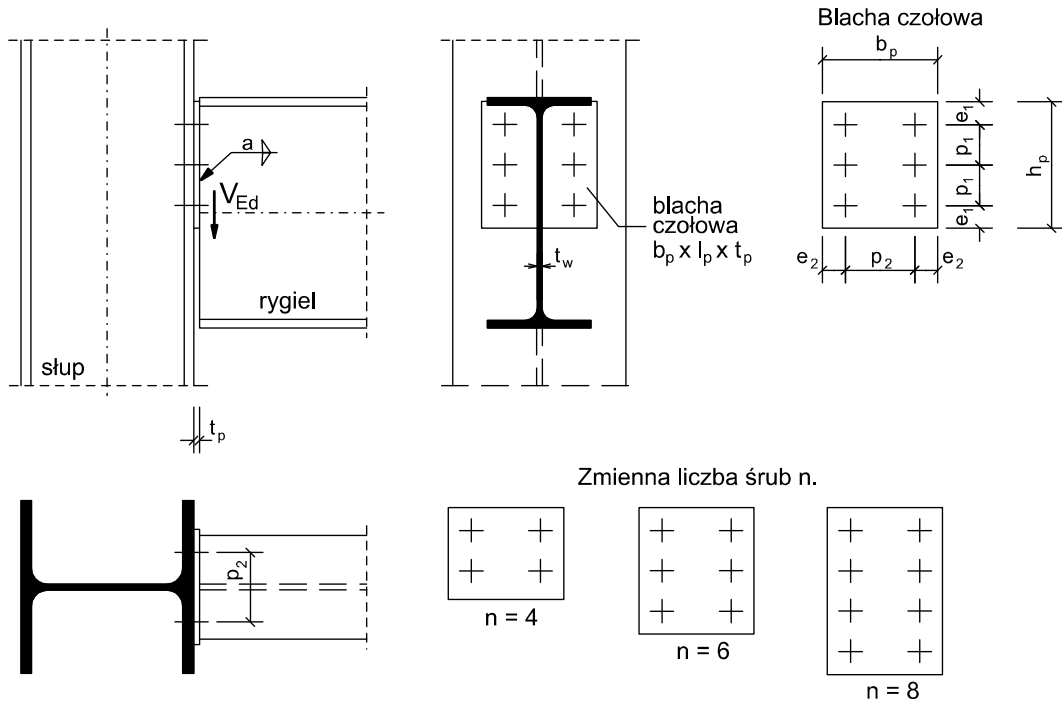
$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = \underline{0,44 < 1}$$

Sprawdzenie nośności na zginanie:

$$\frac{M_1}{M_{c,Rd}} = \underline{0,47 < 1}$$

Połączenie przegubowe belki ze słupem

Połączenie przegubowe belki ze słupem zaprojektowano jako śrubowane z zastosowaniem blachy czołowej. Sprawdzenie nośności słupa w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres opracowania.

**Dane geometryczne:**

Śruby:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 20

Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 4.6

Liczba śrub (parzysta) n = 6

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 20,0 mm

Średnica otworu d_0 = d + Δd = 22,0 mmPole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 3,14 cm²Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 2,45 cm²

Belka:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = IPE 400

Grubość środnika t_w = TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;) = 8,6 mm

Słup:

Typ profilu TP2 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = HEA

Oznaczenie profilu OP2 = SEL("EC3_PL/TP2; NAME;) = HEA 180

Grubość pasa t_f = TAB("EC3_PL/TP2; tf; NAME=OP2;) = 9,5 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

$$\begin{aligned} \text{odległość czołowa } e_1 &= 0,5 \cdot (h_p - (0,5 \cdot n - 1) \cdot p_1) &= & 40,0 \text{ mm} \\ \text{odległość boczna } e_2 &= 0,5 \cdot (b_p - p_2) &= & 40,0 \text{ mm} \\ \text{odległości minimalne:} & & & \\ 1,2 \cdot d_0 / e_1 &= & \underline{0,66 < 1} & \\ 1,2 \cdot d_0 / e_2 &= & \underline{0,66 < 1} & \\ 2,2 \cdot d_0 / p_1 &= & \underline{0,69 < 1} & \\ 2,4 \cdot d_0 / p_2 &= & \underline{0,44 < 1} & \\ \text{odległości maksymalne:} & & & \\ t &= \text{MIN}(t_p; t_f) &= & 9,5 \text{ mm} \\ e_{\max} &= 4 \cdot t + 40 &= & 78,0 \text{ mm} \\ p_{\max} &= \text{MIN}(14 \cdot t; 200) &= & 133,0 \text{ mm} \\ e_1 / e_{\max} &= & \underline{0,51 < 1} & \\ e_2 / e_{\max} &= & \underline{0,51 < 1} & \\ p_1 / p_{\max} &= & \underline{0,53 < 1} & \\ p_2 / p_{\max} &= & \underline{0,90 < 1} & \end{aligned}$$

Nośność śrub:**Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= \text{IF}(\text{ref}=0; A; A_s) &= & 3,14 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} &= & 60,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) &= & 0,61 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) &= & 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_p; t_f) \cdot 10^{-2} \cdot f_u / \gamma_{M2} &= & 83,45 \text{ kN} \end{aligned}$$

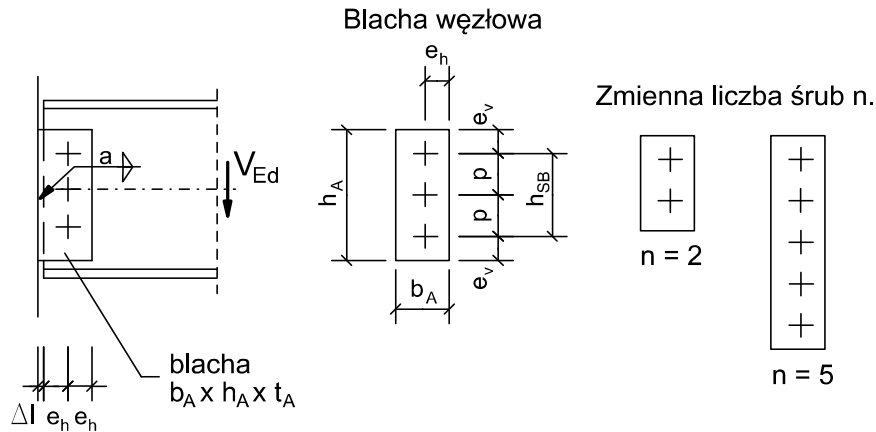
Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie i docisk:

$$\begin{aligned} F_{v,Ed} &= V_{Ed} / n &= & 36,67 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= V_{Ed} / n &= & 36,67 \text{ kN} \\ \text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) &= & \underline{0,61 < 1} & \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Połączenie przegubowe belki za pomocą blachy węzłowej

Śrubowane połączenie przegubowe belki z jednym rzędem śrub i blachą węzłową.



Śruby:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 20

Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 4.6

Liczba śrub n = 5

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 20,0 mm

Średnica otworu d_0 = d + Δd = 22,0 mmPole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 3,14 cm²Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 2,45 cm²

Belka:

Typ profilu TP = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP = SEL("EC3_PL/TP"; NAME;) = IPE 500

Grubość środnika t_w = TAB("EC3_PL/TP"; tw; NAME=OP;) = 10,2 mmPole przekroju A_{prz} = TAB("EC3_PL/TP"; A; NAME=OP;) = 116,0 cm²

Blacha węzłowa:

Szerokość b_A = 110 mmWysokość h_A = 370 mmGrubość t_A = 12 mm

Luz montażowy:

 Δl = 10 mm

Spoina pachwinowa:

Grubość spoiny a = 4 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie sił w najbardziej obciążonej śrubie skrajnej:

$$\begin{aligned} \text{Składowa od siły ścinającej } F_V &= \frac{V_{Ed}}{n} &= & 43,10 \text{ kN} \\ \text{Dodatkowy moment zginający } M_{Ed} &= V_{Ed} * (\Delta l + e_h) * 10^{-1} &= & 1293,0 \text{ kNcm} \\ \text{Składowa od momentu } F_M &= IF(n=5; F_{M5}; IF(n=3; F_{M3}; F_{M2})) &= & 36,94 \text{ kN} \\ \text{Wypadkowa siła ścinająca } F_{V,Ed} &= \sqrt{F_V^2 + F_M^2} &= & 56,76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności na ścinanie najbardziej obciążonej śruby skrajnej:

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}=0; A; A_s) &= & 3,14 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{V,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} &= & 60,29 \text{ kN} \\ \frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} &= &= & \mathbf{0,94 < 1} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności na docisk najbardziej obciążonej śruby skrajnej:**Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na docisk:****- składowa pionowa nośności**

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_v}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) &= & 0,68 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_h}{d_0} - 1,7; 2,5\right) &= & 2,5 \\ F_{V,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_A; t_w) / 100 * f_u / \gamma_{M2} &= & 99,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

- składowa pozioma nośności

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_h}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) &= & 0,76 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_v}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p}{d_0} - 1,7; 2,5\right) &= & 2,5 \\ F_{H,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_A; t_w) / 100 * f_u / \gamma_{M2} &= & 111,63 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\text{Składowa pionowa wypadkowej } F_{V,v,Ed} = F_V = 43,10 \text{ kN}$$

$$\text{Składowa pozioma wypadkowej } F_{H,v,Ed} = F_M = 36,94 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{V,v,Ed}}{F_{V,b,Rd}} = \underline{0,43 < 1}$$

$$\frac{F_{H,v,Ed}}{F_{H,b,Rd}} = \underline{0,33 < 1}$$

Sprawdzenie nośności blachy węzłowej:

Obliczenia przeprowadzono dla przekroju przebiegającego przez linię otworów.

$$A_{v,net} = (h_A - n \cdot d_0) \cdot t_A / 100 = 31,20 \text{ cm}^2$$

$$I_{y,net} = IF(n=5; I_{yn5}; IF(n=3; I_{yn3}; I_{yn2})) = 4418,50 \text{ cm}^4$$

$$W_{eff,min} = \frac{I_{y,net} \cdot 2}{h_A / 10} = 238,84 \text{ cm}^3$$

$$V_{c,Rd} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{v,net} = 423,31 \text{ kN}$$

$$M_{y,c,Rd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot W_{eff,min} = 5612,74 \text{ kNcm}$$

$$M_{y,Ed} = V_{Ed} \cdot (e_h + \Delta l) / 10 = 1293,00 \text{ kNcm}$$

Moment skręcający wynikający z mimośrodru siły V_{Ed} względem środka ciężkości blachy węzłowej

$$M_x = \frac{t_A + t_w}{2 \cdot 10} \cdot V_{Ed} = 239,21 \text{ kNcm}$$

$$V_1 = \frac{M_x}{\frac{1}{3} \cdot h_A \cdot t_A} \cdot A_{v,net} + V_{Ed} = 215,92 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności przy ścinaniu:

$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = \underline{0,51 < 1}$$

Sprawdzenie nośności przy zginaniu:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \underline{0,23 < 1}$$

Rozerwanie blokowe - blacha węzłowa:

$$A_{nv} = (h_{SB} - (n-0,5) * d_0 + e_v) * t_A / 100 = 27,12 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 * d_0) * t_A / 100 = 4,68 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} * f_u}{2 * \gamma_{M2,prz}} + A_{nv} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 444,54 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności :

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{\underline{0,48 < 1}}$$

Rozerwanie blokowe - belka:

$$A_{nv} = \left(\frac{A_{prz} * 100}{2} + \frac{h_{SB}}{2} * t_w - (n-0,5) * d_0 * t_w \right) * 10^{-2} = 62,18 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 * d_0) * t_w / 100 = 3,98 \text{ cm}^2$$

$$V_{eff,2,Rd} = \frac{A_{nt} * f_u}{2 * \gamma_{M2,prz}} + A_{nv} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 908,77 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{eff,2,Rd}} = \underline{\underline{0,24 < 1}}$$

Nośność spoin - metoda kierunkowa:

$$A_w = 2 * a * h_A / 100 = 29,60 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w * \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 7,28 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 * (\tau_{II,Ed})^2} = 12,61 \text{ kN/cm}^2$$

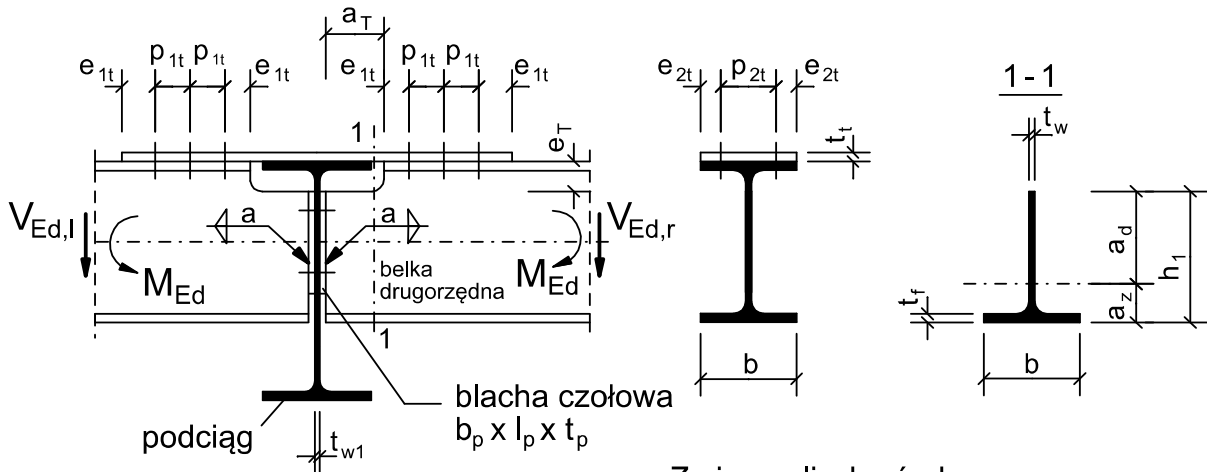
Sprawdzenie nośności:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,35 < 1}}$$

Połączenie sztywne belek drugorzędnych

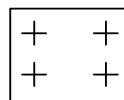
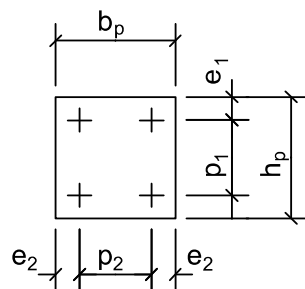
Sztywne połączenie śrubowane dwóch belek drugorzędnych z belką główną za pomocą blach czołowych i nakładki ciągłości pasa rozciąganego.

Sprawdzenie nośności przekroju belki głównej w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

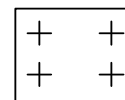


Zmienna liczba śrub n

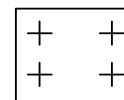
Blacha czołowa



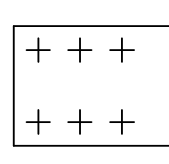
n = 4



n = 6



n = 8



Nakładka ciągłości

n = 4, 6, 8, 10

Dane geometryczne:

Śruby środnika:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 16

Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 5.6

Liczba śrub (parzysta) n = 8

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 16,0 mmŚrednica otworu d_0 = $d + \Delta d$ = 18,0 mmPole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 2,01 cm²Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 1,57 cm²

Śruby pasa:

Oznaczenie śruby OS_t = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 24Klasa śruby KS_t = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 5.6Liczba śrub (parzysta) n_t = 6

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd_t = 2,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref_t = 0), przechodzi (ref_t = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej $ref_t =$		0
Średnica trzpienia śruby $d_t =$	TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS _t)	= 24,0 mm
Średnica otworu $d_{0t} =$	$d_t + \Delta d_t$	= 26,0 mm
Pole trzpienia śruby $A_t =$	TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS _t)*10 ⁻²	= 4,52 cm ²
Pole części czynnej $A_{st} =$	TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS _t)*10 ⁻²	= 3,53 cm ²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

Blacha czołowa:

$$\text{odległość boczna } e_2 = (b_p - p_2) / 2 = 45,0 \text{ mm}$$

odległości minimalne:

$$1,2 * d_0 / e_1 = \underline{0,43 < 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,48 < 1}$$

$$2,2 * d_0 / p_1 = \underline{0,40 < 1}$$

$$2,4 * d_0 / p_2 = \underline{0,39 < 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_p ; t_{w1}) = 10,0 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 80,0 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t ; 200) = 140,0 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\max} = \underline{0,63 < 1}$$

$$e_2 / e_{\max} = \underline{0,56 < 1}$$

$$p_1 / p_{\max} = \underline{0,71 < 1}$$

$$p_2 / p_{\max} = \underline{0,79 < 1}$$

Nakładka pasa:

$$\text{odległość boczna } e_{2t} = (b_p - p_{2t}) / 2 = 45,0 \text{ mm}$$

odległości minimalne:

$$1,2 * d_{0t} / e_{1t} = \underline{0,62 < 1}$$

$$1,2 * d_{0t} / e_{2t} = \underline{0,69 < 1}$$

$$2,2 * d_{0t} / p_{1t} = \underline{0,71 < 1}$$

$$2,4 * d_{0t} / p_{2t} = \underline{0,57 < 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_t ; t_f) = 16,00 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 104,00 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t ; 200) = 200,00 \text{ mm}$$

$$e_{1t} / e_{\max} = \underline{0,48 < 1}$$

$$e_{2t} / e_{\max} = \underline{0,43 < 1}$$

$$p_{1t} / p_{\max} = \underline{0,40 < 1}$$

$$p_{2t} / p_{\max} = \underline{0,55 < 1}$$

Nośność śrub środknika:**Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 48,24 \text{ kN} \\ F_{v,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:**- do blachy czołowej**

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 * d_0}; \frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,93 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,p,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_p / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 107,14 \text{ kN} \\ F_{b,p,Ed} &= \text{MAX}(V_{Ed,l}; V_{Ed,r}) / n = 26,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

- do środknika belki

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{p_1}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 1,00 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * t_{w1} / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 195,84 \text{ kN} \\ F_{b,Ed} &= \frac{V_{Ed,l} + V_{Ed,r}}{n} = 48,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie i docisk:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{F_{b,p,Ed}}{F_{b,p,Rd}}; \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{\underline{0,56 < 1}}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność śrub pasa:**Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}_t=0; A_t; A_{St}) = 4,52 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ubt} * A / \gamma_{M2} = 108,48 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:

- śruba skrajna w kierunku obciążenia oraz skrajna w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{1t}}{3 \cdot d_{0t}}; \frac{f_{ubt}}{f_u}; 1,0\right) = 0,64$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{1,b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_t \cdot \text{MIN}(t_f, t_t) / 100 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 176,95 \text{ kN}$$

- śruba pośrednia w kierunku obciążenia oraz skrajna w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{p_{1t}}{3 \cdot d_{0t}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ubt}}{f_u}; 1,0\right) = 0,78$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{2,b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_t \cdot \text{MIN}(t_f, t_t) / 100 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 215,65 \text{ kN}$$

Siła przenoszona przez pojedynczą śrubę:

$$F_{Ed} = N_{t,Ed} / n_t = 94,81 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,87 < 1}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na docisk:

$$\text{MAX}\left(\frac{F_{Ed}}{F_{1,b,Rd}}; \frac{F_{Ed}}{F_{2,b,Rd}}\right) = \underline{0,54 < 1}$$

Sprawdzenie nośności grupy łączników:

Obliczeniowa nośność grupy łączników

$$F_{gr,v,Rd} = n_t \cdot \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{1,b,Rd}; F_{2,b,Rd}) = 650,88 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{t,Ed}}{F_{gr,v,Rd}} = \underline{0,87 < 1}$$

Sprawdzenie czy wymagana jest redukcja nośności obliczeniowej łączników ze względu na długość złącza

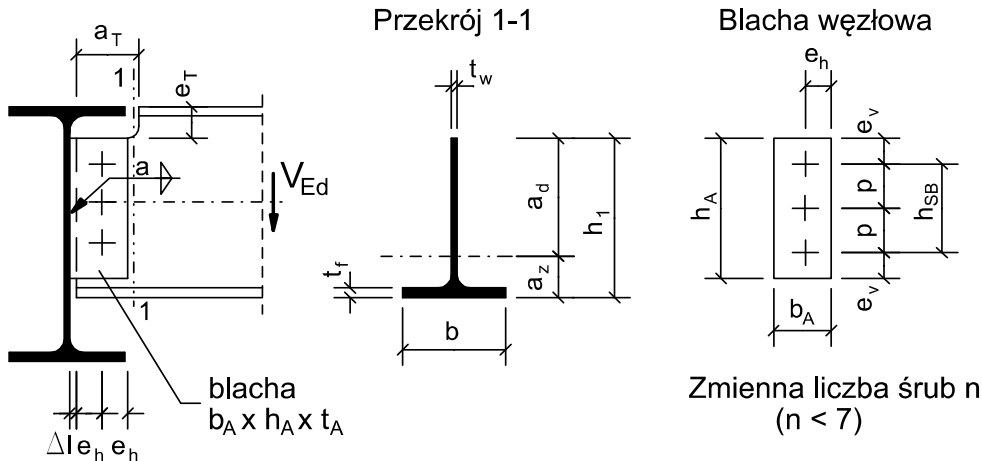
$$(0,5 \cdot n_t - 1) \cdot p_{1t} / (15 \cdot d_t) = \underline{0,44 \leq 1}$$

Nie ma konieczności redukcji nośności łączników.

Połączenie zakładkowe belki drugorzędnej

Śrubowane zakładkowe połączenie przegubowe z jednym rzędem śrub, blachą węzłową i podcięciem belki drugorzędnej.

Sprawdzenie nośności przekroju belki głównej w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

**Dane geometryczne:**

Śruby:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 20

Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 4.6

Liczba śrub n = 5

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mm

Płaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 20,0 mm

Średnica otworu d_0 = $d + \Delta d$ = 22,0 mm

Pole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 3,14 cm²

Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 2,45 cm²

Belka główna:

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = IPE 600

Grubość środnika t_{w1} = TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;) = 12,0 mm

Belka drugorzędna:

Typ profilu TP2 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP2 = SEL("EC3_PL/TP2; NAME;) = IPE 500

Wysokość h = TAB("EC3_PL/TP2; h; NAME=OP2;) = 500,0 mm

Szerokość pasa b = TAB("EC3_PL/TP2; b; NAME=OP2;) = 200,0 mm

Grubość środnika t_w = TAB("EC3_PL/TP2; tw; NAME=OP2;) = 10,2 mm

Grubość pasa t_f = TAB("EC3_PL/TP2; tf; NAME=OP2;) = 16,0 mm

Pole przekroju A_{prz} = TAB("EC3_PL/TP2; A; NAME=OP2;) = 116,0 cm²

Blacha węzłowa:

Szerokość b_A = 110 mm

Wysokość h_A = 370 mm

Grubość t_A = 12 mm

Luz montażowy:

$$\Delta l = 10,0 \text{ mm}$$

Podcięcie:

$$\text{Długość } a_T = 150,0 \text{ mm}$$

$$\text{Wysokość } e_T = 60,0 \text{ mm}$$

Spoina pachwinowa:

$$\text{Grubość spoiny } a = 4 \text{ mm}$$

Rozstawy śrub:

A: ALBO

$$\text{Rozstaw śrub skrajnych } h_{SB} = 280,0 \text{ mm}$$

$$\text{Rozstaw śrub } p = \frac{h_{SB}}{n - 1} = 70,0 \text{ mm}$$

A: ALBO

$$\text{Rozstaw śrub } p = 70,0 \text{ mm}$$

$$\text{Rozstaw śrub skrajnych } h_{SB} = (n - 1) * p = 280,0 \text{ mm}$$

Dane materiałowe:

Stal:

$$\text{Stal} = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/mat"; NAME; }) = \text{S 235}$$

$$f_y = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; fy; NAME=Stal})/10 = 23,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_u = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; fu; NAME=Stal})/10 = 36,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$\beta_w = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/mat"; betaw; NAME=Stal}) = 0,80$$

Śruby:

$$f_{yb} = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby"; fyb; KS=KS})/10 = 24,0 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{ub} = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby"; fub; KS=KS})/10 = 40,0 \text{ kN/cm}^2$$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

$$\gamma_{M2_prz} = \text{MIN}(1, 1; 0,9 * f_u / f_y) = 1,10$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Obliczeniowe siły wewnętrzne:

$$V_{Ed} = 215,50 \text{ kN}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności przy ścinaniu:

$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = 0,51 < 1$$

Sprawdzenie nośności przy zginaniu:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{y,c,Rd}} = 0,25 < 1$$

Sprawdzenie nośności przekroju belki osłabionej otworami na łączniki:

Charakterystyki geometryczno-wytrzymałościowe przekroju:

$$h_1 = h - e_T = 440,00 \text{ mm}$$

$$A_{v1} = t_w \cdot (h_1 - 0,5 \cdot t_f) / 100 = 44,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{n1} = \left((h_1 - t_f) \cdot t_w - n \cdot d_0 \cdot t_w + b \cdot t_f \right) \cdot 10^{-2} = 64,03 \text{ cm}^2$$

$$a_d = \frac{t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^2}{2} + t_f \cdot b \cdot \left(h_1 - \frac{t_f}{2} \right) - n \cdot d_0 \cdot t_w}{A_{n1} \cdot 100} = 358,92 \text{ mm}$$

$$a_z = h_1 - a_d = 81,08 \text{ mm}$$

$$I_{y1} = \left(t_w \cdot \frac{(h_1 - t_f)^3}{12} + t_w \cdot (h_1 - t_f) \cdot \left(a_d - \frac{(h_1 - t_f)}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 15814,42 \text{ cm}^4$$

$$I_{y2} = \left(\frac{b \cdot t_f^3}{12} + b \cdot t_f \cdot \left(a_z - \frac{t_f}{2} \right)^2 \right) \cdot 10^{-4} = 1715,85 \text{ cm}^4$$

Wyznaczenie momentów bezwładności dla układu otworów:

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 2$$

$$x_3 = 3$$

$$x_4 = 4$$

$$x_5 = 5$$

$$h_m = h_1 - \frac{h}{2} = 190,00 \text{ mm}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

przypadek n = 6:

$$I_{y31n6a} = 3 \cdot t_w \cdot \frac{d_0^3}{12} \cdot 10^{-4} = 2,72 \text{ cm}^4$$

$$I_{y31n6b} = \left(\sum_{i=1}^3 \left(t_w \cdot d_0 \cdot \left(a_d - h_m + \frac{p}{2} + (x_i - 1) \cdot p \right)^2 \right) \right) \cdot 10^{-4} = 5271,08 \text{ cm}^4$$

$$I_{y32n6a} = 3 \cdot t_w \cdot \frac{d_0^3}{12} \cdot 10^{-4} = 2,72 \text{ cm}^4$$

$$I_{y32n6b} = \left(\sum_{i=1}^3 \left(t_w \cdot d_0 \cdot \left(a_d - h_m - \frac{p}{2} - (x_i - 1) \cdot p \right)^2 \right) \right) \cdot 10^{-4} = 494,97 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 I_{y3n6} &= I_{y31n6a} + I_{y31n6b} + I_{y32n6a} + I_{y32n6b} &= & 5771,49 \text{ cm}^4 \\
 I_a &= IF(n=1; I_{y30}; IF(n=2; I_{y3n2}; IF(n=3; I_{y3n3}; 0))) &= & 0,00 \text{ cm}^4 \\
 I_b &= IF(n=4; I_{y3n4}; IF(n=5; I_{y3n5}; IF(n=6; I_{y3n6}; 0))) &= & 4305,60 \text{ cm}^4 \\
 I_{y3} &= IF(I_a=0; I_b; I_a) &= & 4305,60 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= I_{y1} + I_{y2} - I_{y3} &= & 13224,67 \text{ cm}^4 \\
 S_y &= t_w \cdot \frac{a_d}{2} \cdot 10^{-3} &= & 657,00 \text{ cm} \\
 W_{\text{eff,min}} &= \frac{I_y}{a_d} \cdot 10 &= & 368,46 \text{ cm} \\
 V_{c,Rd} &= \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \cdot A_{v1} &= & 597,79 \text{ kN} \\
 M_{y,c,Rd} &= \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot W_{\text{eff,min}} &= & 8658,81 \text{ kNcm} \\
 M_1 &= V_{Ed} \cdot (0,5 \cdot t_{w1} + \Delta l + a_T) / 10 &= & 3577,30 \text{ kNcm} \\
 V_1 &= V_{Ed} &= & 215,50 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności przy ścinaniu:

$$\frac{|V_1|}{V_{c,Rd}} = \underline{\underline{0,36 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności przy zginaniu:

$$\frac{M_1}{M_{y,c,Rd}} = \underline{\underline{0,41 < 1}}$$

Rozerwanie blokowe - blacha węzłowa:

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= (h_{SB} - (n-0,5) \cdot d_0 + e_v) \cdot t_A / 100 &= & 27,12 \text{ cm}^2 \\
 A_{nt} &= (e_h - 0,5 \cdot d_0) \cdot t_A / 100 &= & 4,68 \text{ cm}^2 \\
 V_{\text{eff},2,Rd} &= \frac{A_{nt} \cdot f_u}{2 \cdot \gamma_{M2_prz}} + A_{nv} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} &= & 444,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności :

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{\text{eff},2,Rd}} = \underline{\underline{0,48 < 1}}$$

Rozerwanie blokowe - belka:

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= (h_{SB} - (n-0,5) \cdot d_0 + e_v) \cdot t_w / 100 &= & 23,05 \text{ cm}^2 \\
 A_{nt} &= (e_h - 0,5 \cdot d_0) \cdot t_w / 100 &= & 3,98 \text{ cm}^2 \\
 V_{\text{eff},2,Rd} &= \frac{A_{nt} \cdot f_u}{2 \cdot \gamma_{M2_prz}} + A_{nv} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} &= & 377,86 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{\text{eff},2,Rd}} = \underline{\underline{0,57 < 1}}$$

Nośność spoin - metoda kierunkowa:

$$A_w = \frac{2 \cdot a \cdot h_A}{100} = 29,60 \text{ cm}^2$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} = 7,28 \text{ kN/cm}^2$$

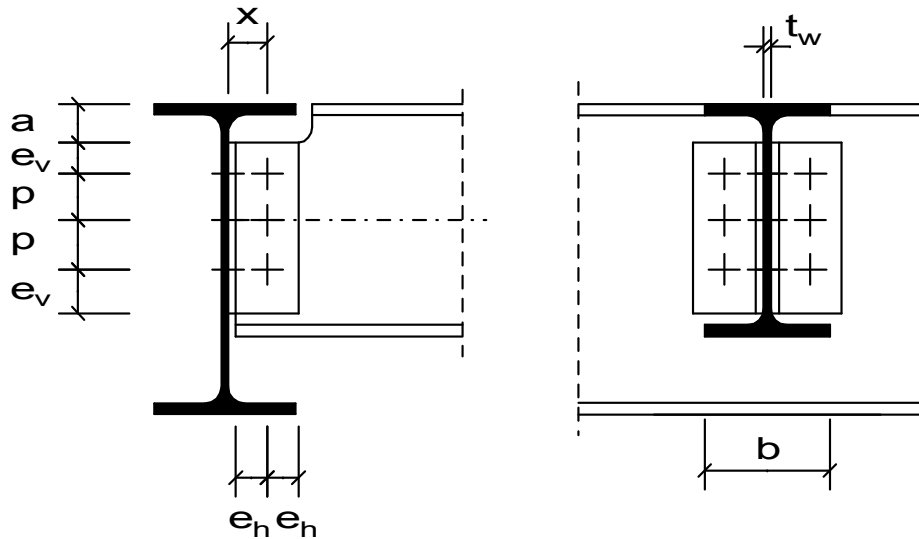
$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed})^2} = 12,61 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{\underline{0,35 < 1}}$$

Śrubowane połączenie przegubowe

Sprawdzenie nośności przekroju belki głównej w miejscu połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

**Dane geometryczne:**

Śruby:

Oznaczenie śruby OS = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 16
 Klasa śruby KS = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 4.8
 Liczba śrub n = 3

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Prześwit w otworze Δd = 2,0 mm

Płaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref = 0

Średnica trzpienia śruby d = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS) = 16,0 mm

Średnica otworu d_0 = $d + \Delta d$ = 18,0 mm

Pole trzpienia śruby A = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10⁻² = 2,01 cm²

Pole części czynnej A_s = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10⁻² = 1,57 cm²

Kątownik:

Kątownik równoramienny P = SEL("EC3_PL/L_rown"; NAME;) = L 80x8

Grubość ramienia t = TAB("EC3_PL/L_rown"; t; NAME=P) = 8,0 mm

Rozstawy śrub i odległości krawędzi :

Odległość x = 45,0 mm

Podcięcie a = 30,0 mm

Rozstaw śrub p = 50,0 mm

Odległość czołowa e_v = 30,0 mm

Odległość boczna e_h = 35,0 mm

Belka drugorzędna:

Typ profilu TP = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP = SEL("EC3_PL/TP; NAME;) = IPE 270

Wysokość h = TAB("EC3_PL/TP; h; NAME=OP;) = 270,0 mm

Grubość środnika t_w = TAB("EC3_PL/TP; tw; NAME=OP;) = 6,6 mm

łączona z IPE 360

Typ profilu TP1 = SEL("EC3_PL/profile"; NAME;) = IPE

Oznaczenie profilu OP1 = SEL("EC3_PL/TP1; NAME;) = IPE 360

Grubość środnika t_{w1} = TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;) = 8,0 mm

Spoina pachwinowa:
Grubość spoiny a = 4 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie nośności pojedynczej śruby:

Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na ścinanie:

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyn ścinania } n_s &= 2 \\ A &= IF(\text{ref}=0; A; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 77,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na docisk:

- składowa pionowa nośności

- śruba skrajna w kierunku obciążenia oraz skrajna w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_v}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,56 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_h}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{1,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_w; t) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 42,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

- śruba pośrednia w kierunku obciążenia oraz skrajna w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{p}{3 * d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,68 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_h}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{2,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_w; t) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 51,70 \text{ kN} \\ F_{V,b,Rd} &= \text{MIN}(F_{1,b,Rd}; F_{2,b,Rd}) = 42,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

- składowa pozioma nośności

- śruba skrajna w kierunku obciążenia oraz skrajna w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_h}{3 * d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,65 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_v}{d_0} - 1,7; 1,4 * \frac{p}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,2 \\ F_{1,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d * \text{MIN}(t_w; t) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 43,49 \text{ kN} \end{aligned}$$

- śruba skrajna w kierunku obciążenia oraz pośrednia w kierunku prostopadłym do obciążenia

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_h}{3 \cdot d_0}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,65$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(1,4 \cdot \frac{p}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,2$$

$$F_{2,b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_w; t) / 100 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 43,49 \text{ kN}$$

$$F_{H,b,Rd} = \text{MIN}(F_{1,b,Rd}; F_{2,b,Rd}) = 43,49 \text{ kN}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Rozerwanie blokowe:

$$h_{SB} = (n - 1) \cdot p = 100,00 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = (h_{SB} - (n - 0,5) \cdot d_0 + e_v) \cdot \text{MIN}(t; t_w) \cdot 10^{-2} = 5,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = (e_h - 0,5 \cdot d_0) \cdot \text{MIN}(t; t_w) \cdot 10^{-2} = 1,72 \text{ cm}^2$$

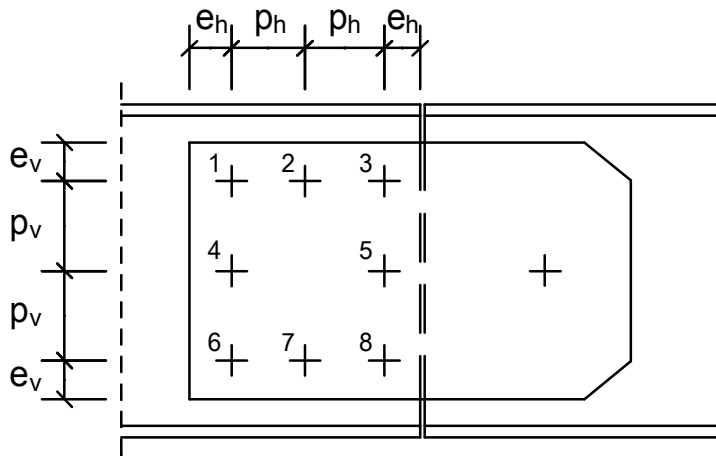
$$V_{\text{eff},2,Rd} = \left(\frac{1}{2} \cdot A_{nt} \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2_prz}} + A_{nv} \cdot \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} \right) = 104,26 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{|V_{Ed}|}{V_{\text{eff},2,Rd}} = \underline{\underline{0,29 < 1}}$$

Śrubowany styk belek

Sprawdzenie nośności układu śrub przy działaniu momentu zginającego i siły ścinającej.

**Dane geometryczne:**

Rozstaw p_h =	50,00 mm
Rozstaw p_v =	70,00 mm
Odległość e_h =	35,00 mm
Odległość e_v =	35,00 mm
Grubość blachy t =	6,00 mm
Liczba śrub n =	8

Śruby:

Oznaczenie śruby OS_1 = SEL("EC3_PL/sruby"; OS;) = M 12Klasa śruby KS_1 = SEL("EC3_PL/sruby"; KS;) = 5.6

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Średnica trzpienia śruby d_1 = TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS1;) = 12,0 mmPrześwit w otworze Δd_1 = 1,0 mmŚrednica otworu $d_{0,1}$ = $d_1 + \Delta d_1$ = 13,0 mmPłaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref₁ = 0), przechodzi (ref₁ = 1)Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref₁ = 0Pole trzpienia śruby A_{d1} = TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS1;)*10⁻² = 1,13 cm²Pole części czynnej A_{s1} = TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS1;)*10⁻² = 0,84 cm²**Obliczeniowe siły wewnętrzne:** V_{Ed} = 58,70 kN M_{Ed} = 910,00 kNcm**Dane materiałowe:**

IPE330:

Stal = SEL("EC3_PL/mat"; NAME;) = S 235

 f_u = TAB("EC3_PL/mat"; fu; NAME=Stal)/10 = 36,0 kN/cm²

Śruby:

 f_{ub1} = TAB("EC3_PL/sruby"; fub; KS=KS1)/10 = 50,0 kN/cm²**Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:** γ_{M2} = 1,25

Sprawdzenie nośności układu śrub:

$$I_p = (n-2) * (p_h^2 + p_v^2) * 10^{-2} = 444,00 \text{ cm}^4$$

Składowa pozioma siły ścinającej w najbardziej obciążonej śrubie

$$F_h = \frac{M_{Ed} * p_v}{I_p * 10} = 14,35 \text{ kN}$$

Składowa pionowa siły ścinającej w najbardziej obciążonej śrubie

$$F_v = \frac{M_{Ed} * p_h}{I_p * 10} + \frac{V_{Ed}}{n} = 17,59 \text{ kN}$$

Wypadkowa siła ścinająca w najbardziej obciążonej śrubie

$$R_r = \sqrt{F_h^2 + F_v^2} = 22,70 \text{ kN}$$

Nośność na ścinanie:

$$A = WENN(\text{ref}_1=0; A_{d1}; A_{s1}) = 1,13 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = \alpha_v * f_{ub1} * A / \gamma_{M2} = 27,12 \text{ kN}$$

$$\frac{R_r}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,84 < 1}}$$

Nośność na docisk:

- składowa pionowa nośności

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_v}{3 * d_{0,1}}; \frac{p_v}{3 * d_{0,1}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub1}}{f_u}; 1,0\right) = 0,90$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_h}{d_{0,1}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_h}{d_{0,1}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{V,b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d_1 * t / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 46,66 \text{ kN}$$

- składowa pozioma nośności

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_h}{3 * d_{0,1}}; \frac{p_h}{3 * d_{0,1}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub1}}{f_u}; 1,0\right) = 0,90$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_v}{d_{0,1}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_v}{d_{0,1}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{H,b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d_1 * t / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 46,66 \text{ kN}$$

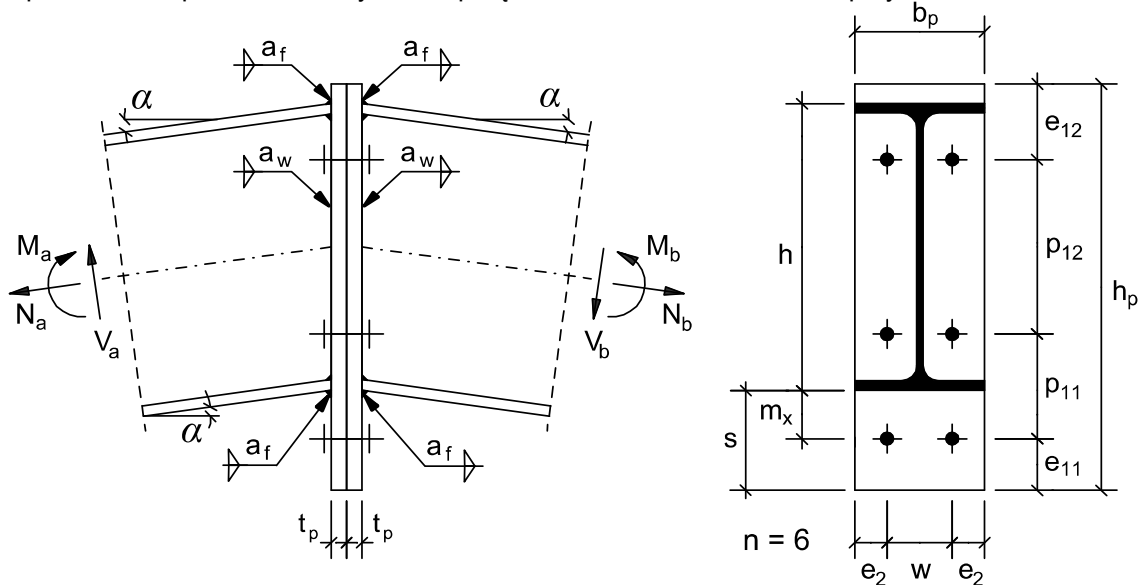
$$\frac{F_h}{F_{H,b,Rd}} = \underline{\underline{0,31 < 1}}$$

$$\frac{F_v}{F_{V,b,Rd}} = \underline{\underline{0,38 < 1}}$$

Śrubowany styk kalenicowy

Nominalnie sztywny doczołowy styk kalenicowy rygla.

Sprawdzenie sprawdzenie sztywności połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

**Dane geometryczne:**

Rygiel:

Typ profilu TP1 =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP1 =	SEL("EC3_PL/TP1; NAME;)	=	IPE 240
Wysokość h =	TAB("EC3_PL/TP1; h; NAME=OP1;)	=	240,0 mm
Szerokość pasa b =	TAB("EC3_PL/TP1; b; NAME=OP1;)	=	120,0 mm
Grubość środnika t _w =	TAB("EC3_PL/TP1; tw; NAME=OP1;)	=	6,2 mm
Grubość pasa t _f =	TAB("EC3_PL/TP1; tf; NAME=OP1;)	=	9,8 mm
Promień wyokrąglenia r =	TAB("EC3_PL/TP1; r; NAME=OP1;)	=	15,0 mm
h _w =	h - 2 * t _f	=	220,40 mm
A =	TAB("EC3_PL/TP1; A; NAME=OP1;)	=	39,1 cm ²

Kąt nachylenia rygla $\alpha = 3,7^\circ$

Grubość spoin pachwinowych:

Spoina pasa a _f =	5,00 mm
Spoina środnika a _w =	3,00 mm

Blacha czołowa:

Szerokość b _p =	120,00 mm
Wysokość h _p =	330,00 mm
Grubość t _p =	20,00 mm

Śruby:

Oznaczenie śruby OS =	SEL("EC3_PL/sruby"; OS;)	=	M 16
Klasa śruby KS =	SEL("EC3_PL/sruby"; KS;)	=	8.8
Liczba śrub (parzysta) n =		=	6
Kategoria połączenia E: połączenie sprężane			
Średnica trzpienia śruby d =	TAB("EC3_PL/sruby"; d; OS = OS)	=	16,0 mm
Prześwit w otworze $\Delta d =$		=	2,0 mm
Średnica otworu d ₀ =	d + Δd	=	18,0 mm

Płaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

$$\begin{aligned} \text{Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref} &= 0 \\ \text{Pole trzpienia śruby } A_d &= \text{TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10^{-2}} = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \text{Pole części czynnej } A_s &= \text{TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10^{-2}} = 1,57 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Rozstaw śrub i odległości od krawędzi:

$$\begin{aligned} p_{11} &= 80 \text{ mm} \\ p_{12} &= 140 \text{ mm} \\ e_{11} &= 35 \text{ mm} \\ e_{12} &= h_p - e_{11} - p_{11} - p_{12} = 75 \text{ mm} \\ w &= 70 \text{ mm} \\ e_2 &= \frac{b_p - w}{2} = 25 \text{ mm} \\ s &= 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dane materiałowe:

Stal belki oraz blachy czołowej

$$\begin{aligned} \text{Stal} &= \text{SEL("EC3_PL/mat"; NAME;)} = \text{S 235} \\ f_y &= \text{TAB("EC3_PL/mat"; fy; NAME=Stal)/10} = 23,5 \text{ kN/cm}^2 \\ f_u &= \text{TAB("EC3_PL/mat"; fu; NAME=Stal)/10} = 36,0 \text{ kN/cm}^2 \\ \beta_w &= \text{TAB("EC3_PL/mat"; betaw; NAME=Stal)} = 0,80 \end{aligned}$$

Śruby:

$$\begin{aligned} f_{yb} &= \text{TAB("EC3_PL/sruby"; fyb; KS=KS)/10} = 64,0 \text{ kN/cm}^2 \\ f_{ub} &= \text{TAB("EC3_PL/sruby"; fub; KS=KS)/10} = 80,0 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}$$

Częściowe współczynniki bezpieczeństwa:

$$\begin{aligned} \gamma_{M0} &= 1,00 \\ \gamma_{M2} &= 1,25 \end{aligned}$$

Obliczeniowe siły wewnętrzne:

$$\begin{aligned} \text{Siła osiowa } N_a &= -24,30 \text{ kN} \\ \text{Siła poprzeczna } V_a &= -3,20 \text{ kN} \\ \text{Moment zginający } M_a &= 55,00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Siły wewnętrzne w połączeniu

$$\begin{aligned} N_{j,Ed} &= N_a * \cos(\alpha) + V_a * \sin(\alpha) = -24,46 \text{ kN} \\ V_{j,Ed} &= V_a * \cos(\alpha) - N_a * \sin(\alpha) = -1,63 \text{ kN} \\ M_{j,Ed} &= M_a = 55,00 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

odległości minimalne:

$$\begin{aligned} 1,2 * d_0 / e_{11} &= \underline{0,62 < 1} \\ 1,2 * d_0 / e_{12} &= \underline{0,29 < 1} \\ 1,2 * d_0 / e_2 &= \underline{0,86 < 1} \\ 2,2 * d_0 / p_{11} &= \underline{0,50 < 1} \\ 2,2 * d_0 / p_{12} &= \underline{0,28 < 1} \\ 2,4 * d_0 / w &= \underline{0,62 < 1} \end{aligned}$$

odległości maksymalne:

$$\begin{aligned} t &= t_p = 20,0 \text{ mm} \\ e_{\max} &= 4 * t + 40 = 120,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{\max} &= \text{MIN}(14 * t; 200) &= & 200,0 \text{ mm} \\
 e_{11} / e_{\max} &= & \underline{0,29} < 1 \\
 e_{12} / e_{\max} &= & \underline{0,63} < 1 \\
 e_2 / e_{\max} &= & \underline{0,21} < 1 \\
 p_{11} / p_{\max} &= & \underline{0,40} < 1 \\
 p_{12} / p_{\max} &= & \underline{0,70} < 1 \\
 w / p_{\max} &= & \underline{0,35} < 1
 \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność połączenia śrubowanego:

Odległość i-tego szeregu od osi ściskania (obrotu węzła):

$$\begin{aligned}
 h_1 &= s - e_{11} + h - 0,5 * t_f &= & 275 \text{ mm} \\
 h_2 &= h_1 - p_{11} &= & 195 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Nośność strefy ściskanej

Pas i średnik w strefie ściskania (do obliczeń przyjęto nośność sprężystą belki przy zginaniu)

$$\begin{aligned}
 W_y &= \text{TAB}(\text{"EC3_PL"/"TP1"; } W_y; \text{NAME=OP1;}) &= & 324,0 \text{ cm}^3 \\
 M_{c,Rd} &= W_y * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} &= & 7614,0 \text{ kNcm} \\
 h &= \frac{h}{\cos(\alpha)} &= & 240,5 \text{ mm} \\
 F_{c,fb,Rd} &= \frac{M_{c,Rd}}{h - t_f} * 10^1 &= & 330,0 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności połączenia przy zginaniu

$$M_{j,Rd} = (h_1 * F_{t,1,Rd} + h_2 * F_{t,2,Rd}) * 10^{-3} = 60,03 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{j,Ed}}{M_{j,Rd}} = 0,92 < 1$$

$$\frac{|N_a|}{0,05 * A * \frac{f_y}{\gamma_{M0}}} = 0,53 < 1$$

⇒ nie trzeba uwzględniać interakcji siły podłużnej i momentu zginającego.

Sprawdzenie nośności połączenia przy ścinaniu

$$\text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s = 1$$

$$A = IF(\text{ref}=0; A_d; A_s) = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 77,18 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = \frac{|V_{j,Ed}|}{2} = 0,81 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = 0,01 < 1$$

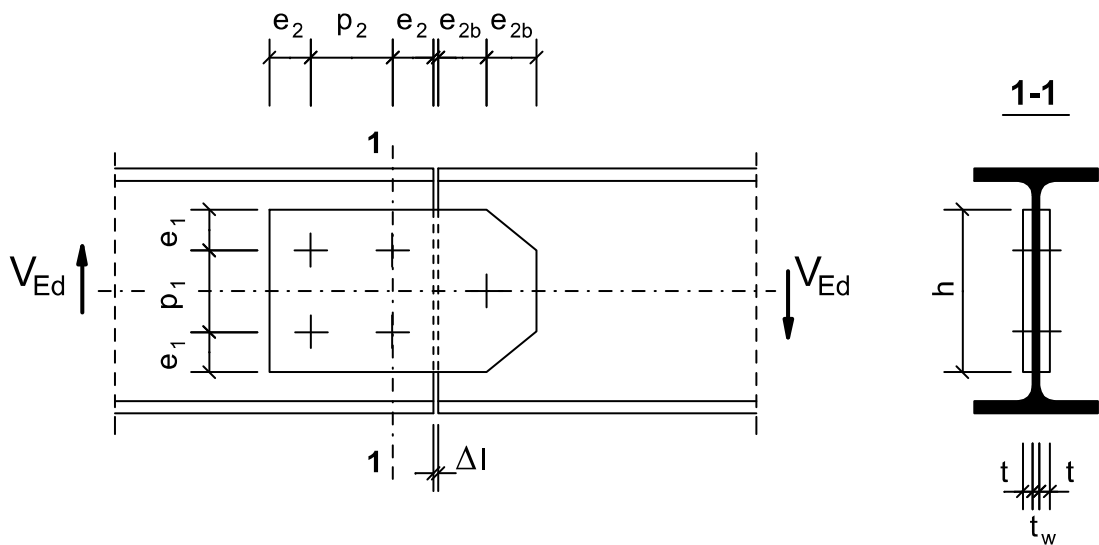
Śrubowany styk przegubowy belki

Zakładkowy śrubowany przegubowy styk belki.

Połączenie kategorii A typu dociskowego.

Sworzeń przyjęto w postaci śruby pasowanej M24.

Sprawdzenie nośności belki w strefie połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.

**Dane geometryczne:**

Belka:

Typ profilu TP =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP =	SEL("EC3_PL/TP; NAME;)	=	IPE 200
Grubość środnika t_w =	TAB("EC3_PL/TP; tw; NAME=OP;)	=	5,6 mm

Śruby:

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Oznaczenie śruby OS1=	SEL("EC3_PL/sruby"; OS;)	=	M 20
Klasa śruby KS1=	SEL("EC3_PL/sruby"; KS;)	=	4.6
Średnica trzpienia śruby d_1 =	TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS1;)	=	20,0 mm
Prześwit w otworze Δd_1 =		=	2,0 mm
Średnica otworu $d_{0,1}$ =	$d_1 + \Delta d_1$	=	22,0 mm

Sworzeń:

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Oznaczenie śruby OS2=	SEL("EC3_PL/sruby"; OS;)	=	M 24
Klasa śruby KS2=	SEL("EC3_PL/sruby"; KS;)	=	4.6
Średnica trzpienia śruby d_2 =	TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS2;)	=	24,0 mm
Prześwit w otworze Δd_2 =		=	0,0 mm
Średnica otworu $d_{0,2}$ =	$d_2 + \Delta d_2$	=	24,0 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność połączenia z 4 śrubami

Siła ścinająca w najbardziej obciążonej śrubie

$$\begin{aligned}
 M &= V_{Ed} \cdot (e_{2b} + \Delta l + e_2 + p_2/2)/10 &= & 520,00 \text{ kNcm} \\
 x &= p_2 / 2 &= & 45,00 \text{ mm} \\
 z &= p_1/2 &= & 40,00 \text{ mm} \\
 I_p &= (4 \cdot x^2 + 4 \cdot z^2)/100 &= & 145,00 \text{ cm}^4 \\
 R_{Ed,v} &= V_{Ed}/4 + M \cdot (x/10)/I_p &= & 26,14 \text{ kN} \\
 R_{Ed,h} &= M \cdot (z/10)/I_p &= & 14,34 \text{ kN} \\
 R_{Ed} &= \sqrt{R_{Ed,v}^2 + R_{Ed,h}^2} &= & \mathbf{29,82 \text{ kN}}
 \end{aligned}$$

Wyznaczenie nośności pojedynczej śruby środkowej:

Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na ścinanie:

$$\text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s = 2$$

Płaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby ($ref_w = 0$), przechodzi ($ref_w = 1$)

$$\text{Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej } ref_w = 0$$

$$\text{Pole trzpienia śruby } A = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby";A;OS=OS1;})*10^{-2} = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\text{Pole części czynnej } A_s = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby";As;OS=OS1;})*10^{-2} = 2,45 \text{ cm}^2$$

$$A = \text{IF}(ref_w=0;A;A_s) = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s \cdot \alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A / \gamma_{M2} = 120,58 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na docisk:

- składowa pionowa nośności

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_{0,1}}; \frac{p_1}{3 \cdot d_{0,1}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,53$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_{0,1}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_{0,1}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{V,b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_1 \cdot \text{MIN}(t_w; 2 \cdot t) / 100 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 42,74 \text{ kN}$$

- składowa pozioma nośności

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_2}{3 \cdot d_{0,1}}; \frac{p_2}{3 \cdot d_{0,1}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 0,53$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_1}{d_{0,1}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_1}{d_{0,1}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{H,b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_1 \cdot \text{MIN}(t_w; 2 \cdot t) / 100 \cdot f_u / \gamma_{M2} = 42,74 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności najbardziej obciążonej śruby na ścinanie:

$$\frac{V_{Ed} / 4}{F_{v,Rd}} = \underline{0,08 < 1}$$

Sprawdzenie nośności najbardziej obciążonej śruby na docisk:

$$\frac{R_{Ed,v}}{F_{v,b,Rd}} = \underline{0,61 < 1}$$

$$\frac{R_{Ed,h}}{F_{H,b,Rd}} = \underline{0,34 < 1}$$

Nośność sworznia

$$\frac{2 * t + t_w}{3 * d_2} = \underline{0,27 < 1}$$

⇒ Połączenie może być projektowane jak połączenie na jedną śrubę.

Nośność na ścinanie:

Liczba płaszczyzn ścinania $n_s = 2$

$A = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby";A;OS=OS2;}) * 10^{-2} = 4,52 \text{ cm}^2$

$\alpha_v = 0,6$

$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 173,57 \text{ kN}$

Nośność na docisk:

$e_{1b} = h/2 = 75,00 \text{ mm}$

$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{1b}}{3 * d_{0,2}}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 1,00$

$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{2b}}{d_{0,2}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$

$F_{b,Rd} = k_1 * \alpha_b * d_2 * \text{MIN}(t_w; 2 * t) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 96,77 \text{ kN}$

Sprawdzenie nośności sworznia na ścinanie i na docisk:

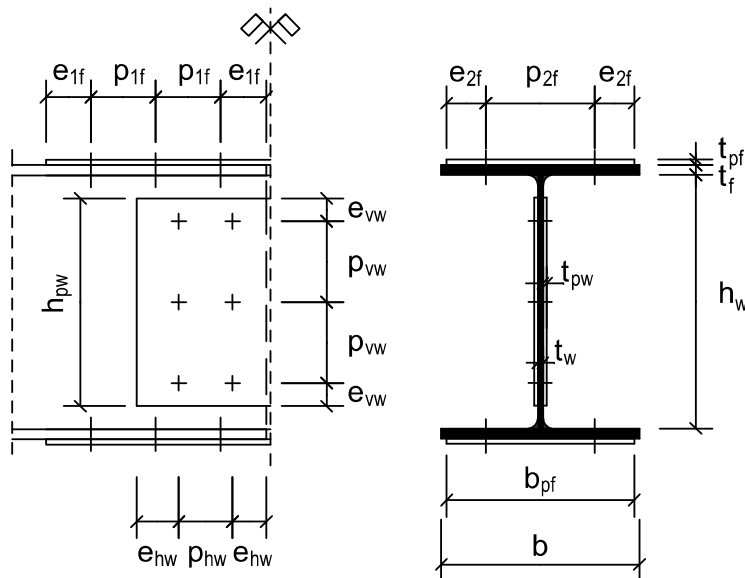
$$\text{MAX}\left(\frac{V_{Ed}}{F_{v,Rd}}; \frac{V_{Ed}}{F_{b,Rd}}\right) = \underline{0,41 < 1}$$

Śrubowany styk uniwersalny

Uniwersalny styk śrubowany zakładkowy.

Rozciągany jest pas dolny belki.

Sprawdzenie nośności na rozerwanie blokowe nie wchodzi w zakres przykładu.

**Obliczeniowe siły wewnętrzne:**

Siła ścinająca $V_{Ed} = 60,75 \text{ kN}$
 Moment zginający $M_{Ed} = 157,95 \text{ kNm}$

Dane geometryczne:

Przekrój belki:

Typ profilu TP =	SEL("EC3_PL/profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie profilu OP =	SEL("EC3_PL/TP; NAME;)	=	IPE 400
Wysokość h =	TAB("EC3_PL/TP; h; NAME=OP;)	=	400,0 mm
Szerokość pasa b =	TAB("EC3_PL/TP; b; NAME=OP;)	=	180,0 mm
Grubość środnika $t_w =$	TAB("EC3_PL/TP; tw; NAME=OP;)	=	8,6 mm
Grubość pasa $t_f =$	TAB("EC3_PL/TP; tf; NAME=OP;)	=	13,5 mm
Promień wyokrąglenia r =	TAB("EC3_PL/TP; r; NAME=OP;)	=	21,0 mm
$h_w =$	$h - 2 * t_f$	=	373,00 mm
A =	TAB("EC3_PL/TP; A; NAME=OP;)	=	84,5 cm ²
$W_y =$	TAB("EC3_PL/TP; W_y; NAME=OP;)	=	1160,0 cm ³
$W_{y,pl} =$	TAB("EC3_PL/TP; W_ypl; NAME=OP;)	=	1307,0 cm ³

Nakładki pasa:

Szerokość $b_{pf} = 160 \text{ mm}$
 Grubość $t_{pf} = 20 \text{ mm}$

Przykładki środnika:

Wysokość $h_{pw} = 310 \text{ mm}$
 Grubość $t_{pw} = 8 \text{ mm}$

Luz montażowy

$\Delta l = 5 \text{ mm}$

Śruby pasa:

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Oznaczenie śruby $OS_f = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/sruby"}; OS;) = M 20$

Klasa śruby $KS_f = \text{SEL}(\text{"EC3_PL/sruby"}; KS;) = 4.6$

Liczba śrub po jednej stronie pasa $n_f = 3$

Średnica trzpienia śruby $d_f = \text{TAB}(\text{"EC3_PL/sruby"}; d; OS = OS_f) = 20,0 \text{ mm}$

Prześwit w otworze $\Delta d_f = 2,0 \text{ mm}$

Średnica otworu $d_{of} = d_f + \Delta d_f = 22,0 \text{ mm}$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i odległości od krawędzi blachy:

Pas:

odległości minimalne:

$$1,2 * d_{of} / e_{1f} = \underline{0,59 \leq 1}$$

$$1,2 * d_{of} / e_{2f} = \underline{0,66 \leq 1}$$

$$2,2 * d_{of} / p_{1f} = \underline{0,60 \leq 1}$$

$$2,4 * d_{of} / p_{2f} = \underline{0,66 \leq 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_{pf}, t_f) = 13,5 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 94,0 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 189,0 \text{ mm}$$

$$e_{1f} / e_{\max} = \underline{0,48 \leq 1}$$

$$e_{2f} / e_{\max} = \underline{0,43 \leq 1}$$

$$p_{1f} / p_{\max} = \underline{0,42 \leq 1}$$

$$p_{2f} / p_{\max} = \underline{0,42 \leq 1}$$

Środek:

odległości minimalne:

$$1,2 * d_{ow} / e_{vw} = \underline{0,43 \leq 1}$$

$$1,2 * d_{ow} / e_{hw} = \underline{0,48 \leq 1}$$

$$2,2 * d_{ow} / p_{vw} = \underline{0,44 \leq 1}$$

$$2,4 * d_{ow} / p_{hw} = \underline{0,54 \leq 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = t_{pw} = 8,0 \text{ mm}$$

$$e_{\max} = 4 * t + 40 = 72,0 \text{ mm}$$

$$p_{\max} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 112,0 \text{ mm}$$

$$e_{vw} / e_{\max} = \underline{0,69 \leq 1}$$

$$e_{hw} / e_{\max} = \underline{0,63 \leq 1}$$

$$p_{vw} / p_{\max} = \underline{0,80 \leq 1}$$

$$p_{hw} / p_{\max} = \underline{0,71 \leq 1}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wyznaczenie nośności pojedynczej śruby środknika:**Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na ścinanie:**

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 2 \\ A &= IF(\text{ref}_w=0; A_w; A_{sw}) = 2,01 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ubw} * A / \gamma_{M2} = 77,18 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczej śruby na docisk:**- składowa pionowa nośności**

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{vw}}{3 * d_{0w}}; \frac{p_{vw}}{3 * d_{0w}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ubw}}{f_u}; 1,0\right) = 0,93 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{hw}}{d_{0w}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{hw}}{d_{0w}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{V,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d_w * \text{MIN}(t_w; 2 * t_{pw}) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 92,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

- składowa pozioma nośności

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{hw}}{3 * d_{0w}}; \frac{p_{hw}}{3 * d_{0w}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ubw}}{f_u}; 1,0\right) = 0,83 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{vw}}{d_{0w}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{vw}}{d_{0w}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{H,b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d_w * \text{MIN}(t_w; 2 * t_{pw}) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 82,23 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności najbardziej obciążonej śruby środknika na ścinanie:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{\underline{0,82 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności najbardziej obciążonej śruby środknika na docisk:

$$\frac{F_{V,v,Ed}}{F_{V,b,Rd}} = \underline{\underline{0,37 < 1}}$$

$$\frac{F_{H,v,Ed}}{F_{H,b,Rd}} = \underline{\underline{0,65 < 1}}$$

Sprawdzenie nośności śrub pasa:

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na ścinanie:

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A &= IF(\text{ref}_f=0; A_{ff}; A_{sf}) = 3,14 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ubf} * A / \gamma_{M2} = 60,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność obliczeniowa pojedynczego łącznika na docisk:

$$\begin{aligned} \alpha_b &= \text{MIN}\left(\frac{e_{1f}}{3 * d_{of}}; \frac{p_{1f}}{3 * d_{of}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ubf}}{f_u}; 1,0\right) = 0,68 \\ k_1 &= \text{MIN}\left(2,8 * \frac{e_{2f}}{d_{of}} - 1,7; 1,4 * \frac{p_{2f}}{d_{of}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5 \\ F_{b,Rd} &= k_1 * \alpha_b * d_f * \text{MIN}(t_f; t_{pf}) / 100 * f_u / \gamma_{M2} = 132,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

Siła przenoszona przez pojedynczą śrubę:

$$F_{Ed} = N_{tf} / (2 * n_f) = 54,95 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na ścinanie:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,91 < 1}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczej śruby na docisk:

$$\frac{F_{Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,42 < 1}$$

Sprawdzenie nośności grupy łączników:

Obliczeniowa nośność grupy łączników

$$F_{gr,v,Rd} = 2 * n_f * \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 361,74 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{tf}}{F_{gr,v,Rd}} = \underline{0,91 < 1}$$

Sprawdzenie czy wymagana jest redukcja nośności obliczeniowej łączników ze względu na długość złącza

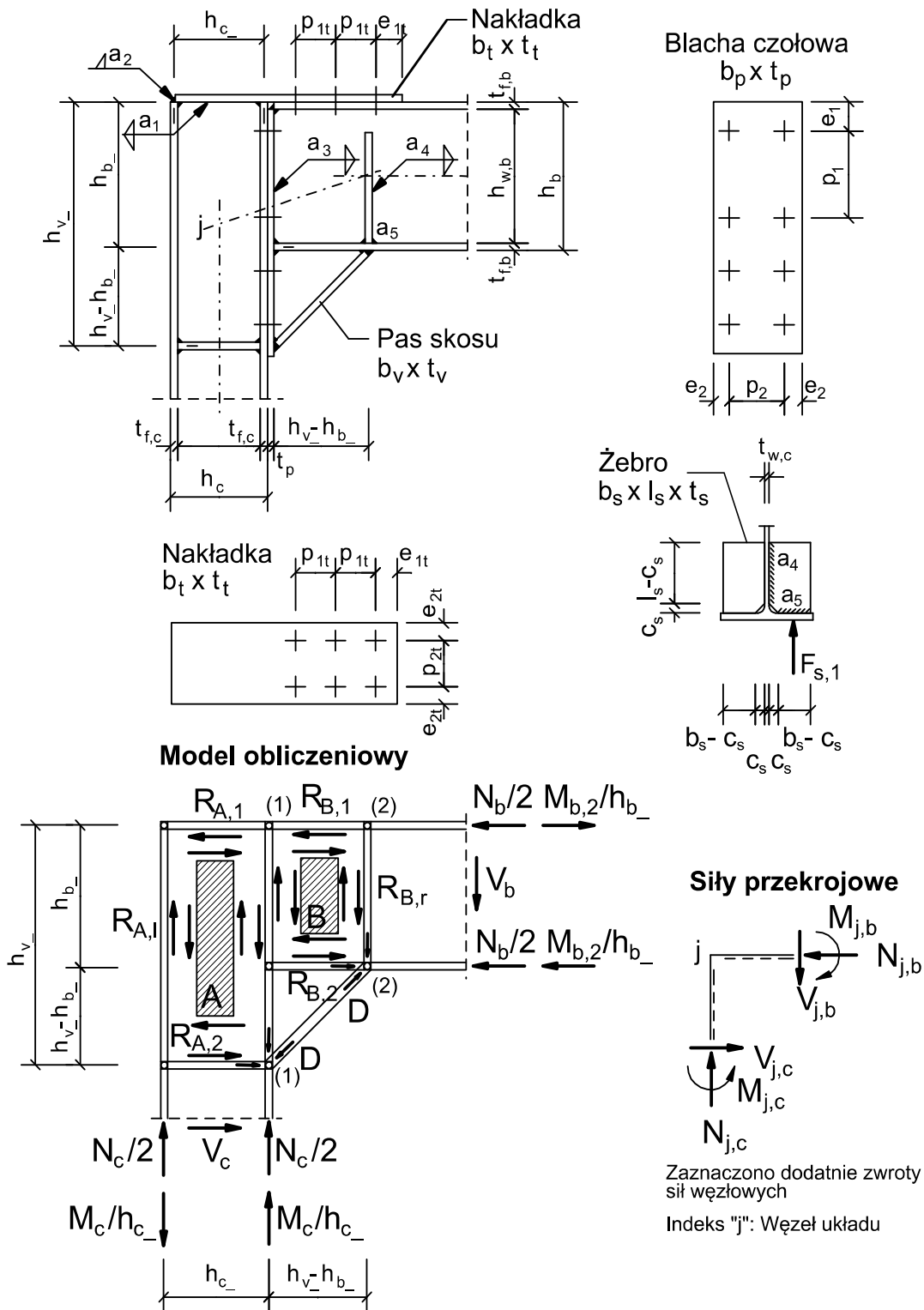
$$(n_f - 1) * p_{1f} / (15 * d_f) = \underline{0,53 \leq 1}$$

Nie ma konieczności redukcji nośności łączników.

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Śrubowany węzeł okapowy ramy ze skosem

Sprawdzenie nośności przekrojowej łączonych elementów oraz sztywności połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.



Dane geometryczno-wytrzymałościowe:

Rygiel:

Typ przekroju TP1 =	SEL("EC3_PL/Profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie przekroju OP1 =	SEL("EC3_PL/TP1; NAME;)	=	IPE 330
Wysokość przekroju h_b =	TAB("EC3_PL/TP1; h;NAME=OP1;)	=	330,00 mm
Szerokość pasa b_b =	TAB("EC3_PL/TP1; b;NAME=OP1;)	=	160,00 mm
Grubość pasa $t_{f,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; t_f;NAME=OP1;)	=	11,50 mm
Grubość środnika $t_{w,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; t_w;NAME=OP1;)	=	7,50 mm
Promień r_b =	TAB("EC3_PL/TP1; r;NAME=OP1;)	=	18,00 mm
Pole A_b =	TAB("EC3_PL/TP1; A; NAME=OP1)	=	62,60 cm ²
$I_{y,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; I_y; NAME=OP1)	=	11770,00 cm ⁴
$h_{b_}$ =	$h_b - t_{f,b}$	=	318,50 mm
d_b =	$h_b - 2*t_{f,b} - 2*r_b$	=	271,00 mm
$h_{w,b}$ =	$h_b - 2*t_{f,b}$	=	307,00 mm

Słup:

Typ profilu TP2 =	SEL("EC3_PL/Profile"; NAME;)	=	HEB
Oznaczenie profilu OP2 =	SEL("EC3_PL/TP2; NAME;)	=	HEB 200
Wysokość przekroju h_c =	TAB("EC3_PL/TP2; h;NAME=OP2;)	=	200,00 mm
Szerokość pasa b_c =	TAB("EC3_PL/TP2; b;NAME=OP2;)	=	200,00 mm
Grubość pasa $t_{f,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; t_f;NAME=OP2;)	=	15,00 mm
Grubość środnika $t_{w,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; t_w;NAME=OP2;)	=	9,00 mm
Promień r_c =	TAB("EC3_PL/TP2; r;NAME=OP2;)	=	18,00 mm
Pole A_c =	TAB("EC3_PL/TP2; A; NAME=OP2)	=	78,10 cm ²
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; I_y; NAME=OP2)	=	5696,00 cm ⁴
$h_{c_}$ =	$h_c - t_{f,c}$	=	185,00 mm
d_c =	$h_c - 2*t_{f,c} - 2*r_c$	=	134,00 mm
$h_{w,c}$ =	$h_c - 2*t_{f,c}$	=	170,00 mm

Skos:

b_v =	150,00 mm
$t_{f,v}$ =	15,00 mm
$t_{w,v}$ =	8,00 mm
$h_{v_}$ =	550,00 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Obliczeniowe siły wewnętrzne:

(Indeksy: "j" - węzeł układu; "b" - rygiel; "c" - słup)

Wartości sił w węźle "j":

$N_{j,c,Ed}$	=	122,00 kN
$V_{j,c,Ed}$	=	54,00 kN
$M_{j,c,Ed}$	=	128,00 kNm
$N_{j,b,Ed}$	=	54,00 kN
$V_{j,b,Ed}$	=	122,00 kN
$M_{j,b,Ed}$	=	128,00 kNm

Wartości sił w przekrojach charakterystycznych:

$N_{c,Ed}$	=	$N_{j,c,Ed}$	=	122,00 kN
$V_{c,Ed}$	=	$V_{j,c,Ed}$	=	54,00 kN
$M_{c,Ed}$	=	$M_{j,c,Ed} - V_{j,c,Ed} * h_{v_}$	/ (2*1000)	= 113,15 kNm
$N_{b,Ed}$	=	$N_{j,b,Ed}$	=	54,00 kN
$V_{b,Ed}$	=	$V_{j,b,Ed}$	=	122,00 kN
$M_{b,1,Ed}$	=	$M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * h_{c_}$	/ (2*1000)	= 116,72 kNm
$M_{b,2,Ed}$	=	$M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * (h_{c_} / 2 + h_{v_} - h_{b_})$	/ 1000	= 88,47 kNm

Panel środkika słupa (A):Siły na przeciwległych krawędziach panelu są sobie równe ($R_{A,o} = R_{A,u}$, $R_{A,l} = R_{A,r}$):

$$R_{A,o} = \frac{M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 - \frac{N_{b,Ed}}{2} = 185,22 \text{ kN}$$

$$R_{A,r} = \frac{M_{c,Ed}}{h_{c_}} * 1000 - \frac{N_{c,Ed}}{2} = 550,62 \text{ kN}$$

Panel środkika rygla (B):Siły na przeciwległych krawędziach panelu są sobie równe ($R_{B,o} = R_{B,u}$, $R_{B,l} = R_{B,r}$):

$$R_{B,o} = \frac{M_{b,2,Ed}}{h_{b_}} * 1000 - \frac{M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 = 65,55 \text{ kN}$$

$$R_{B,r} = \frac{R_{B,o} * h_{b_}}{h_{v_} - h_{b_}} = 90,18 \text{ kN}$$

Siła ściskająca w pasie skosu:

$$D = \sqrt{2} * \left(\frac{M_{j,b,Ed}}{h_{v_} * 10^{-3}} + \frac{N_{b,Ed}}{2} \right) = 367,31 \text{ kN}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Naprężenia styczne w narożu - panel A:

Grubość blachy panelu A jest równa grubości blachy środника słupa.
Przyjęto stały rozkład naprężeń stycznych:

$$\tau_p = \frac{R_{A,o} * 100}{h_{c_} * t_{w,c}} = 11,12 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{A,r} * 100}{h_{v_} * t_{w,c}} = 11,12 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności panelu środnika słupa (A) przy działaniu naprężeń stycznych:

$$\frac{d_c / t_{w,c}}{69 * \varepsilon} = \underline{0,22 < 1}$$

$$\eta = 1,2$$

$$A_{v,c} = \text{MAX}(A_c * 10^2 - 2 * b_c * t_{f,c} + (t_{w,c} + 2 * r_c) * t_{f,c}; \eta * h_{w,c} * t_{w,c}) / 100 = 24,85 \text{ cm}^2$$

$$V_{wpl,Rd} = 0,9 * A_{v,c} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 303,44 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = R_{A,o} = 185,22 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności środnika słupa przy ścinaniu:

$$\frac{|F_{wp,Ed}|}{V_{wpl,Rd}} = \underline{0,61 < 1}$$

Sprawdzenie nośności panelu środnika słupa (A) ze względu na utratę stateczności przy działaniu naprężeń stycznych:

$$\eta = 1,20$$

$$\frac{h_{w,c} / t_{w,c}}{72 * \varepsilon / \eta} = \underline{0,31 < 1}$$

⇒ panel nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy działaniu naprężeń stycznych.

Naprężenia styczne w narożu - panel B:

Grubość blachy panelu B jest równa grubości blachy środnika rygla.
Przyjęto stały rozkład naprężeń stycznych:

$$\tau_p = \frac{R_{B,o} * 100}{(h_{v_} - h_{b_}) * t_{w,b}} = 3,78 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{B,r} * 100}{h_{b_} * t_{w,b}} = 3,78 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności panelu środnika rygla (B) przy działaniu naprężeń stycznych:

$$\frac{d_b / t_{w,b}}{69 * \varepsilon} = \underline{0,52 < 1}$$

$$\eta = 1,2$$

$$A_{v,b} = \text{MAX}(A_b * 10^2 - 2 * b_b * t_{f,b} + (t_{w,b} + 2 * r_b) * t_{f,b}; \eta * h_{w,b} * t_{w,b}) / 100 = 30,80 \text{ cm}^2$$

$$V_{wpl,Rd} = 0,9 * A_{v,b} * \frac{f_y}{\sqrt{3} * \gamma_{M0}} = 376,10 \text{ kN}$$

$$F_{wp,Ed} = R_{B,r} = 90,18 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności środka rygla przy ścinaniu:

$$\frac{|F_{w,p,Ed}|}{V_{w,pl,Rd}} = 0,24 < 1$$

⇒ Warunek spełniony, wzmocnienie panelu B nie jest konieczne

Sprawdzenie nośności panelu środka rygla (B) ze względu na utratę stateczności przy działaniu naprężeń stycznych:

$$\frac{\eta = h_{w,b}/t_{w,b}}{72 * \varepsilon / \eta} = 1,20 = 0,68 < 1$$

⇒ panel nie jest wrażliwy na utratę stateczności przy działaniu naprężeń stycznych.

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Nośność nakładki osłabionej otworami na łączniki:

$$\begin{aligned} A_{t,brut} &= b_t * t_t / 100 &= 19,20 \text{ cm}_t \\ A_{t,net} &= (b_t - 2 * d_{0t}) * t_t / 100 &= 13,92 \text{ cm}_t \\ N_{pl,Rd} &= \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * A_{t,brut} &= 451,20 \text{ kN} \\ N_{u,Rd} &= 0,9 * A_{t,net} * \frac{f_u}{\gamma_{M2}} &= 360,81 \text{ kN} \end{aligned}$$

Nośność nakładki osłabionej otworami na łączniki

$$\begin{aligned} N_{t,Rd} &= \text{MIN}(N_{pl,Rd}; N_{u,Rd}) &= 360,81 \text{ kN} \\ N_t &= M_{b,1,Ed} / (h_{v-} * 10^{-3}) - N_{b,Ed} / 2 &= 185,22 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{|N_t|}{N_{t,Rd}} = 0,51 < 1$$

Nośność połączenia śrubowanego nakładki:

$$\begin{aligned} F_{Ed} &= N_t &= 185,22 \text{ kN} \\ F_{1Ed} &= F_{Ed} / n_t &= 30,87 \text{ kN} \end{aligned}$$

Ścinanie:

$$\begin{aligned} \text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s &= 1 \\ A_1 &= \text{IF}(\text{ref}_t=0; A_t; A_s_t) &= 3,14 \text{ cm}^2 \\ \alpha_v &= 0,6 \\ F_{v,Rd} &= n_s * \alpha_v * f_{ubt} * A_1 / \gamma_{M2} &= 60,29 \text{ kN} \end{aligned}$$

Docisk:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_{1t}}{3 \cdot d_{0t}}; \frac{p_{1t}}{3 \cdot d_{0t}} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ubt}}{f_u}; 1,0\right) = 0,68$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_{2t}}{d_{0t}} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d_t \cdot \text{MIN}(t_{f,b}; t_t) / 100 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 112,61 \text{ kN}$$

Nośność miarodajna pojedynczego łącznika:

$$F_{Rd} = \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 60,29 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności pojedynczego łącznika:

$$F_{1Ed} / F_{Rd} = 0,51 < 1$$

Sprawdzenie nośności grupy łączników:

Obliczeniowa nośność grupy łączników

$$F_{gr,v,Rd} = n_t \cdot \text{MIN}(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}) = 361,74 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{F_{gr,v,Rd}} = 0,51 < 1$$

Sprawdzenie czy wymagana jest redukcja nośności obliczeniowej łączników ze względu na długość złącza

$$(0,5 \cdot n_t - 1) \cdot p_{1t} / (15 \cdot d_t) = 0,70 \leq 1$$

Nie ma konieczności redukcji nośności łączników.

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie żebra usztywniającego rygiel w miejscu połączenia z pasem skosu:**Podział siły obciążającej na część przenoszoną przez żebro i środnik**

$$F_s = \frac{D}{\sqrt{2}} \cdot 2 \cdot \frac{b_s - c_s}{2 \cdot b_s + t_{w,b}} = 176,09 \text{ kN}$$

$$M_s = \frac{b_s + c_s}{4 \cdot 10} \cdot F_s = 396,20 \text{ kNcm}$$

Siła przypadająca na jedno żebro

$$F_{s,1} = F_s / 2 = 88,05 \text{ kN}$$

Siła przenoszona przez środnik

$$F_{w,b,s} = D / \sqrt{2} - 2 \cdot F_{s,1} = 83,63 \text{ kN}$$

$$A_{ss} = (b_s - c_s) \cdot t_s / 100 = 7,50 \text{ cm}^2$$

$$N_{c,Rd} = A_{ss} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 176,25 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności żebra na docisk

$$\frac{|F_{s,1}|}{N_{c,Rd}} = \underline{0,50 < 1}$$

Sprawdzenie nośności spoiny "poziomej" żebra a₅:

$$\frac{a_{min}}{a_5} = \underline{0,60 \leq 1}$$

$$l_{min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$l_{w5} = 2 \cdot b_s - c_s = 120,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{min}}{l_{w5}} = \underline{0,25 \leq 1}$$

$$f_{w,Rd} = \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 36,00 \text{ kN/cm}^2$$

$$A_{w5} = a_5 \cdot (b_s - c_s) / 100 = 2,50 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{p,Ed} = \frac{F_{s,1} / \sqrt{2}}{2 \cdot A_{w5}} = 12,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{p,Ed} = \tau_{p,Ed} = 12,45 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{p,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{p,Ed}^2)} = 24,90 \text{ N/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,69 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{p,Ed}}{0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}} = \underline{0,48 < 1}$$

Sprawdzenie nośności spoiny "pionowej" żebra a₄:

$$A_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s) / 100 = 10,80 \text{ cm}^2$$

$$W_{w4} = 2 \cdot a_4 \cdot (l_s - c_s)^2 / (6 \cdot 1000) = 32,40 \text{ cm}^3$$

$$\tau_{r,Ed} = \frac{0,5 \cdot F_s}{A_{w4}} = 8,15 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{p,Ed} = \frac{M_s / \sqrt{2}}{W_{w4}} = 8,65 \text{ N/cm}^2$$

$$\sigma_{p,Ed} = \tau_{p,Ed} = 8,65 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{\sigma_{p,Ed}^2 + 3 \cdot (\tau_{r,Ed}^2 + \tau_{p,Ed}^2)} = 21,76 \text{ N/cm}^2$$

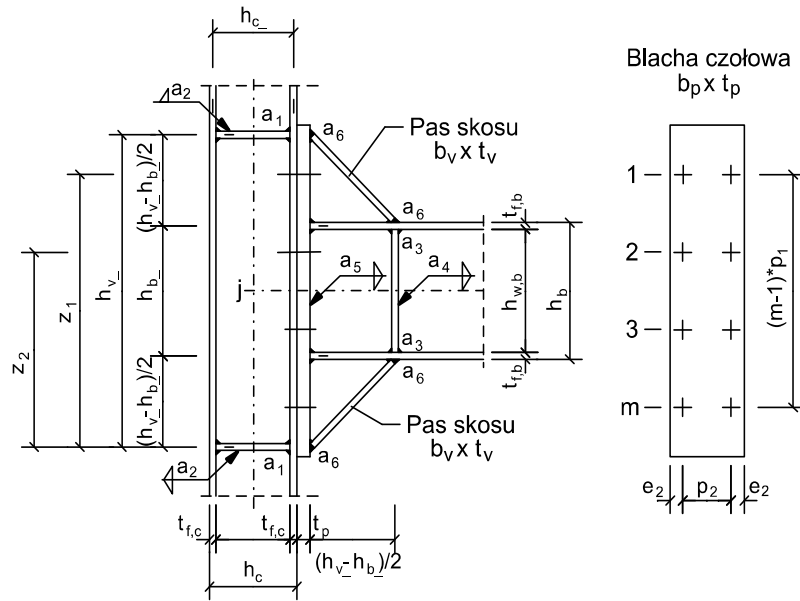
Sprawdzenie nośności:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,60 < 1}$$

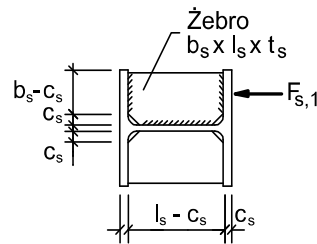
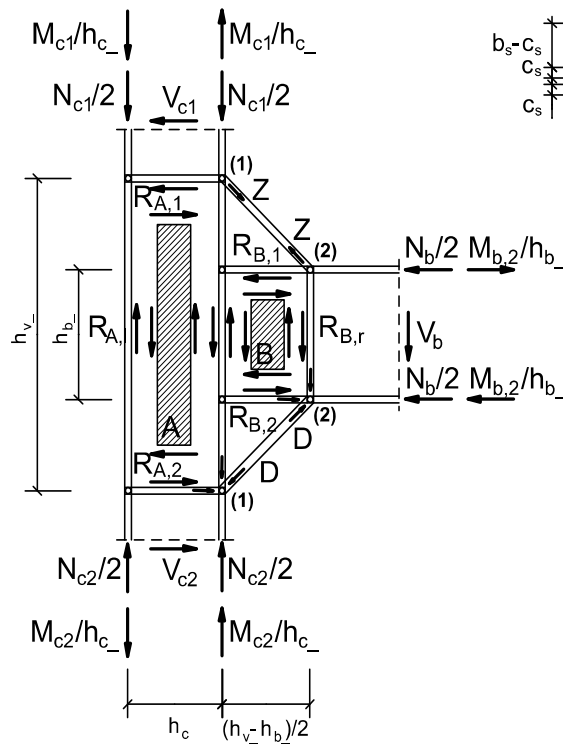
$$\frac{\sigma_{p,Ed}}{0,9 \cdot f_u / \gamma_{M2}} = \underline{0,33 < 1}$$

Śrubowany węzeł ramy z podwójnym skosem

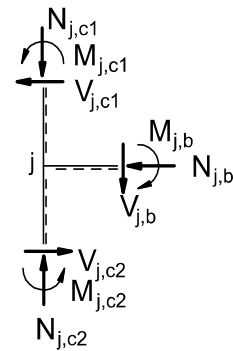
Sprawdzenie nośności przekrojowej łączonych elementów oraz sztywności połączenia nie wchodzi w zakres przykładu.



Model obliczeniowy



Siły przekrojowe



Zaznaczono dodatnie zwroty sił przekrojowych

Indeks "j": Węzeł układu

Dane geometryczno-wytrzymałościowe:

Rygiel:

Typ przekroju TP1 =	SEL("EC3_PL/Profile"; NAME;)	=	IPE
Oznaczenie przekroju OP1 =	SEL("EC3_PL/TP1; NAME;)	=	IPE 400
Wysokość przekroju h_b =	TAB("EC3_PL/TP1; h;NAME=OP1;)	=	400,00 mm
Szerokość pasa b_b =	TAB("EC3_PL/TP1; b;NAME=OP1;)	=	180,00 mm
Grubość pasa $t_{f,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; t_f;NAME=OP1;)	=	13,50 mm
Grubość środnika $t_{w,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; t_w;NAME=OP1;)	=	8,60 mm
Promień r_b =	TAB("EC3_PL/TP1; r;NAME=OP1;)	=	21,00 mm
Pole A_b =	TAB("EC3_PL/TP1; A; NAME=OP1)	=	84,50 cm ²
$I_{y,b}$ =	TAB("EC3_PL/TP1; I_y; NAME=OP1)	=	23130,00 cm ⁴
$h_{b_}$ =	$h_b - t_{f,b}$	=	386,50 mm
d_b =	$h_b - 2*t_{f,b} - 2*r_b$	=	331,00 mm
$h_{w,b}$ =	$h_b - 2*t_{f,b}$	=	373,00 mm

Słup:

Typ profilu TP2 =	SEL("EC3_PL/Profile"; NAME;)	=	HEB
Oznaczenie profilu OP2 =	SEL("EC3_PL/TP2; NAME;)	=	HEB 300
Wysokość przekroju h_c =	TAB("EC3_PL/TP2; h;NAME=OP2;)	=	300,00 mm
Szerokość pasa b_c =	TAB("EC3_PL/TP2; b;NAME=OP2;)	=	300,00 mm
Grubość pasa $t_{f,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; t_f;NAME=OP2;)	=	19,00 mm
Grubość środnika $t_{w,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; t_w;NAME=OP2;)	=	11,00 mm
Promień r_c =	TAB("EC3_PL/TP2; r;NAME=OP2;)	=	27,00 mm
Pole A_c =	TAB("EC3_PL/TP2; A; NAME=OP2)	=	149,00 cm ²
$I_{y,c}$ =	TAB("EC3_PL/TP2; I_y; NAME=OP2)	=	25170,00 cm ⁴
$h_{c_}$ =	$h_c - t_{f,c}$	=	281,00 mm
d_c =	$h_c - 2*t_{f,c} - 2*r_c$	=	208,00 mm
$h_{w,c}$ =	$h_c - 2*t_{f,c}$	=	262,00 mm

Skos:

b_v =	180,00 mm
$t_{f,v}$ =	15,00 mm
$t_{w,v}$ =	8,00 mm
$h_{v_}$ =	800,00 mm

Śruby:

Kategoria połączenia A: połączenie typu dociskowego

Oznaczenie śruby OS =	SEL("EC3_PL/sruby"; OS;)	=	M 24
Klasa śruby KS =	SEL("EC3_PL/sruby"; KS;)	=	5.6
Liczba śrub (parzysta) n =		=	8
Średnica trzpienia śruby d =	TAB("EC3_PL/sruby";d;OS = OS)	=	24,0 mm
Prześwit w otworze Δd =		=	2,0 mm
Średnica otworu d_0 =	$d + \Delta d$	=	26,0 mm

Płaszczyzna ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby (ref = 0), przechodzi (ref = 1)

Płaszczyzna ścinania w części nagwintowanej ref =

		=	0
Pole trzpienia śruby A =	TAB("EC3_PL/sruby";A;OS=OS;)*10 ⁻²	=	4,52 cm ²
Pole części czynnej A_s =	TAB("EC3_PL/sruby";As;OS=OS;)*10 ⁻²	=	3,53 cm ²

Blacha czołowa:

Szerokość b_p =	210,00 mm
Grubość t_p =	30,00 mm

Ramię z_1 :

Szereg_1 z_1 =	700,00 mm
Szereg_2 z_2 =	500,00 mm
Szereg_3 z_3 =	0,00 mm
Szereg_4 z_4 =	0,00 mm

Rozstaw śrub na blasze czołowej:

Rozstaw p_1 =	200,00 mm
Rozstaw p_2 =	120,00 mm
Odległość czołowa e_1 =	115,00 mm

$$\text{Odległość boczna } e_2 = \frac{b_p - p_2}{2} = 45,00 \text{ mm}$$

Żebra słupa:

Szerokość b_{s1} =	100,00 mm
Wysokość l_{s1} =	$h_c - 2 \cdot t_{f,c}$ = 262,00 mm
Grubość t_{s1} =	15,00 mm
Podcięcie c_{s1} =	30,00 mm

Żebra ryglu:

Szerokość b_{s2} =	85,00 mm
Wysokość l_{s2} =	$h_b - 2 \cdot t_{f,b}$ = 373,00 mm
Grubość t_{s2} =	15,00 mm
Podcięcie c_{s2} =	25,00 mm

Spoiny:

a_1 =	7,00 mm
a_2 =	4,00 mm
a_3 =	7,00 mm
a_4 =	4,00 mm
a_5 =	4,00 mm
a_6 =	$t_{f,v}$ = 15,00 mm

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wartości sił w przekrojach charakterystycznych:

Indeksy: "j" - węzeł układu; "b" - rygiel; "c" - słup; "1" - przekrój 1-1 rygla; "2" - przekrój 2-2 rygla

$$\begin{aligned}
 N_{b,Ed} &= N_{j,b,Ed} &= 90,00 \text{ kN} \\
 V_{b,Ed} &= V_{j,b,Ed} &= 60,00 \text{ kN} \\
 M_{b,1,Ed} &= M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * h_{c_} / (2*1000) &= 231,57 \text{ kNm} \\
 M_{b,2,Ed} &= M_{j,b,Ed} - V_{j,b,Ed} * 0,5 * (h_{c_} + h_{v_} - h_{b_}) / 1000 &= 219,16 \text{ kNm} \\
 N_{c1,Ed} &= N_{j,c1,Ed} &= 150,00 \text{ kN} \\
 V_{c1,Ed} &= V_{j,c1,Ed} &= 60,00 \text{ kN} \\
 M_{c1,Ed} &= M_{j,c1,Ed} - V_{j,c1,Ed} * h_{v_} / (2*1000) &= 56,00 \text{ kNm} \\
 N_{c2,Ed} &= N_{j,c2,Ed} &= 210,00 \text{ kN} \\
 V_{c2,Ed} &= V_{j,c2,Ed} &= 150,00 \text{ kN} \\
 M_{c2,Ed} &= M_{j,c2,Ed} - V_{j,c2,Ed} * h_{v_} / (2*1000) &= 100,00 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Panel środkika słupa (A):Siły na przeciwnych krawędziach panelu są sobie równe ($R_{A,1} = R_{A,2}$, $R_{A,l} = R_{A,r}$):

$$\begin{aligned}
 R_{A,r} &= \frac{M_{c1,Ed} + M_{c2,Ed}}{h_{c_}} * 1000 - \frac{V_{b,Ed}}{2} &= 525,16 \text{ kN} \\
 R_{A,1} &= R_{A,r} * \frac{h_{c_}}{h_{v_}} &= 184,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Panel środkika rygla (B):Siły na przeciwnych krawędziach panelu są sobie równe ($R_{B,1} = R_{B,2}$, $R_{B,l} = R_{B,r}$):

$$\begin{aligned}
 R_{B,1} &= \frac{M_{b,2,Ed}}{h_{b_}} * 1000 - \frac{M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 &= 277,58 \text{ kN} \\
 R_{B,r} &= \frac{2 * M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 - V_{b,Ed} &= 518,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Siła ściskająca D i rozciągająca Z w pasie skosu:

$$\begin{aligned}
 D &= \left(\frac{M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 + 0,5 * N_{b,Ed} \right) * \sqrt{2} &= 473,00 \text{ kN} \\
 Z &= \left(\frac{M_{b,1,Ed}}{h_{v_}} * 1000 - 0,5 * N_{b,Ed} \right) * \sqrt{2} &= 345,72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Siły rozciągające w śrubach:

maksymalna siła rozciągająca w szeregu najbardziej oddalnym od środka ściskania:

$$F_{t,max,Ed} = \frac{(1000 * M_{b,1,Ed} - 0,5 * N_{b,Ed} * h_{v_}) * z_1}{z_1^2 + z_2^2 + z_3^2 + z_4^2} &= 185,00 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w pojedynczej śrubie szeregu nr 1:

$$F_{t,1,Ed} = \frac{F_{t,max,Ed}}{2} &= 92,50 \text{ kN}$$

Siła rozciągająca w pojedynczej śrubie szeregów nr 1-4:

$$F_{t,2,Ed} = F_{t,1,Ed} * \frac{z_2}{z_1} &= 66,07 \text{ kN}$$

$$F_{t,3,Ed} = F_{t,1,Ed} * \frac{z_3}{z_1} &= 0,00 \text{ kN}$$

$$F_{t,4,Ed} = F_{t,1,Ed} * \frac{z_4}{z_1} &= 0,00 \text{ kN}$$

Sprawdzenie przyjętego rozstawu śrub i ich odległości od krawędzi:**Błacha czołowa:**

odległości minimalne:

$$1,2 * d_0 / e_1 = \underline{0,27 < 1}$$

$$1,2 * d_0 / e_2 = \underline{0,69 < 1}$$

$$2,2 * d_0 / p_1 = \underline{0,29 < 1}$$

$$2,4 * d_0 / p_2 = \underline{0,52 < 1}$$

odległości maksymalne:

$$t = \text{MIN}(t_p; t_{f,c}) = 19,0 \text{ mm}$$

$$e_{\text{max}} = 4 * t + 40 = 116,0 \text{ mm}$$

$$p_{\text{max}} = \text{MIN}(14 * t; 200) = 200,0 \text{ mm}$$

$$e_1 / e_{\text{max}} = \underline{0,99 \leq 1}$$

$$e_2 / e_{\text{max}} = \underline{0,39 \leq 1}$$

$$p_1 / p_{\text{max}} = \underline{1,00 \leq 1}$$

$$p_2 / p_{\text{max}} = \underline{0,60 \leq 1}$$

Naprężenia styczne w narożu - panel A:

Grubość blachy panelu A jest równa grubości blachy środka śłupa.

Przyjęto stały rozkład naprężeń stycznych:

$$\tau_p = \frac{R_{A,1} * 100}{h_{c-} * t_{w,c}} = 5,97 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{pr} = \frac{R_{A,r} * 100}{h_{v-} * t_{w,c}} = 5,97 \text{ kN/cm}^2$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności połączenia śrubowanego:

Założono, że moment zginający przenoszą jedynie śruby powyżej osi rygla, natomiast siłę poprzeczną śruby poniżej osi rygla.

Ścinanie:

$$\text{Liczba płaszczyzn ścinania } n_s = 1$$

$$A = \text{IF}(\text{ref}=0; A; A_s) = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_v = 0,6$$

$$F_{v,Rd} = n_s * \alpha_v * f_{ub} * A / \gamma_{M2} = 108,48 \text{ kN}$$

$$F_{v,Ed} = V_{b,Ed} / (n/2) = 15,00 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,14 < 1}$$

Docisk:

$$\alpha_b = \text{MIN}\left(\frac{e_1}{3 \cdot d_0}; \frac{p_1}{3 \cdot d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u}; 1,0\right) = 1,00$$

$$k_1 = \text{MIN}\left(2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7; 2,5\right) = 2,5$$

$$F_{b,Rd} = k_1 \cdot \alpha_b \cdot d \cdot \text{MIN}(t_{f,c}; t_p) / 100 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 446,88 \text{ kN}$$

$$F_{b,Ed} = V_{b,Ed} / (n/2) = 15,00 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} = \underline{0,03 < 1}$$

Sprawdzenie nośności spoiny czołowej pasa skosu a₆:

$$\sigma_{m,Ed} = \frac{Z}{b_v \cdot t_{f,v}} \cdot 100 = 12,80 \text{ kN/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_{m,Ed}}{\gamma_{M0} \cdot f_y} = \underline{0,36 < 1}$$

Sprawdzenie nośności spoiny pomiędzy blachą czołową a środkiem rygla a₅:

Spoiny pachwinowe w obszarze skosu zostały pominięte w obliczeniach.

$$\text{Grubość minimalna } a_{\min} = 3,00 \text{ mm}$$

$$a_{\min} / a_5 = \underline{0,75 \leq 1}$$

$$l_{\min} = \text{MAX}(6 \cdot a_5; 30) = 30,00 \text{ mm}$$

$$\frac{l_{\min}}{h_b - 2 \cdot t_{f,b}} = \underline{0,08 < 1}$$

$$l_{\text{eff},a5} = h_b - 2 \cdot t_{f,b} - 2 \cdot r_b = 331,00 \text{ mm}$$

$$A_{w,a5} = 2 \cdot a_5 \cdot l_{\text{eff},a5} / 100 = 26,48 \text{ cm}^2$$

$$\tau_{II,Ed} = \frac{V_{b,Ed}}{A_{w,a5}} = 2,27 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{w,Ed} = \sqrt{3 \cdot (\tau_{II,Ed})^2} = 3,93 \text{ kN/cm}^2$$

Sprawdzenie nośności:

$$\frac{\sigma_{w,Ed}}{f_{w,Rd}} = \underline{0,09 < 1}$$

Blacha czołowa w strefie rozciągania:**Szereg śrub nr 1**wewnętrzny szereg śrub przy pasie rozciągany
blacha czołowa węższa od pasa słupa

$$e_{\min} = e_2 = 45,00 \text{ mm}$$

Odległość boczna

$$e = e_2 = 45,00 \text{ mm}$$

Odległość osi śruby od lica spoiny

$$m = \frac{p_2 - t_{w,b}}{2} - 0,8 \cdot a_5 \cdot \sqrt{2} = 51,17 \text{ mm}$$

Odległość osi śruby od osi pasa skosu

$$m_2 = 2 * \left(\frac{h_b - t_{f,b}}{2} + \frac{h_{v,-} - h_{b,-}}{2} \right) - z_1 = 100,00 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = \frac{m}{m + e} = 0,53$$

$$\lambda_2 = \frac{m_2}{m + e} = 1,04$$

Wartość współczynnika α odczytano z rys.6.11 EC3-1-8

$$\alpha = 5,2$$

Długości efektywne króćca teowego blachy czołowej - szereg rozważany jako pojedynczy:

$$l_{\text{eff,nc}} = \alpha * m = 266,08 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = 2 * \pi * m = 321,51 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc}}; l_{\text{eff,cp}}) = 266,08 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 266,08 \text{ mm}$$

M_{pl} blachy czołowej

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = \frac{l_{\text{eff,1}}}{4} * t_p^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = 2125,31 \text{ kNcm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = \frac{l_{\text{eff,2}}}{4} * t_p^2 * \frac{f_y}{\gamma_{M0}} * 10^{-3} = 2125,31 \text{ kNcm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{\text{min}}; 1,25 * m) = 45,00 \text{ mm}$$

Nośność śruby na rozciąganie

$$k_2 = 0,90$$

$$F_{\text{t,Rd}} = \frac{f_{\text{ub}}}{\gamma_{M2}} * k_2 * A_s = 127,08 \text{ kN}$$

Nośność króćca teowego blachy czołowej 1-go szeregu śrub:

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m / 10} = 1661,37 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + (n_e / 10) * 2 * F_{\text{t,Rd}}}{(m + n_e) / 10} = 560,92 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 2 * F_{\text{t,Rd}} = 254,16 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}}; F_{\text{T,2,Rd}}; F_{\text{T,3,Rd}}) = 254,16 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności króćca teowego blachy czołowej 1-go szeregu śrub

$$\frac{F_{\text{t,1,Ed}}}{F_{\text{T,Rd}}} = 0,36 < 1$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności króćca teowego pasa słupa 1-go szeregu śrub

$$\frac{F_{t,1,Ed}}{F_{T,Rd}} = \underline{0,36 < 1}$$

Szereg śrub nr 2 - rozważany jako pojedynczy

inny wewnętrzny szereg śrub

blacha czołowa węższa od pasa słupa

$$e_{\min} = e_2 = 45,00 \text{ mm}$$

$$e = e_2 + 0,5 \cdot (b_c - b_p) = 90,00 \text{ mm}$$

Odległość osi śruby od lica spoiny

$$m = \frac{p_2 - t_{w,c}}{2} - 0,8 \cdot r_c = 32,90 \text{ mm}$$

Długości efektywne króćca teowego pasa słupa - szereg nr 2 rozważany jako pojedynczy:

$$l_{\text{eff},nc} = 4 \cdot m + 1,25 \cdot e = 244,10 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},cp} = 2 \cdot \pi \cdot m = 206,72 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1} = \text{MIN}(l_{\text{eff},nc}; l_{\text{eff},cp}) = 206,72 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2} = l_{\text{eff},nc} = 244,10 \text{ mm}$$

Długości efektywne króćca teowego pasa słupa - szereg nr 2 rozważany jako grupa:

$$l_{\text{eff},nc2} = p_1 = 200,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},cp2} = 2 \cdot p_1 = 400,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},1,g2} = \text{MIN}(l_{\text{eff},nc2}; l_{\text{eff},cp2}) = 200,00 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff},2,g2} = l_{\text{eff},nc2} = 200,00 \text{ mm}$$

 M_{pl} pasa słupa

$$M_{pl,1,Rd} = \frac{l_{\text{eff},1}}{4} \cdot t_{f,c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot 10^{-3} = 662,31 \text{ kNcm}$$

$$M_{pl,2,Rd} = \frac{l_{\text{eff},2}}{4} \cdot t_{f,c}^2 \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} \cdot 10^{-3} = 782,07 \text{ kNcm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{\min}; 1,25 \cdot m) = 41,13 \text{ mm}$$

Nośność śruby na rozciąganie

$$k_2 = 0,90$$

$$F_{t,Rd} = \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \cdot k_2 \cdot A_s = 127,08 \text{ kN}$$

Nośność króćca teowego pasa słupa 2-go szeregu śrub:

$$F_{T,1,Rd} = \frac{4 \cdot M_{pl,1,Rd}}{m / 10} = 805,24 \text{ kN}$$

$$F_{T,2,Rd} = \frac{2 \cdot M_{pl,2,Rd} + (n_e / 10) \cdot 2 \cdot F_{t,Rd}}{(m + n_e) / 10} = 352,49 \text{ kN}$$

$$F_{T,3,Rd} = 2 \cdot F_{t,Rd} = 254,16 \text{ kN}$$

$$F_{T,Rd} = \text{MIN}(F_{T,1,Rd}; F_{T,2,Rd}; F_{T,3,Rd}) = \underline{254,16 \text{ kN}}$$

Sprawdzenie nośności króćca teowego pasa słupa 2-go szeregu śrub

$$\frac{F_{t,2,Ed}}{F_{T,Rd}} = \underline{0,26 < 1}$$

Szeregi śrub nr 1 i nr 2 - rozważane jako grupa śrub

Długości efektywne króćca teowego pasa słupa

$$l_{\text{eff,nc}} = l_{\text{eff,nc1}} + l_{\text{eff,nc2}} = 424,70 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,cp}} = l_{\text{eff,cp1}} + l_{\text{eff,cp2}} = 606,72 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,1}} = \text{MIN}(l_{\text{eff,nc}}; l_{\text{eff,cp}}) = 424,70 \text{ mm}$$

$$l_{\text{eff,2}} = l_{\text{eff,nc}} = 424,70 \text{ mm}$$

 M_{pl} pasa słupa

$$M_{\text{pl,1,Rd}} = \frac{l_{\text{eff,1}}}{4} * t_{\text{f,c}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} * 10^{-3} = 1360,69 \text{ kNcm}$$

$$M_{\text{pl,2,Rd}} = \frac{l_{\text{eff,2}}}{4} * t_{\text{f,c}}^2 * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} * 10^{-3} = 1360,69 \text{ kNcm}$$

$$n_e = \text{MIN}(e_{\text{min}}; 1,25 * m) = 41,13 \text{ mm}$$

Nośność śruby na rozciąganie

$$k_2 = 0,90$$

$$F_{\text{t,Rd}} = \frac{f_{\text{ub}}}{\gamma_{\text{M2}}} * k_2 * A_s = 127,08 \text{ kN}$$

Nośność króćca teowego pasa słupa dla grupy śrub szeregów nr 1 i nr 2:

$$F_{\text{T,1,Rd}} = \frac{4 * M_{\text{pl,1,Rd}}}{m / 10} = 1654,33 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,2,Rd}} = \frac{2 * M_{\text{pl,2,Rd}} + (n_e / 10) * 4 * F_{\text{t,Rd}}}{(m + n_e) / 10} = 650,02 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,3,Rd}} = 4 * F_{\text{t,Rd}} = 508,32 \text{ kN}$$

$$F_{\text{T,Rd}} = \text{MIN}(F_{\text{T,1,Rd}}; F_{\text{T,2,Rd}}; F_{\text{T,3,Rd}}) = 508,32 \text{ kN}$$

Sprawdzenie nośności króćca teowego pasa słupa dla grupy śrub szeregów nr 1 i nr 2

$$\frac{F_{\text{t,1,Ed}} + F_{\text{t,2,Ed}}}{F_{\text{T,Rd}}} = 0,31 < 1$$

Wymiarowanie żebra poprzecznego środka słupa:

Siła ściskająca w dolnym żebrze słupa

$$F_{\text{s1}} = 2 * (F_{\text{t,1,Ed}} + F_{\text{t,2,Ed}} + F_{\text{t,3,Ed}} + F_{\text{t,4,Ed}}) + N_{\text{b,Ed}} = 407,14 \text{ kN}$$

Rozdział siły obciążającej na części prznoszone przez środek i żebra

Siła przejmowana przez obydwie żebra składowe:

$$F_s = F_{\text{s1}} * 2 * \frac{b_{\text{s1}} - c_{\text{s1}}}{2 * b_{\text{s1}} + t_{\text{w,c}}} = 270,14 \text{ kN}$$

Siła przypadająca na jedno żebro

$$F_{\text{s,1}} = F_s / 2 = 135,07 \text{ kN}$$

Siła przejmowana przez środek

$$F_{\text{w,c,s}} = F_{\text{s1}} - 2 * F_{\text{s,1}} = 137,00 \text{ kN}$$

$$A_s = (b_{\text{s1}} - c_{\text{s1}}) * t_{\text{s1}} / 100 = 10,50 \text{ cm}^2$$

$$N_{\text{c,Rd}} = A_s * \frac{f_y}{\gamma_{\text{M0}}} = 372,75 \text{ kN}$$

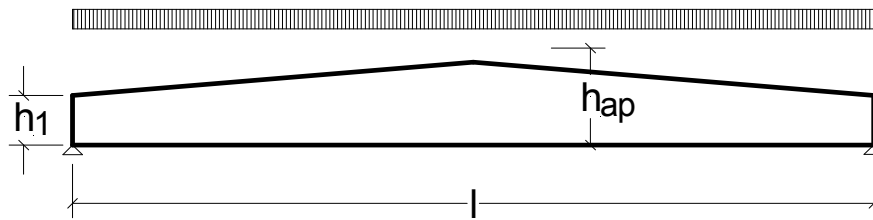
Sprawdzenie nośności na docisk pojedynczego żebra

$$\frac{|F_{\text{s,1}}|}{N_{\text{c,Rd}}} = 0,36 < 1$$

Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Dźwigary GL

Dźwigar dwutrapezowy symetryczny**Geometria przekrycia:**

Rozpiętość l =	18,0 mm
Wysokość dźwigara na podporze h_1 =	720,0 mm
Wysokość dźwigara w kalenicy h_{ap} =	1670,0 mm
Szerokość b =	200,0 mm
Wstępne wygięcie konstrukcyjne w_c =	30 mm
Kąt nachylenia połąci:	
$\alpha = \text{ATAN}((h_{ap} - h_1) * 10^{-3} / (l / 2))$	= 6,0 °

Oddziaływania/obciążenia:

ciężar własny g_k =	5,00 kN/m
obciążenie śniegiem $q_{s,k}$ =	5,00 kN/m

Dane materiałowe:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	drewno klejone
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	GL24h
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	= 1
klasa trwania obciążenia KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	krótkotrwałe
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED)	= 0,90

$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fmk; FK=FK)	= 24,00 N/mm ²
$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fvk; FK=FK)	= 3,50 N/mm ²
$f_{t,90,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; ft90k; FK=FK)	= 0,50 kN/m ²
$f_{c,90,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fc90k; FK=FK)	= 2,70 N/mm ²
ρ_k =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK)	= 380 kg/m ³

$E_{0,mean}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK)	= 11600 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; E005; FK=FK)	= 9670 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("EC5_pl/mat"; Gmean; FK=FK)	= 720 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_pl/mat"; G05; FK=FK)	= 600 N/mm ²

współczynnik bezpieczeństwa γ_M = 1,30

Charakterystyki przekroju i siły wewnętrzne:

x =	$\frac{l * h_1}{2 * h_{ap}}$	= 3,88 m
h_x =	$h_1 * (2 - h_1 / h_{ap})$	= 1129,6 mm
$W_{y,hx}$ =	$b * h_x^2 / 6$	= 42533*10 ³ mm ³
W_{ap} =	$b * h_{ap}^2 / 6$	= 92963*10 ³ mm ³
$M_{G,k,x}$ =	$0,5 * g_k * x * (l - x)$	= 136,96 kNm

$$M_{Qs,k,x} = 0,5 * q_{s,k} * x * (l - x) = 136,96 \text{ kNm}$$

$$M_{d,x} = 1,35 * M_{G,k,x} + 1,5 * M_{Qs,k,x} = 390,34 \text{ kNm}$$

$$V_d = (1,35 * g_k + 1,5 * q_{s,k}) * l / 2 = 128,25 \text{ kN}$$

Maksymalne naprężenia przy zginaniu w kalenicy dźwigara:

$$M_{G,k,ap} = g_k * \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$M_{Qs,k,ap} = q_{s,k} * \frac{l^2}{8} = 202,50 \text{ kNm}$$

$$M_{ap,d} = 1,35 * M_{G,k,ap} + 1,5 * M_{Qs,k,ap} = 577,13 \text{ kNm}$$

Wytrzymałości obliczeniowe poszczególnych właściwości:

$$k_{hy} = \text{IF}(\rho_k \leq 700 \text{ AND } h_1 < 150; \text{MIN}((150/h_1)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,0$$

$$k_{hy} = \text{IF}(BS \neq \text{"GL"}; k_{hy}; \text{IF}(h_1 < 600; \text{MIN}((600/h_1)^{0,1}; 1,1); 1)) = 1,0$$

$$f_{m,d} = k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} * k_{mod} / \gamma_M = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} * f_{t,90,k} / \gamma_M = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

Wymiarowanie:

Ścinanie

Wyznaczenie zredukowanej siły ścinającej na podporze:

$$V_{d,red} = \frac{V_d}{l} * \left(l - \left(\frac{l}{2} + h_1 \right) * 10^{-3} \right) = 123,06 \text{ kN}$$

$$h_{red} = h_1 * (h_{ap} - h_1) / (l / 2 * 10^3 - h_1) + h_1 = 802,6 \text{ mm}$$

$$A_{red} = b * h_{red} = 161 * 10^3 \text{ mm}^2$$

$$k_{cr} = \text{IF}(BS = \text{"drewno iglaste"}; 0,67; \text{IF}(BS = \text{"drewno klejone"}; 0,67; 1)) = 0,67$$

$$\tau_{d,red} = 1,5 * \frac{V_{d,red} * 10^3}{k_{cr} * A_{red}} = 1,71 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} = f_{v,k} * k_{mod} / \gamma_M = 2,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d,red} / f_{v,d} = \underline{\underline{0,71 \leq 1}}$$

Naprężenia przy zginaniu na krawędzi równoległej do włókien (w punkcie x)

$$\sigma_{m,0,d} = M_{d,x} * 10^6 / W_{y,hx} = 9,18 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,0,d} / f_{m,d} = \underline{\underline{0,55 \leq 1}}$$

Naprężenia przy zginaniu na krawędzi ściskanej pod kątem α (w punkcie x)

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \sigma_{m,0,d} = 9,18 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{m,d}}{1,5 * f_{v,d}} * \tan(\alpha) \right)^2 + \left(\frac{f_{m,d} * (\tan(\alpha))^2}{f_{c,90,d}} \right)^2}} = 0,898$$

$$\sigma_{m,\alpha,d} / (k_{m,\alpha} * f_{m,d}) = \underline{\underline{0,62 \leq 1}}$$

Naprężenia normalne w kalenicy

$$k_1 = 1 + 1,4 * \text{TAN}(\alpha) + 5,4 * (\text{TAN}(\alpha))^2 = 1,207$$

$$\sigma_{m,d} = k_1 * \frac{M_{ap,d} * 10^6}{W_{ap}} = 7,49 \text{ N/mm}_2$$

$$\sigma_{m,d} / f_{m,d} = \underline{0,45 \leq 1}$$

Maksymalne naprężenia rozciągające w kalenicy

$$V_b = 1/2 * h_{ap} * b * 10^{-6} + 1/2 * h_1 * b * 10^{-6} = 4,302 \text{ m}^3$$

$$V = \text{MIN}(h_{ap} * (h_{ap} - 0,25 * h_{ap} * \text{TAN}(\alpha)) * b * 10^{-9}; 2/3 * V_b) = 0,543 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} = 1,40$$

$$k_{vol} = (0,01 / V)^{0,2} = 0,450$$

$$\sigma_{t,90,d} = 0,2 * \text{TAN}(\alpha) * \frac{M_{ap,d}}{W_{ap}} * 10^6 = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,90,d} / (k_{dis} * k_{vol} * f_{t,90,d}) = \underline{0,59 \leq 1}$$

⇒ niespełnienie tego warunku wymaga wzmocnienia strefy kalenicowej

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

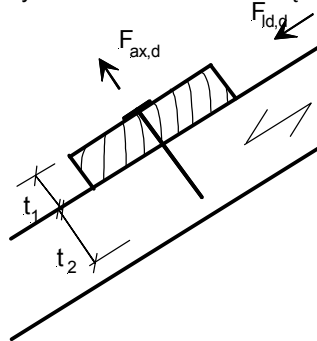
Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Wybrane elementy konstrukcji drewnianej

Mocowanie poszycia dachu przy użyciu gwoździ

gwoździe gładkie, osadzone bez nawiercania otworów,
zalecane kryteria czasu trwania obciążenia KLED - krótko i średniotwale

**Dane wyjściowe:**

grubość deski $t_1 = 28,0$ mm
wysokość krokwi $t = 200,0$ mm

Obciążenie:

obciążenie zestawione na kierunki w punkcie ...

$F_{ax,Ed} = 100,0$ N
 $F_{v,Ed} = 450,0$ N

Materiał:

materiał BS = SEL("EC5_pl/mat"; B; B="drewno iglaste;) = drewno iglaste
klasa drewna FK = SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS) = C24
klasa użytkowania NK = SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS) = 1
KLED = SEL("EC5_pl/mod"; K;) = krótkotwale
 $k_{mod} =$ TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED) = 0,90
 $\rho_k =$ TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK) = 350 kg/m³

wsp.bezpieczeństwa właściwości materiału $\gamma_M = 1,30$

gwoździe (np. wartości z aprobat technicznych lub dane producenta):
średnica główki goździa d_h - jeżeli nie znasz zostanie niżej założona

gwoździe wg załączonej bazy VM (lub Twojej własnej bazy)

typ łącznika Typ = SEL("EC5_pl/VM"; Typ; Typ="gwoździe gładkie"; N=1) = gwoździe gładkie
wymiary $d_{xl} =$ SEL("EC5_pl/VM"; Bez; Typ=Typ; $d \leq 6$) = 4.2x100
ilość łączników $n = 1$
średnica $d =$ TAB ("EC5_pl/VM"; d; Bez=d_{xl}) = 4,20 mm
długość $l =$ TAB ("EC5_pl/VM"; l; Bez=d_{xl}) = 100 mm
długość nagwintowana $l_G =$ TAB ("EC5_pl/VM"; l_g; Bez=d_{xl}) = 0 mm
minimalna dł.nagwintowania $l_{Gmin} = 4,5 \cdot d = 19$ mm
 $f_{u,k} =$ TAB("EC5_pl/VM"; f_{uk}; Bez=d_{xl}) = 600 N/mm²

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie gwoździ obciążonych poprzecznie i osiowo

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,89} \leq 1$$

$$f_{h1k} = f_{h,k} = 18,66 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{h2k} = f_{h,k} = 18,66 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = M_{y,Rk} = 7511,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = 1,00$$

sprawdzenie nośności jednego łącznika na jedno cięcie

$$F_{v,Rk1} = (f_{h1k} * t_1 * d) = 2194,4160 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) = 1885,1628 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) = 978,8129 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) = 1983,8398 \text{ N}$$

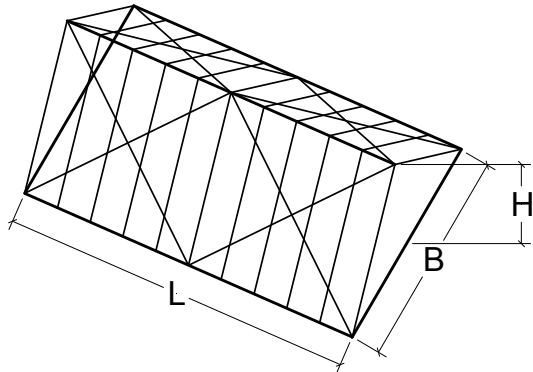
$$F_{v,Rk6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h1k} * d} = 1085,04 \text{ N}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(F_{v,Rk1}; F_{v,Rk2}; F_{v,Rk3}; 1,05 * F_{v,Rk4}; 1,05 * F_{v,Rk5}; 1,15 * F_{v,Rk6}) = 1027,75 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{mod} / \gamma_M = 711,52 \text{ N}$$

Sprawdzenie:**Sprawdzenie gwoździ obciążonych poprzecznie i osiowo**

$$\frac{F_{ax,Ed}}{F_{ax,Rd}} + \frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} = \underline{0,83} \leq 1$$

Wiatrownice stalowe**Dane wyjściowe (patrz szkic):**

szerokość budynku B =	10,00 m
długość budynku L =	12,80 m
wysokość H =	4,20 m
liczba zwiatrowań n =	2

Obciążenia i współczynniki obciążenia wiatrem:

$q_p =$	0,80 kN/m ²
współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pe,D} =$	0,80
współczynnik ciśnienia zewnętrznego $c_{pe,S} =$	-0,50

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Wymiarowanie:

$$w_k = \frac{1}{n} * (c_{pe,D} * q_p - c_{pe,S} * q_p) = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

Obciążenie jest przyjmowane na każdej połowce połaci. Wynikiem jest trójkątne obciążenie ze swoim maksimum w kalenicy.

nachylenie połaci:

$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{H}{B/2} \right) = 40,03^\circ$$

$$\text{długość krokwi } l_S = \frac{H}{\sin(\alpha)} = 6,53 \text{ m}$$

obciążenie połaci

$$w_{k,o} = 0,5 * w_k * H * \text{COS}(\alpha) = 0,84 \text{ kN/m}$$

obciążenie w kalenicy:

$$F_{h,k,F} = 2 * l_S * 1/3 * w_{k,o} = 3,66 \text{ kN}$$

nachylenie taśmy na połąci / rozciąganie w taśmie stężącej:

$$\alpha_{WR} = \arctan\left(\frac{l_s}{L/n}\right) = 45,58^\circ$$

$$F_{t,h,WR} = 0,5 \cdot \frac{F_{h,k,F}}{\cos(\alpha_{WR})} = 2,61 \text{ kN}$$

sprawdzenie nośności taśmy (uproszczona ocena):

$$\frac{F_{t,h,WR}}{R_{t,d}} = \underline{0,19 \leq 1}$$

wymiarowanie gwoździ:

$$M_{y,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/VM";Myk;Bez=dxl}) = 6617 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot \rho_k \cdot d^{-0,3} = 18,93 \text{ N/mm}^2$$

typ blachy - 1 blacha cienka; 2 blacha gruba; 3 pośrednia

$$\text{typ} = 0,5 \cdot d = 2,00 \text{ mm}$$

$$\text{typ blachy TB} = \text{IF}(0,5 \cdot d > t; 1; \text{IF}(t > d; 2; 3)) = 3$$

$$\text{głębokość osadzenia (pracująca w drewnie)} \quad t_1 = l_{gw} - t = 48,0 \text{ mm}$$

$$\text{wsp.bezpieczeństwa właściwości materiału} \quad \gamma_M = 1,30$$

1) złącze jednocięte z udziałem cienkiej płyty stalowej z pominięciem ewektu liny $F_{ax,Rk}$

$$R_{k11} = (0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d) \cdot 10^{-3} = 1,45 \text{ kN}$$

$$R_{k12} = 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,k} \cdot f_{h,k} \cdot d} \cdot 10^{-3} = 1,15 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12}) = 1,15 \text{ kN}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

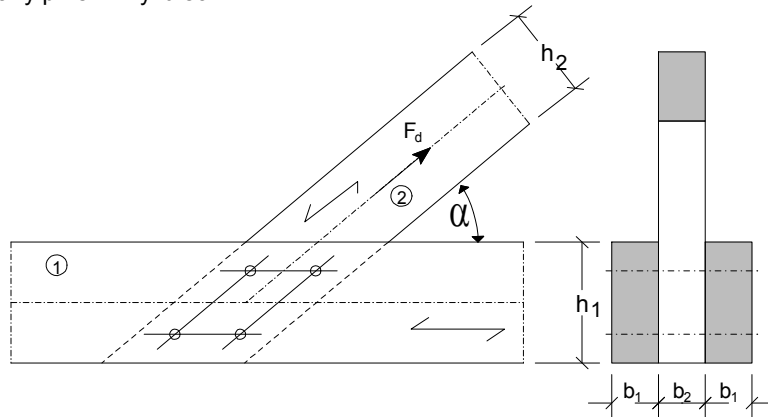
Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Połączenia przegubowe

Połączenie na gwoździe; elementów drewnianych

połączenie DREWNO-DREWNO; dla łączników jednociętych dwustronnie wbijanych
węzeł rozciągany przez krzyżulec



UWAGA: rysunek poglądowy - układu gałęzi i ich zagłębienia przykładowe, co do ilości łączników przekroju należy wkleić rysunek własnego węzła

Dane wyjściowe:**1- pas dolny dwugałęziowy:**

szerokość b_1 =	60 mm	
wysokość h_1 =	240 mm	
Materiał Mat_1 =	SEL("EC5_pl/mat";B;)	= drewno iglaste
klasa wytrzymałościowa FK_1 =	SEL("EC5_pl/mat";FK;B=Mat ₁)	= C24
ρ_{k1} =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK ₁)	= 350 kg/m ³

2- krzyżulec jednogałęziowy:

szerokość b_2 =	80 mm	
wysokość h_2 =	160 mm	
Materiał Mat_2 =	SEL("EC5_pl/mat";B;)	=drewno iglaste
klasa wytrzymałościowa FK_2 =	SEL("EC5_pl/mat";FK;B=Mat ₂)	= C24
ρ_{k2} =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK ₂)	= 350 kg/m ³

Łączniki:

typ łącznika Typ =	SEL("EC5_pl/VM";Typ;N<3)	gwoździe gładkie
wielkość d_{xl} =	SEL("EC5_pl/VM";Bez;Typ=Typ)	= 4.2x120
średnica d =	TAB("EC5_pl/VM";d;Bez=d _{xl})	= 4,20 mm
długość l_S =	TAB("EC5_pl/VM";l;Bez=d _{xl})	= 120 mm
długość cz.nagwintowanej l_G =	TAB("EC5_pl/VM";lg;Bez=d _{xl})	= 0,00 mm
liczba łączników (z każdej strony) n =	24	
liczba łączników w przekroju netto n_n =	4	

Określenie warunków użytkowania:

klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N;)	= 1
klasa trwania obciążenia $KLED$ =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	krótkotrwałe
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; kmod;N=NK; K=KLED)=	0,90
wsp.bezpieczeństwa właściwości materiałów γ_M =		1,30

Oddziaływania i ich kierunki:

siła w pręcie F_d =	30,00 kN
kąt nachylenia siły α =	38 °

Wymiarowanie (analiza):

gwoździe należy umieszczać w nawierconych uprzędnio otworach, jeżeli grubość elementu jest mniejsza niż ($b_{1,gr}$ dla elementów wrażliwych na pęknięcia; $b_{2,gr}$ dla pozostałych):

$$b_{1,gr} = \text{MAX}(14*d; (13*d - 30)*\rho_{k1} / 200) = 58,8 \text{ mm}$$

$$b_{2,gr} = \text{MAX}(7*d; (13*d - 30)*\rho_{k2} / 400) = 29,4 \text{ mm}$$

$$\text{przekrój } A_2 = b_2*h_2 = 12800,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{przekrój netto } A_n = \text{IF}(d>6; b_1*h_1 - b_1*\eta_n*d; A_2) = 12800,0 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{\text{abs}\left(\frac{F_d}{2}\right) * 10^3}{A_n} = 1,17 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat";ft0k;FK=FK}_1) = 14,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,0,d} = f_{t,0,k} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 9,69 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat";fc0k;FK=FK}_1) = 21,00 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/VM";fuk;Bez=dxl}) = 600,00 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,3*f_{u,k}*d^{2,6} = 7511,40 \text{ Nmm}$$

$$\text{grubość drewna } t_1 = b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{gęstość dr. } \rho_{k,1} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat";rhok;FK=FK}_1) = 350,00 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{h1k} = 0,082*\rho_{k,1}*d^{-0,3} = 18,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{grubość drewna } t_2 = l_S - b_1 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{gęstość dr. } \rho_{k,2} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat";rhok;FK=FK}_2) = 350,00 \text{ kg/m}^3$$

$$f_{h2k} = 0,082*\rho_{k,2}*d^{-0,3} = 18,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{współczynnik proporcji } \beta = \frac{f_{h2k}}{f_{h1k}} = 1,00$$

$$F_{v,Rk1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 4,7023 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} = (f_{h2k} * t_2 * d) * 10^{-3} = 4,7023 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2\right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1}\right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1}\right) \right) * 10^{-3} = 1,9478 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 1,6902 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 1,0851 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(F_{v,Rk1}; F_{v,Rk2}; F_{v,Rk3}; 1,05 * F_{v,Rk4}; 1,05 * F_{v,Rk5}; 1,15 * F_{v,Rk6}) = 1,25 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,87 \text{ kN}$$

Sprawdzenie:

Połączenie:

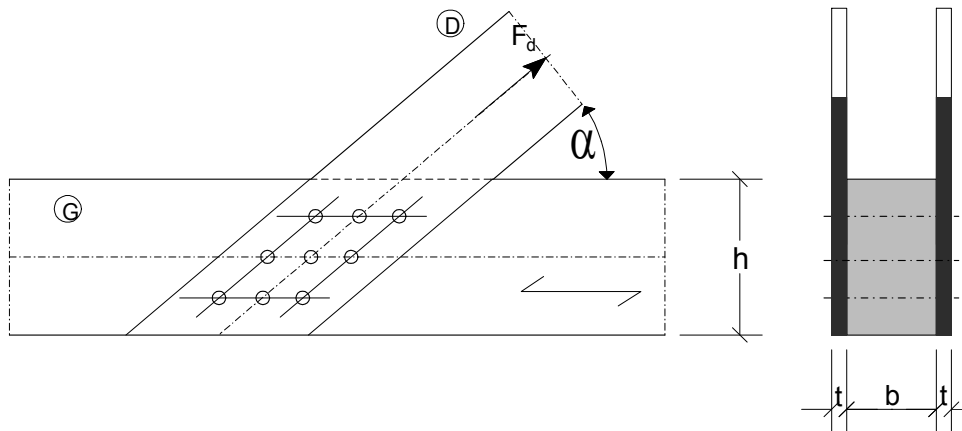
$$\begin{aligned} \text{siła przypadająca na krzyżulec } S_d &= \text{ABS}(F_d) &= & 30,00 \text{ kN} \\ \text{nośność } n \text{ łączników } R_d &= F_{v,Rd} * 2 * n &= & 41,76 \text{ kN} \\ \text{sprawdzenie: } & \frac{S_d}{R_d} &= & \underline{0,72 < 1} \end{aligned}$$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Połączenie na gwoździe typu drewno-stal (nakładki stalowe)

połączenie jednocięte na nakładki stalowe; gwoździe okrągłe gładkie;

Udział "efektu liny" dla gwoździ został zaniedbany (założenie po stronie bezpiecznej)



UWAGA: *rysunek poglądowy* - układu gałęzi i ich zagłębienia przykładowe, co do ilości łączników przekroju należy wkleić rysunek własego węzła

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Sprawdzenie nośności:

Gwoździe okrągłe gładkie

$$M_{y,k} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 3410 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 20,44 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{głębokość osadzenia (pracująca w drewnie)} \quad t_1 \text{ MIN}(b; l_S - t) = 62,0 \text{ mm}$$

nośność charakterystyczna gwoździ, odniesiona do jednego łącznika i do jednej płaszczyzny ścinania, z uwzględnieniem minimalnych rozstawów łączników,

typ blachy - 1 blacha cienka; 2 blacha gruba; 3 pośrednia

$$\text{typ} = 0,5 * d = 1,55 \text{ mm}$$

$$\text{typ blachy TB} = \text{IF}(0,5 * d > t; 1; \text{IF}(t > d; 2; 3)) = 2$$

1) złącze jednocięte z udziałem cieńszej płyty stalowej z pominięciem efektu liny $F_{ax,Rk}$

$$R_{k11} = (0,4 * f_{h,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 1,57 \text{ kN}$$

$$R_{k12} = 1,15 * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h,k} * d} * 10^{-3} = 0,76 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,1} = \text{MIN}(R_{k11}; R_{k12};) = 0,76 \text{ kN}$$

2) złącze jednoczęte z udziałem grubej płyty stalowej z pominięciem efektu liny $F_{ax,Rk}$:

$$R_{k13} = (f_{h,k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 3,93 \text{ kN}$$

$$R_{k14} = \left(f_{h,k} * t_1 * d * \left(\sqrt{2 + \frac{4 * M_{y,k}}{f_{h,k} * d * t_1^2} - 1} \right) \right) * 10^{-3} = 1,70 \text{ kN}$$

$$R_{k15} = 2,3 * \sqrt{M_{y,k} * f_{h,k} * d} * 10^{-3} = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk,2} = \text{MIN}(R_{k13}; R_{k14}; R_{k15}) = 1,07 \text{ kN}$$

3) interpolacja liniowa pomiędzy 1 i 2

$$F_{v,Rk} = \text{IF}(t < 0,5 * d; F_{v,Rk,1}; \text{IF}(t > d; F_{v,Rk,2}; F_{v,Rk,1} + (F_{v,Rk,2} - F_{v,Rk,1}) * (t/d - 0,5))) = 1,07 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = F_{v,Rk} * k_{\text{mod}} / \gamma_M = 0,74 \text{ kN}$$

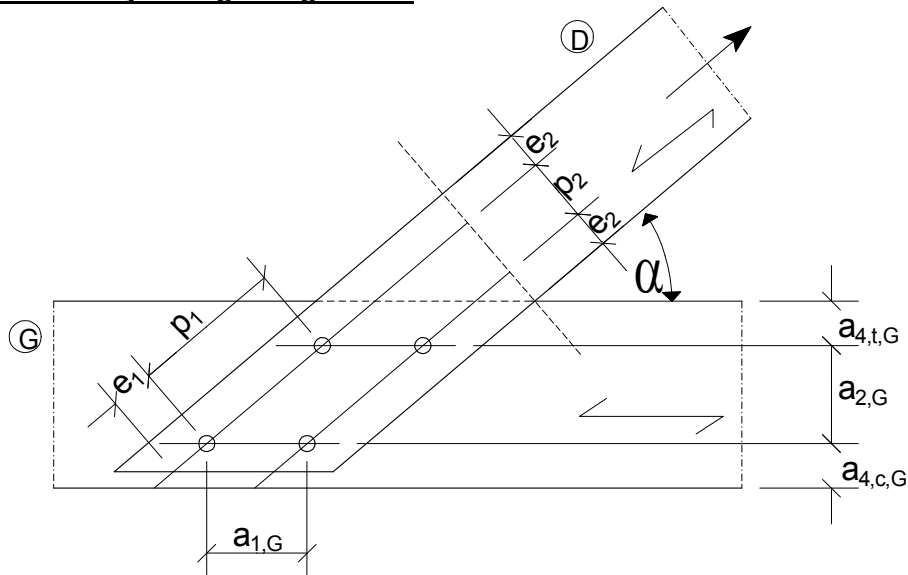
Sprawdzenie:

$$\text{siła w pręcie } S_d = F_d = 30,00 \text{ kN}$$

$$\text{nośność } n \text{ łączników } R_d = F_{v,Rd} * 2 * n = 29,60 \text{ kN}$$

$$\text{sprawdzenie: } \frac{S_d}{R_d} = \underline{1,01 < 1}$$

Minimalne rozstawy i odległości gwoździ:



Rozstawy i odległości $a_1 - a_4$:

$$a_{11,\text{min}} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 5 * \text{COS}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 8 * \text{COS}(\alpha)) * d)) = 26 \text{ mm}$$

$$a_{12,\text{min}} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 7 * \text{COS}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 8 * \text{COS}(\alpha)) * d)) = 31 \text{ mm}$$

$$a_{1,G} = \text{IF}(d < 5; a_{11,\text{min}}; a_{12,\text{min}}) * 0,7 = 18 \text{ mm}$$

$$a_{2,G} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; 5 * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; 7 * d)) * 0,7 = 11 \text{ mm}$$

$$a_{4,c,G} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; 5 * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; 7 * d)) = 16 \text{ mm}$$

$$a_{41,\text{min}} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 2 * \text{SIN}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 2 * \text{SIN}(\alpha)) * d)) = 20 \text{ mm}$$

$$a_{42,\text{min}} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 5 * \text{SIN}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 5 * \text{SIN}(\alpha)) * d)) = 26 \text{ mm}$$

$$a_{4,t,G} = \text{IF}(d < 5; a_{41,\text{min}}; a_{42,\text{min}}) = 20 \text{ mm}$$

Blacha

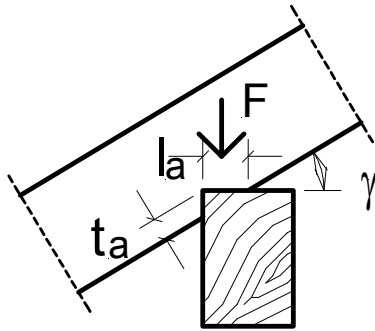
$$e_2 = 1,5 * (d + 1) = 6,2 \text{ mm}$$

$$p_2 = a_{1,G} * \text{SIN}(\alpha) = 12,7 \text{ mm}$$

Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Połączenia ciesielskie

Podparcie krokwi**Opis geometrii:**

szerokość krokwi b_{Kr} =	80,0 mm
kąt nachylenia krokwi γ =	30,0 °
głębokość podcięcia t_a =	30,0 mm

Materiał:**Krokiew:**

rodzaj materiału BS_{Kr} =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	drewno iglaste
klasa materiału FK_{Kr} =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B= BS_{Kr})	= C24

Płatew:

rodzaj materiału BS_P =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	= drewno klejone
klasa materiału FK_P =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B= BS_P)	= GL24h

klasa użytkowania NK = SEL("EC5_pl/mod"; N; B= BS_{Kr}) = 1

klasa trwania obciążenia $KLED$ = SEL("EC5_pl/mod"; K;) krótkotrwałe
 k_{mod} = TAB("EC5_pl/mod"; k_{mod} ; B= BS_{Kr} ; K= $KLED$) = 0,90

$f_{c,0,k,Kr}$ = TAB("EC5_pl/mat"; $fc0k$; FK= FK_{Kr}) = 21,00 N/mm²

$f_{c,90,k,Kr}$ = TAB("EC5_pl/mat"; $fc90k$; FK= FK_{Kr}) = 2,50 N/mm²

$f_{v,k,Kr}$ = TAB("EC5_pl/mat"; fvk ; FK= FK_{Kr}) = 4,00 N/mm²

$f_{c,0,k,P}$ = TAB("EC5_pl/mat"; $fc0k$; FK= FK_P) = 24,00 N/mm²

$f_{c,90,k,P}$ = TAB("EC5_pl/mat"; $fc90k$; FK= FK_P) = 2,70 N/mm²

$f_{v,k,P}$ = TAB("EC5_pl/mat"; fvk ; FK= FK_P) = 3,50 N/mm²

współczynnik bezpieczeństwa γ_M = 1,30

Obciążenie:

F_d = 6,95 kN

Analiza:

l_a = $t_a / \sin(\gamma)$ = 60,0 mm

zalecenia dot. KROKWI:

dla $\gamma \leq 50^\circ$ dotyczy h_{min} = $4 * t_a$ = 120,0 mm

dla $\gamma > 60^\circ$ dotyczy h_{min} = $6 * t_a$ = 180,0 mm

$50^\circ < \gamma \leq 60^\circ$ dotyczy h_{min} = $4 * t_a / (1 - (\gamma - 50)/30)$ = 72,0 mm

KROKIEW:

oznaczenie parametrów wytrzymałościowych:

$$f_{c,0,d,Kr} = k_{mod} * f_{c,0,k,Kr} / \gamma_M = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d,Kr} = k_{mod} * f_{c,90,k,Kr} / \gamma_M = 1,73 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d,Kr} = k_{mod} * f_{v,k,Kr} / \gamma_M = 2,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\alpha = 90 - \gamma = 60,0^\circ$$

$$k_{c,90,Kr} = IF(BS_{Kr}="drewno iglaste"; 1,50;1,75) = 1,50$$

$$k_{c,90,Kr} = IF(BS_{Kr}="drewno liściaste"; 1,0;k_{c,90,Kr}) = 1,50$$

$$f_{c,\alpha,d,Kr} = \frac{f_{c,0,d,Kr}}{\frac{f_{c,0,d,Kr}}{k_{c,90,Kr} * f_{c,90,d,Kr}} * \sin(\alpha)^2 + \cos(\alpha)^2} = 3,27 \text{ N/mm}^2$$

wyznaczenie naprężeń:

$$l_{a,ef,Kr} = \frac{t_a}{\sin(\gamma)} + 2 * 30 * \cos(\gamma) = 112,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,\alpha,d,Kr} = \frac{F_d * 10^3}{l_{a,ef,Kr} * b_{Kr}} = 0,78 \text{ N/mm}^2$$

Nośność przekroju:

$$\sigma_{c,\alpha,d,Kr} / f_{c,\alpha,d,Kr} = \underline{\underline{0,24 \leq 1}}$$

Platew:

oznaczenie parametrów wytrzymałościowych:

$$\alpha = 90^\circ$$

$$k_{c,90,P} = IF(BS_P="drewno iglaste"; 1,50;1,75) = 1,75$$

$$k_{c,90,P} = IF(BS_P="drewno liściaste"; 1,0;k_{c,90,P}) = 1,75$$

$$f_{c,90,d,P} = k_{mod} * f_{c,90,k,P} / \gamma_M = 1,87 \text{ N/mm}^2$$

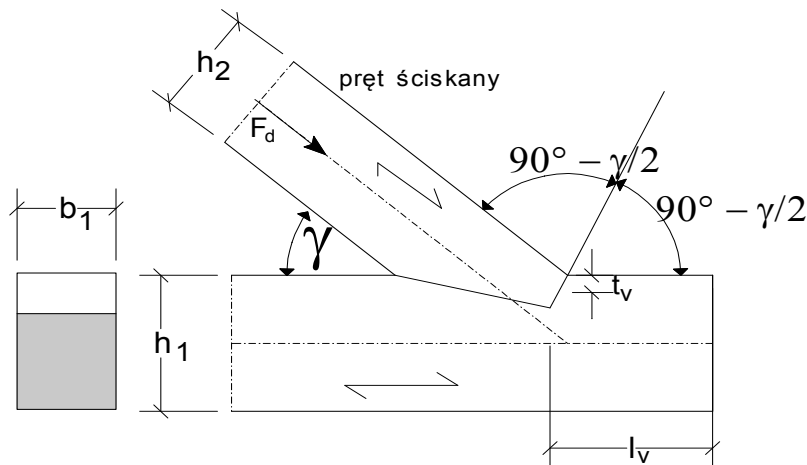
wyznaczenie naprężeń:

$$l_{ef,P} = b_{Kr} + 2 * 30 = 140,0 \text{ mm}$$

$$\sigma_{c,90,d,P} = \frac{F_d * 10^3}{l_a * l_{ef,P}} = 0,83 \text{ N/mm}^2$$

nośność przekroju:

$$\frac{\sigma_{c,90,d,P}}{k_{c,90,P} * f_{c,90,d,P}} = \underline{\underline{0,25 \leq 1}}$$

Wrąb czołowy pojedynczy po dwusiecznej (np. połączenie krokiew - tram)**Charakterystyka węzła:**

Pas (tram):

wysokość $h_1 = 200 \text{ mm}$ szerokość $b_1 = 150 \text{ mm}$

Pręt ściskany (krokiew):

wysokość $h_2 = 140 \text{ mm}$ szerokość $b_2 = 140 \text{ mm}$ głębokość wrębu $t_v = 45,0 \text{ mm}$ długość ścinanej płaszczyzny $l_v = 200 \text{ mm} \geq 200$ kąt w węźle $\gamma = 40,00^\circ$ **Materiał:**

rodzaj drewna BS = SEL ("EC5_pl/mat"; B;) drewno iglaste

klasa drewna FK = SEL ("EC5_pl/mat"; FK; B=BS) = C24

klasa użytkowania NK = SEL ("EC5_pl/mod"; N; B=BS) = 1

klasa trwania obciążenia KLED = SEL ("EC5_pl/mod"; K;) krótkotrwałe

 $k_{mod} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED}) = 0,90$ $f_{c,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK}) = 21,00 \text{ N/mm}^2$ $f_{c,90,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fc90k; FK=FK}) = 2,50 \text{ N/mm}^2$ $f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fvk; FK=FK}) = 4,00 \text{ N/mm}^2$ częściowy wsp. bezpieczeństwa $\gamma_M = 1,30$ **Wartość siły w krokwi:** $F_{\alpha,d} = 49,30 \text{ kN}$

Analiza (obliczenia):

Weryfikacja ograniczeń geometrycznych:

$$\begin{aligned} \alpha &= \gamma / 2 & &= 20,00^\circ \\ t_{v,max} &= IF(\gamma \leq 50; h_1/4; IF(\gamma < 60; h_1/4 * (1 - (\gamma - 50)/30); h_1/6)) & &= 50,00 \text{ mm} \\ t_v / t_{v,max} & & &= \underline{0,90 \leq 1} \\ l_{v,max} &= 8 * t_v & &= 360 \text{ mm} \\ l_v &= IF(l_{v,max} < l_v; l_{v,max}; l_v) & &= 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sprawdzenie naprężeń:Naprężenia na docisk pod kątem α :

$$\begin{aligned} A_D &= b_1 * \frac{t_v}{\cos(\alpha)} & &= 7,18 * 10^3 \text{ mm}^2 \\ \sigma_{c,a,d} &= F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\alpha)}{A_D} & &= 6,45 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Naprężenia na ścinanie wzdłuż włókien:

$$\begin{aligned} A_V &= b_1 * l_v & &= 30,00 * 10^3 \text{ mm}^2 \\ \tau_d &= F_{\alpha,d} * 10^3 * \frac{\cos(\gamma)}{A_V} & &= 1,26 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Wyznaczenie wartości obliczeniowych dla wytrzymałości:

$$\begin{aligned} f_{c,0,d} &= k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M & &= 14,54 \text{ N/mm}^2 \\ f_{c,90,d} &= k_{mod} * f_{c,90,k} / \gamma_M & &= 1,73 \text{ N/mm}^2 \\ f_{v,d} &= k_{mod} * f_{v,k} / \gamma_M & &= 2,77 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Dla drewna iglastego (C) i klejonego (GL) wartość wytrzymałości na ścinanie $f_{v,d}$ powinny być większe o 40%.

$$f_{c,a,d} = \frac{f_{c,0,d}}{\sqrt{\left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,90,d} * 2} * \sin(\alpha)\right)^2 + \left(\frac{f_{c,0,d}}{f_{v,d} * 2 * 1,4} * \sin(\alpha) * \cos(\alpha)\right)^2 + \cos(\alpha)^4}} = 12,36 \text{ N/mm}^2$$

Sprawdzenie SGN:

na docisk:

$$\frac{\sigma_{c,a,d}}{f_{c,a,d}} = \underline{0,52 \leq 1}$$

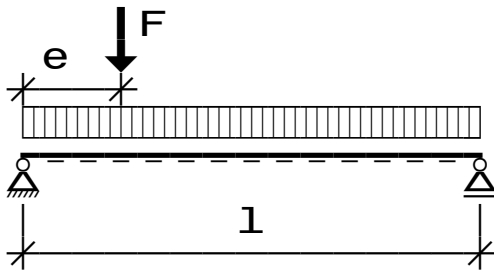
na ścinanie:

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \underline{0,45 \leq 1}$$

Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

SGN-SGU - wybrane elementy konstrukcji

Ścinanie dla belek prostych z redukcją siły poprzecznej**założenia dot. geometrii belki:**

rozpiętość l =	8,00 m
szerokość belki b =	200,0 mm
wysokość belki h =	660,0 mm
odległość e =	0,60 m
szerokość podpory t =	150,0 mm

obciążenia:

q_d =	35,00 kN/m
F_d =	110,00 kN

Materiał:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	=	drewno klejone
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=	GL28h
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	=	1
kl.trwania obc. KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	=	średniotrwałe

$f_{v,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fv_k; FK=FK)	=	3,50 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; k_mod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
ρ_k =	TAB("EC5_pl/mat"; rho_k; FK=FK)	=	410 kg/m ³

$$\text{współczynnik bezpieczeństwa } \gamma_M = 1,30$$

wyznaczenie wartości obliczeniowej wytrzymałości na ścinanie

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / \gamma_M = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

Obliczenia:

wyznaczenie reakcji (siły na podporze) bez redukcji

$$\begin{aligned} V_{d,F} &= F_d \cdot (l - e) / l = 101,75 \text{ kN} \\ V_{d,q} &= q_d \cdot l / 2 = 140,00 \text{ kN} \\ V_d &= V_{d,F} + V_{d,q} = 241,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sprawdzenie naprężeń ścianjących na pełną wartość siły przy lewej podporze

$$\begin{aligned} A &= b \cdot h = 132000 \text{ mm}^2 \\ k_{cr} &= \text{IF}(BS=\text{"drewno iglaste"}; 0,67; \text{IF}(BS=\text{"drewno klejone"}; 0,67; 1)) = 0,67 \end{aligned}$$

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A} = 4,10 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d / f_{v,d} = 1,91 \leq 1$$

⇒ jeżeli warunek nie zostanie spełniony a chcesz zachować wyjściowe założenia to wskazana jest analiza z redukcją sił poprzecznych

Wyznaczenie zredukowanej wartości siły poprzecznej przy lewej podporze

Zredukowana siła poprzeczna **od siły skupionej**

$$V_{d,F,red} = IF(e \cdot 10^3 < h; 0; F_d \cdot (l - e) / l) = 0,0 \text{ kN}$$

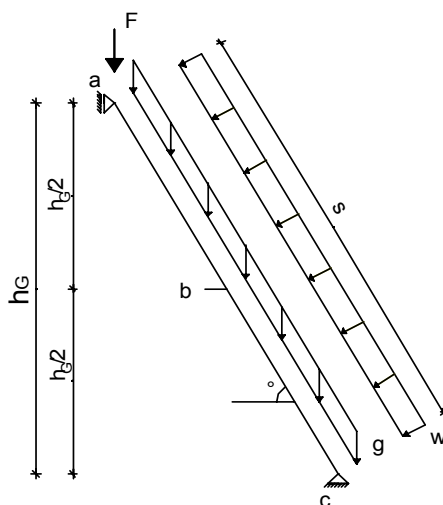
Zredukowana siła poprzeczna **od obciążenia równomiernie rozłożonego:**

$$V_{d,q,red} = \frac{V_{d,q}}{l} \cdot \left(l - \left(\frac{t}{2} + h \right) \cdot 10^{-3} \right) = 127,14 \text{ kN}$$

$$V_{d,red} = V_{d,F,red} + V_{d,q,red} = 127,14 \text{ kN}$$

$$\tau_{d,red} = 1,5 \cdot \frac{V_{d,red} \cdot 10^3}{k_{cr} \cdot A} = 2,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{d,red} / f_{v,d} = \underline{\underline{1,00 \leq 1}}$$

Ściana (belka) pochyła**Opis geometrii elementu:**

W punktach a, b i c element jest podtrzymany.

wysokość ustroju $h_G = 6,10 \text{ m}$
szerokość belki $b = 100 \text{ mm}$
wysokość belki $h = 280 \text{ mm}$
kąt nachylenia belki $\alpha = 65,0^\circ$

Materiał:

materiał BS = SEL("EC5_pl/mat"; B;) = drewno klejone
klasa wytrzymałościowa FK = SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS) = GL24h
klasa użytkowania NK = SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS) = 2
kl.trwania obc. KLED = SEL("EC5_pl/mod"; K;) = krótkotrwałe

$f_{m,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fmk; FK=FK}) = 24,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{c,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK}) = 24,00 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; fvk; FK=FK}) = 3,50 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,mean} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK}) = 11600,00 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0,05} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; E005; FK=FK}) = 9670,00 \text{ N/mm}^2$
 $G_{mean} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; Gmean; FK=FK}) = 720,00 \text{ N/mm}^2$
 $G_{05} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; G05; FK=FK}) = 600,00 \text{ N/mm}^2$
 $k_{mod} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK}) = 0,90$
 $\rho_k = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK}) = 380 \text{ kg/m}^3$

współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_M = 1,30$

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

Analiza stateczności**(wyboczenie):**

smukłość:

$$\begin{aligned}
 i_y &= h / \sqrt{12} &= & 80,83 \text{ mm} \\
 \lambda_y &= l_{ef,y} * 10^3 / i_y &= & 83,26 \\
 i_z &= b / \sqrt{12} &= & 28,87 \text{ mm} \\
 \lambda_z &= l_{ef,z} * 10^3 / i_z &= & 116,73
 \end{aligned}$$

smukłość rzeczywista (sprowadzona):

$$\begin{aligned}
 \lambda_{rel,z} &= (\lambda_z / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} &= & 1,85 \\
 \beta_c &= IF(BS="drewno klejone";0,1;0,2) &= & 0,10 \\
 k_z &= \frac{0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)}{1} &= & 2,29 \\
 k_{c,z} &= \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} &= & 0,275
 \end{aligned}$$

(stateczność):

zaożono sężenie w punkcie b

$$l_{ef} = \frac{s}{2} = 3,37 \text{ m}$$

współczynniki przeliczeniowe dla formuły 6.31 wg EC5-1-1

gdzie η - współczynnik zależny od rodzaju użytego drewna: dla C.. =1, dla GL..=1,4 κ_m współczynnik reprezentuje stałą cech materiałowych ze wzory 6.31 względem kierunku y

$$\begin{aligned}
 \eta &= IF(BS="drewno klejone";1,4;1) &= & 1,4 \\
 \kappa_m &= \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi * \sqrt{\eta * E_{0,05} * G_{05}}}} &= & 0,0518
 \end{aligned}$$

 \Rightarrow nie ma niebezpieczeństwa utraty stateczności gdy $l_{ef} * h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$ sprawdzamy niebezpieczeństwo: $(l_{ef} * 10^3 * h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 0,45 \leq 1$

$$\lambda_{rel,m} = \kappa_m * \sqrt{\frac{l_{ef} * 10^3 * h}{b^2}} = 0,503$$

$$k_{crit} = IF(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; IF(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 1,000$$

sprawdzenie warunku normowego:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} * f_{m,d}} = 0,71 \leq 1$$

Ścinanie przekroju prostokątnego:

$$k_{cr} = IF(BS="drewno iglaste";0,67; IF(BS="drewno klejone";0,67;1)) = 0,67$$

$$\tau_d = 1,5 * \frac{-V_{c,d} * 10^3}{k_{cr} * A} = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_d / f_{v,d} = 0,27 \leq 1$$

weryfikacja ugięć:

$$M_{g,k} = \frac{g_{90,d} * s^2}{\gamma_G * 8} = 1,93 \text{ kNm}$$

$$M_{q,k} = \frac{w_d * s^2}{\gamma_Q * 8} = 7,55 \text{ kNm}$$

ugięcia doraźne (inst):

$$u_{inst,G} = \frac{5 * g_{90,d} * l_{ef,y}^4 * 10^{12}}{384 * 1,35 * E_{0,mean} * I_y} = 4,29 \text{ mm}$$

$$u_{inst,Q,1} = \frac{M_{q,k}}{M_{g,k}} * u_{inst,G} = 16,78 \text{ mm}$$

$$\text{współczynnik } \psi_2 = 0,00$$

$$k_{def} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mod"}; k_{def}; B=BS; N=NK) = 0,80$$

a) Ugięcie początkowe (doraźne) w_{inst} wg tablicy 7.2 - bez pełzania: $w_{inst,gr} \leq l / 500$ do $l / 300$

$$u_{inst} = u_{inst,G} + u_{inst,Q,1} = 21,1 \text{ mm}$$

$$\text{założono } u_{inst,gr} = s * 10^3 / 300 = 22,43 \text{ mm}$$

$$u_{inst} / u_{inst,gr} = \underline{\underline{0,94 \leq 1}}$$

b) Ugięcie **finalne** z uwzględnieniem pełzania lub wygięcia - wg tablicy 7.2 : $w_{fin,gr} \leq l / 300$ do $l / 150$
dla oddziaływań stałych

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} * (1 + k_{def}) = 7,72 \text{ mm}$$

dla oddziaływań zmiennych - kombinacja rzadka:

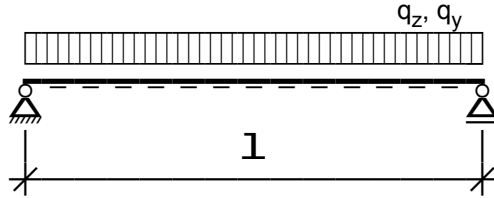
$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} * (1 + \psi_2 * k_{def}) = 16,78 \text{ mm}$$

uproszczenie wyniku z charakteru tego oddziaływania zmiennego:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q,1} = 24,50 \text{ mm}$$

Belka dwukierunkowo zginana (bez ściskania) ze sprawdzeniem stateczności

sprawdzenie naprężeń + sprawdzenie stateczności, podparcie przegubowe z widelcowym zamocowaniem, obciążenie przyłożone do krawędzi ściskanej (górnej krawędzi) tu podejście analogiczne do EC5 (niemieckiej literatury)

**założenia dot. geometrii belki:**

rozpiętość l =	4,00 m
szerokość belki b =	80,0 mm
wysokość belki h =	200,0 mm

obciążenia:

$q_{z,d}$ =	2,00 kN/m
$q_{y,d}$ =	1,00 kN/m

Materiał:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	=	drewno iglaste
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=	C24
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	=	1
kl.trwania obc. KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	=	średiotrwała

$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11000,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; E005; FK=FK)	=	7330,00 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("EC5_pl/mat"; Gmean; FK=FK)	=	690,00 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_pl/mat"; G05; FK=FK)	=	460,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,80
ρ_k =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

$$\text{współczynnik bezpieczeństwa } \gamma_M = 1,30$$

siły wewnętrzne i charakterystyki przekroju:

$M_{y,d}$ =	$q_{z,d} \cdot l^2 / 8$	=	4,00 kNm
$M_{z,d}$ =	$q_{y,d} \cdot l^2 / 8$	=	2,00 kNm
W_y =	$b \cdot h^2 / 6$	=	$533,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
W_z =	$b^2 \cdot h / 6$	=	$213,3 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
A_n =	$b \cdot h$	=	$16,00 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

naprężenia:

$\sigma_{m,y,d}$ =	$M_{y,d} \cdot 10^6 / W_y$	=	7,50 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	$M_{z,d} \cdot 10^6 / W_z$	=	9,38 N/mm ²

wymiarowanie nośności

$$\begin{aligned}
 k_{hy} &= \text{IF}(\rho_k \leq 700 \text{ AND } h < 150; \text{MIN}((150/h)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,0 \\
 k_{hy} &= \text{IF}(\text{BS} \neq \text{"drewno klejone"}; k_{hy}; \text{IF}(h < 600; \text{MIN}((600/h)^{0,1}; 1,1); 1)) &= & 1,0 \\
 f_{m,y,d} &= k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= & 14,77 \text{ N/mm}^2 \\
 k_{hz} &= \text{IF}(\rho_k \leq 700 \text{ AND } b < 150; \text{MIN}((150/b)^{0,2}; 1,3); 1) &= & 1,1 \\
 k_{hz} &= \text{IF}(\text{BS} \neq \text{"drewno klejone"}; k_{hz}; 1) &= & 1,1 \\
 f_{m,z,d} &= k_{hz} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M &= & 16,25 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{c,0,d} &= k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M &= & 12,92 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

sprawdzenie naprężeń przy zginaniu:

$$\begin{aligned}
 k_m &= 0,70 \\
 \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= \underline{0,91 \leq 1} \\
 k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} &= \underline{0,93 \leq 1}
 \end{aligned}$$

Weryfikacja stateczności (EC5-1-1 p.6.3):

zgodnie z 6.3.3.

$$\begin{aligned}
 \text{współczynnik długości efektywnej } \beta &= 0,9 \\
 l_{ef} &= \beta * l + 2 * h * 10^{-3} &= & 4,00 \text{ m} \\
 I_z &= h * b^3 / 12 &= & 9 * 10^6 \text{ mm}^4 \\
 n_1 &= \text{TAB}(\text{"EC5_pl/Tor"}; n_1; \text{hzub} = h/b) &= & 0,7380 \\
 I_{tor} &= n_1 * b^3 * h / 3 &= & 25 * 10^6 \text{ mm}^4 \\
 \sigma_{m,crit_v1} &= \frac{\pi * \sqrt{E_{0,05} * I_z * G_{05} * I_{tor}}}{l_{ef} * 10^3 * W_y} &= & 40,56 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{m,crit_v2} &= 0,78 * b^2 * \frac{E_{0,05}}{h * l_{ef} * 10^3} &= & 45,74 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{m,crit} &= \text{IF}(\text{BS} = \text{"drewno iglaste"}; \sigma_{m,crit_v2}; \sigma_{m,crit_v1}) &= & 45,74 \text{ N/mm}^2 \\
 \lambda_{rel,m} &= \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} &= & 0,72 \\
 k_{crit} &= \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1/\lambda_{rel,m}^2)) &= & 1,00
 \end{aligned}$$

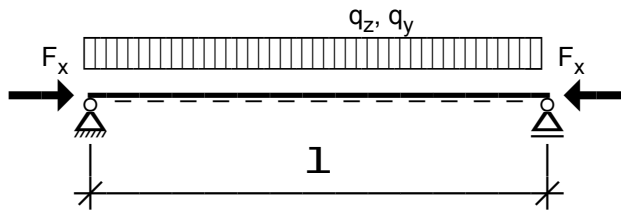
$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,84 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right)^2 = \underline{0,84 \leq 1}$$

Belka dwukierunowo zginana ze ściskaniem, z uwzględnieniem stateczności

równoczesne sprawdzenie wyboczenia i stateczności;

belka o przekroju prostokątnym z zamocowaniem widelcowym, obciążenie w osi elementu

**założenia geometri belki:**

rozpiętość l =	8,00 m
szerokość belki b =	200,0 mm
wysokość belki h =	1280,0 mm

obciążenia:

$q_{z,d}$ =	50,00 kN/m
$q_{y,d}$ =	0,00 kN/m
$F_{x,d}$ =	400,00 kN

Materiał:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	=	drewno klejone
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=	GL24h
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	=	1
kl.trwania obc. KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	=	krótkotrwałe

$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
E_{0mean} =	TAB("EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK)	=	11600,00 N/mm ²
$E_{0,05}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; E005; FK=FK)	=	9670,00 N/mm ²
G_{mean} =	TAB("EC5_pl/mat"; Gmean; FK=FK)	=	720,00 N/mm ²
G_{05} =	TAB("EC5_pl/mat"; G05; FK=FK)	=	600,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³

współczynnik bezpieczeństwa γ_M = 1,30

**W podglądzie bieżącego szablonu,
fragment algorytmu został usunięty.**

sprawdzenie stateczności:

oszacowanie długości efektywnej wg literatury l_{ef} dla zadanego schematu:

$$\begin{aligned}
 \text{współczynnik } a_1 &= 1,13 \\
 \text{współczynnik } a_2 &= 1,44 \\
 a_z &= h/2 * 10^{-3} = 0,64 \text{ m} \\
 B &= E_{0,05} * b^3 * h / 12 = 8251733 * 10^6 \\
 T &= G_{05} * b^3 * h / 3 = 2048000 * 10^6 \\
 l_{ef} &= \frac{l}{a_1 * \left(1 - a_2 * \frac{a_z}{l} * \sqrt{\frac{B}{T}} \right)} = 9,21 \text{ m}
 \end{aligned}$$

stateczność względem osi y:

współczynniki przeliczeniowe dla formuły 6.31 wg EC5-1-1

gdzie η - współczynnik zależny od rodzaju użytego drewna: dla C.. =1, dla GL..=1,4

κ_m współczynnik reprezentuje stałą cech materiałowych ze wzoru 6.31

$$\begin{aligned}
 \eta &= \text{IF}(\text{BS}=\text{"drewno klejone";1,4;1}) = 1,4 \\
 \kappa_m &= \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\pi * \sqrt{\eta * E_{0,05} * G_{05}}}} = 0,0518
 \end{aligned}$$

\Rightarrow nie ma niebezpieczeństwa utraty stateczności gdy $l_{ef} * h / b^2 \leq (0,75 / \kappa_m)^2$
(wówczas $k_{crit}=1$; w przeciwnym razie korygujemy wytrzymałość współczynnikiem k_{crit})

$$\text{weryfikacja stateczności: } (l_{ef} * 10^3 * h / b^2) / (0,75 / \kappa_m)^2 = 1,41 \leq 1$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_{rel,m} &= \kappa_m * \sqrt{\frac{l_{ef} * 10^3 * h}{b^2}} = 0,889 \\
 k_{crit} &= \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 0,75; 1; \text{IF}(\lambda_{rel,m} \leq 1,4; 1,56 - 0,75 * \lambda_{rel,m}; 1 / \lambda_{rel,m}^2)) = 0,893
 \end{aligned}$$

sprawdzenie wyboczenia:

$$\begin{aligned}
 \text{współczynnik wyboczeniowy } \beta &= 1,0 \\
 l_{ef} &= \beta * l = 8,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

odpowiednie smukłości przy zginaniu dla kierunku y i z:

$$\begin{aligned}
 i_y &= h / \sqrt{12} = 369,50 \text{ mm} \\
 \lambda_y &= l_{ef} * 10^3 / i_y = 21,65 \\
 i_z &= b / \sqrt{12} = 57,74 \text{ mm} \\
 \lambda_z &= l_{ef} * 10^3 / i_z = 138,55
 \end{aligned}$$

smukłość sprowadzona (rzeczywista):

$$\lambda_{rel,y} = (\lambda_y / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 0,34$$

$$\lambda_{rel,z} = (\lambda_z / \pi) * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2,20$$

$$\beta_c = IF(BS="drewno klejone";0,1;0,2) = 0,10$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 3,02$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,56$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = 0,995$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = 0,197$$

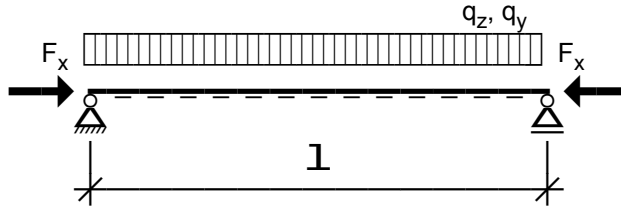
sprawdzenie SGN:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \right)^2 = \underline{0,59 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + \left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} * f_{m,y,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,72 \leq 1}$$

Belka dwukierunowo zginana ze ściskaniem

tylko analiza naprężeń (bez stateczności) EC5-1-1 p.6.2.4

**założenia geometrii belki:**

rozpiętość l =	4,50 m
szerokość belki b =	220,0 mm
wysokość belki h =	280,0 mm

obciążenia:

$q_{z,d}$ =	14,34 kN/m
$q_{y,d}$ =	3,36 kN/m
$F_{x,d}$ =	15,00 kN

Materiał:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	=	drewno iglaste
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=	C24
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	=	1
kl.trwania obc. KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	=	krótkotrwałe

$f_{m,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fmk; FK=FK)	=	24,00 N/mm ²
$f_{c,0,k}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK)	=	21,00 N/mm ²
k_{mod} =	TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,90
ρ_k =	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK)	=	350 kg/m ³

współczynnik bezpieczeństwa γ_M = 1,30

Obliczenia sił wewnętrznych i geometrii przekroju:

$M_{y,d}$ =	$q_{z,d} * l^2 / 8$	=	36,30 kNm
$M_{z,d}$ =	$q_{y,d} * l^2 / 8$	=	8,51 kNm
W_y =	$b * h^2 / 6$	=	2874,7*10 ³ mm ³
W_z =	$b^2 * h / 6$	=	2258,7*10 ³ mm ³
A_n =	$b * h$	=	61,60*10 ³ mm ²

wyznaczenie naprężeń:

$\sigma_{c,0,d}$ =	$F_{x,d} * 10^3 / A_n$	=	0,24 N/mm ²
$\sigma_{m,y,d}$ =	$M_{y,d} * 10^6 / W_y$	=	12,63 N/mm ²
$\sigma_{m,z,d}$ =	$M_{z,d} * 10^6 / W_z$	=	3,77 N/mm ²

Sprawdzenie nośności w złożonym stanie naprężeń:

k_{hy} =	IF($\rho_k \leq 700$ AND $h < 150$; MIN((150/h) ^{0,2} ; 1,3); 1)	=	1,0
k_{hz} =	IF(BS ≠ "drewno klejone"; k_{hy} ; IF(h < 600; MIN((600/h) ^{0,1} ; 1,1); 1)	=	1,0
$f_{m,y,d}$ =	$k_{hy} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M$	=	16,62 N/mm ²
k_{hz} =	IF($\rho_k \leq 700$ AND $b < 150$; MIN((150/b) ^{0,2} ; 1,3); 1)	=	1,0
k_{hy} =	IF(BS ≠ "drewno klejone"; k_{hz} ; 1)	=	1,0

$$f_{m,z,d} = k_{hz} * k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 14,54 \text{ N/mm}^2$$

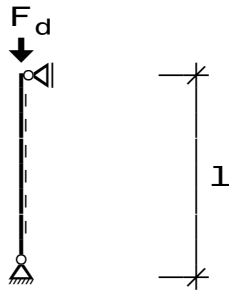
sprawdzenie naprężeń:

$$k_m = 0,70$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,92 \leq 1}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \underline{0,76 \leq 1}$$

(3) Należy również sprawdzić warunek stateczności (patrz EC5-1-1 p.6.3).

Analiza słupa z drewna litego o przekroju kwadratowym**Charakterystyka słupa:**

wysokość słupa $l =$	3,40 m	
współczynnik wyboczeniowy $\beta =$		1,0
wymiar przekroju słupa $h_y =$	140 mm	
wymiar przekroju słupa $h_z =$	140 mm	

Obciążenie:

$F_d =$	100,00 kN
---------	-----------

Materiał:

materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	=	drewno iglaste
klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=	C30
klasa użytkowania NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	=	2
kl.trwania obc. KLED =	SEL("EC5_pl/mod"; K;)	=	długotrwałe
$f_{c,0,k} =$	TAB("EC5_pl/mat"; fc0k; FK=FK)	=	23,00 N/mm ²
$E_{0mean} =$	TAB("EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12000,00 N/mm ²
$E_{0,05} =$	TAB("EC5_pl/mat"; E005; FK=FK)	=	8000,00 N/mm ²
$k_{mod} =$	TAB("EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK)	=	0,70
$\rho_k =$	TAB("EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK)	=	380 kg/m ³

współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_M =$	1,30
--	------

Obliczenia - wymiarowanie:

wyznaczenie promieni bezwładności przekroju

$i_y =$	$h_z / \sqrt{12}$	=	40,41 mm
$i_z =$	$h_y / \sqrt{12}$	=	40,41 mm

wyznaczenie smukłości λ , oraz współczynnika wyboczeniowego k_c

$l_{ef} =$	$\beta \cdot l$	=	3,40 m
$\lambda_y =$	$l_{ef} \cdot 10^3 / i_y$	=	84,14
$\lambda_z =$	$l_{ef} \cdot 10^3 / i_z$	=	84,14
$\lambda_{rel,y} =$	$(\lambda_y / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$	=	1,436
$\lambda_{rel,z} =$	$(\lambda_z / \pi) \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$	=	1,436

$$\beta_c = \text{IF}(\text{BS}=\text{"drewno klejone";0,1;0,2}) = 0,20$$

$$k_z = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},z} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},z}^2) = 1,645$$

$$k_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{\text{rel},y} - 0,3) + \lambda_{\text{rel},y}^2) = 1,645$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}} = 0,409$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}} = 0,409$$

Sprawdzenie ściskania z wyoboczeniem

$$A_{\text{ef}} = h_y * h_z = 19600 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = F_d * 10^3 / A_{\text{ef}} = 5,10 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} * f_{c,0,k} / \gamma_M = 12,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} = \underline{1,01 \leq 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} = \underline{1,01 \leq 1}$$

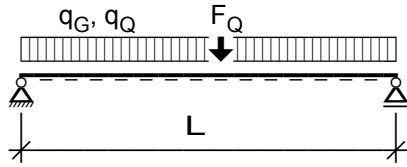
Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Ugięcia

Ugięcia uwzględniające wpływ większej ilości obciążeń zmiennych

Szablon obejmuje analizę ugięcia pochodzącego głównie od wpływu momentu (dla belek o stosunku $l/h > 20$ - zgodnie z NA.1) na zasadach ogólnych EC-0



Geometria elementu:

Rozpiętość l =	24,00 m
Szerokość b =	280,0 mm
Wysokość h =	1900,0 mm
Wstępne wygięcie konstrukcji w_c =	50,0 mm

Obciążenia:

ciężar własny q_G =	4,00 kN/m
obciążenie zmienne q_Q =	8,00 kN/m
obciążenie zmienne F_Q =	200,00 kN
współczynnik $\psi_{2,qQ}$ =	0,30
współczynnik $\psi_{2,FQ}$ =	0,60
współczynnik $\psi_{0,qQ}$ =	0,70
współczynnik $\psi_{0,FQ}$ =	0,70

Dane materiałowe:

Materiał BS =	SEL("EC5_pl/mat"; B;)	drewno klejone
Klasa wytrzymałościowa FK =	SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS)	=GL28h
Klasa użytkowni NK =	SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS)	= 1

$E_{0,mean}$ =	TAB("EC5_pl/mat"; E0mean; FK=FK)	=	12600 N/mm ²
k_{def} =	TAB("EC5_pl/mod"; kdef; B=BS; N=NK)	=	0,60

Obliczenia:

$$I_y = b \cdot h^3 / 12 = 160043 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

ugięcia doraźne (początkowe) od obciążenia stałego

$$w_{inst,G} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_G \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 8,57 \text{ mm}$$

ugięcia doraźne (początkowe) od obciążeń zmiennych

$$w_{inst,Q,qQ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_Q \cdot l^4 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 17,14 \text{ mm}$$

$$w_{inst,Q,FQ} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F_Q \cdot l^3 \cdot 10^{12}}{E_{0,mean} \cdot I_y} = 28,56 \text{ mm}$$

Wyznaczanie ugięć dla dwóch obciążeń zmiennych wg zasad ogólnych EC0a) Ugięcia początkowe (doraźne) w_{inst} bez pełzania: $w_{inst,gr} \leq l / 500$ do $l/300$

Oszacowanie największego wpływu obciążeń zmiennych dla kombinacji charakterystycznej (EC-0 w.6.1.4b) - zwykle dla nieodwracalnych SGU

$$\begin{aligned}
 w_{inst,1} &= w_{inst,G} + w_{inst,Q,qQ} + \psi_{0,FQ} * w_{inst,Q,FQ} &= & 45,70 \text{ mm} \\
 w_{inst,2} &= w_{inst,G} + w_{inst,Q,FQ} + \psi_{0,qQ} * w_{inst,Q,qQ} &= & 49,13 \text{ mm} \\
 w_{inst} &= \text{MAX}(w_{inst,1}; w_{inst,2}) &= & 49,13 \text{ mm} \\
 \text{założono } w_{inst,gr} &= l * 10^3 / 500 &= & 48,00 \text{ mm} \\
 w_{inst} / w_{inst,gr} & &= & \underline{1,02 \leq 1}
 \end{aligned}$$

b) Ugięcie finalne: $w_{fin,gr} \leq l / 300$ do $l / 150$

dla kombinacji quasi-stałej bez uproszczeń wynikających z EC5-1-1 p.2.2.3.(5) (zwykle dla oceny efektów długotrwałych i wyglądu konstrukcji)

$$\begin{aligned}
 w_{fin} &= w_{inst} + (w_{inst,G} + \psi_{2,qQ} * w_{inst,Q,qQ} + \psi_{2,FQ} * w_{inst,Q,FQ}) * k_{def} &= & 67,6 \text{ mm} \\
 \text{założono } w_{fin,gr} &= l * 10^3 / 300 &= & 80,0 \text{ mm} \\
 w_{fin} / w_{fin,gr} & &= & \underline{0,84 \leq 1}
 \end{aligned}$$

c) Ugięcie końcowe pomniejszone o wygięcie wstępne: $w_{net,fin,gr} \leq l / 350$ do $l / 250$

$$\begin{aligned}
 w_{net,fin} &= w_{fin} - w_c &= & 17,6 \text{ mm} \\
 \text{założono } w_{net,fin,gr} &= l * 10^3 / 350 &= & 68,57 \text{ mm} \\
 w_{net,fin} / w_{net,fin,gr} & &= & \underline{0,26 \leq 1}
 \end{aligned}$$

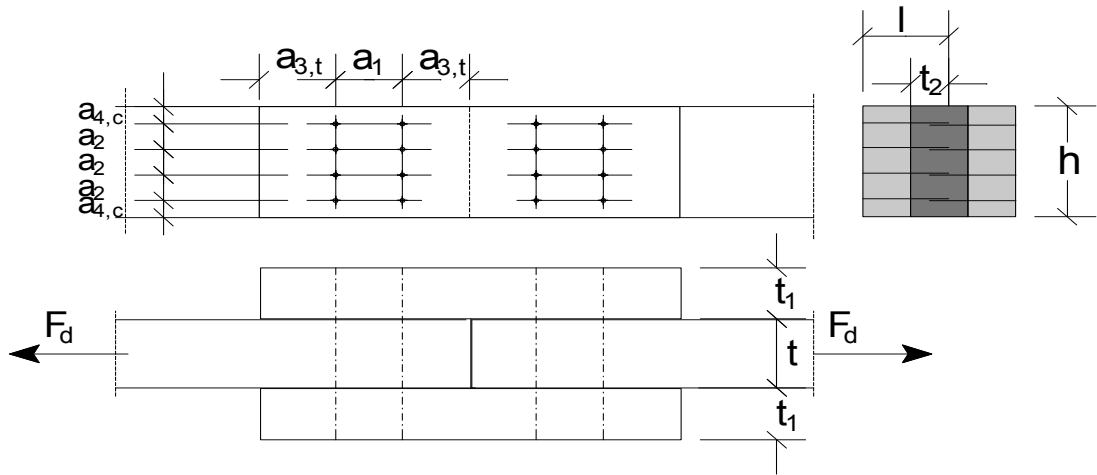
Projektowanie konstrukcji drewnianych

PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010

Węzły rozciągane

Węzeł rozciągany z nakładkami - połączenie na gwoździe

ten sam materiał na pas i nakładki; gwoździe w otworach nienawierconych o $d \leq 6\text{ mm}$; pracujące na jednocieście; układ prostokątny

**opis węzła:**

wysokość węzła $h = 100\text{ mm}$
 grubość pasa $t = 60\text{ mm}$
 grubość nakładki $t_1 = 50\text{ mm}$

$a_1 = 40\text{ mm}$
 $a_2 = 20\text{ mm}$
 $a_{3,t} = 55\text{ mm}$
 $a_{4,c} = 20\text{ mm}$

obciążenie:

$F_d = 9,00\text{ kN}$

Materiał:

materiał BS = SEL("EC5_pl/mat"; B; B="drewno iglaste;) = drewno iglaste
 klasa wytrzymałościowa FK = SEL("EC5_pl/mat"; FK; B=BS) = C30
 klasa użytkowania NK = SEL("EC5_pl/mod"; N; B=BS) = 1
 kl.trwania obc. KLED = SEL("EC5_pl/mod"; K;) = krótkotrwałe

$f_{t,0,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; ft0k; FK=FK}) = 18,00\text{ N/mm}^2$

$k_{\text{mod}} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mod"; kmod; B=BS; K=KLED; N=NK}) = 0,90$

$\rho_k = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/mat"; rhok; FK=FK}) = 380\text{ kg/m}^3$

współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_M = 1,30$

Gwoździe:

typ łącznika Typ = SEL("EC5_pl/VM"; Typ; N<2) = gwoździe gładkie
 wielkość d_{xl} = SEL("EC5_pl/VM"; Bez; Typ=Typ; d≤6) = 3.4x90

średnica gwoździa $d = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/VM"; d; Typ=Typ; Bez=dxl}) = 3,40\text{ mm}$

długość gwoździa $l = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/VM"; l; Typ=Typ; Bez=dxl}) = 90,0\text{ mm}$

$f_{u,k} = \text{TAB}(\text{"EC5_pl/VM"; fuk; Bez=dxl}) = 600\text{ N/mm}^2$

Zalecenia :

Minimalna grubość deski z uwagi na możliwość pęknięcia deski

$$t_{\min} = \text{MAX}(7 * d; (13 * d - 30) * \rho_k / 400) = 23,8 \text{ mm}$$

$$t_{\min} / \text{MIN}(t_1; t) = \underline{0,48 \leq 1}$$

Ograniczenie długości nakładania (nachodzenia) gwoździ wbijanych po przeciwnej stronie (dla nienawierconych otworów)

głębokość osadzenia gwoździ w elemencie środkowym (pas rozciągany)

$$t_2 = l - t_1 = 40,0 \text{ mm}$$

$$4 * d / (t - t_2) = \underline{0,68 \leq 1}$$

Odległości pomiędzy łącznikami i krawędziami (rozmieszczenie łączników):

$$\alpha: \quad 0,00^\circ$$

$$a_{11,\min} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 5 * \text{COS}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 8 * \text{COS}(\alpha)) * d)) = 34 \text{ mm}$$

$$a_{12,\min} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; (5 + 7 * \text{COS}(\alpha)) * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; (7 + 8 * \text{COS}(\alpha)) * d)) = 41 \text{ mm}$$

$$a_{1,\min} = \text{IF}(d < 5; a_{11,\min}; a_{12,\min}) = 34 \text{ mm}$$

$$a_{2,\min} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; 5 * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; 7 * d)) = 17 \text{ mm}$$

$$a_{4c,\min} = \text{IF}(\rho_k \leq 420; 5 * d; \text{IF}(\rho_k \leq 500; 7 * d)) = 17 \text{ mm}$$

$$a_{1,\min} / a_1 = \underline{0,85 \leq 1}$$

$$a_{2,\min} / a_2 = \underline{0,85 \leq 1}$$

$$a_{3t,\min} / a_{3,t} = \underline{0,93 \leq 1}$$

$$a_{4c,\min} / a_{4,c} = \underline{0,85 \leq 1}$$

zapropozowane wstępnie odległości zostały przyjęte poprawnie.

Obliczenie wytrzymałości

Minimalna grubość dla połączeń drewno-drewno lub drewno-materiał drewnopochodny

dane pomocnicze

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} = 4336 \text{ Nmm}$$

$$f_{h,k} = 0,082 * \rho_k * d^{-0,3} = 21,59 \text{ N/mm}^2$$

przy jednakowych materiałach (pasa i nakładek):

$$\beta = 1,00$$

nakładka

$$t_{1,\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \sqrt{\frac{\beta}{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d}} = 30,18 \text{ mm}$$

pas

$$t_{\text{req}} = 1,15 * \left(2 * \frac{1}{\sqrt{1 + \beta}} + 2 \right) * \sqrt{\frac{M_{y,Rk}}{f_{h,k} * d}} = 30,18 \text{ mm}$$

$$t_{1,\text{req}} / t_1 = 0,60$$

$$t_{\text{req}} / t = 0,50$$

Nośność jednego łącznika na jednostycie

$$F_{v,Rk} = 1,0 * \sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{h,k} * d} * \text{MIN}(\text{MIN}(t_1 / t_{1,\text{req}}; t_{\text{req}}); 1) = 797,9 \text{ N}$$

$$F_{v,Rd} = k_{\text{mod}} * F_{v,Rk} / 1,1 = 653 \text{ N}$$

a) wymagana ilość gwoździ (nośność gwoździ)

$$n_{min} = \frac{F_d * 10^3}{F_{v,Rd}} = 13,8 \text{ Sztuk}$$

⇒ ilość gwoździ w jednym szeregu pracująca efektywnie, wymagane jest przesunięcie kolejnych łączników w kierunku prostopadłym do włókien! (patrz EC5-1-1 rys. 8.6) jednak nie więcej niż d

$$n_{eff} = \text{MAX}((0,5 * F_d * 10^3) / F_{v,Rd}; 2) = 6,9$$

przyjęta ilość gwoździ po jednej stronie na jednociecie (w sumie w tym połączeniu będzie 2 x więcej)

$$\begin{aligned} \text{przyjęta ilość gwoździ } n &= 8 \\ n_{eff} / n &= \underline{0,86 \leq 1} \end{aligned}$$

b) Nośność drewnianego przekroju w obrębie łączników:

⇒ gwoździe d < 6 mm bez nawiercania otworów: nie ma konieczności obliczania przekroju netto dla elementu rozciąganego:

$$\begin{aligned} A_n &= t * h = 6000 \text{ mm}^2 \\ k_{ht} &= \text{IF}(\rho_k \leq 700 \text{ AND } t < 150; \text{MIN}((150/t)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,201 \\ f_{t,0,d} &= k_{ht} * k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 14,97 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} &= F_d * 10^3 / A_n = 1,50 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} / f_{t,0,d} &= \underline{0,10 \leq 1} \end{aligned}$$

Zewnętrzne nakładki, łączniki pracujące jednostronnie, dla łączników bez nawierconych otworów:

$$\begin{aligned} A_n &= t_1 * h = 5000 \text{ mm}^2 \\ k_{ht} &= \text{IF}(\rho_k \leq 700 \text{ AND } t_1 < 150; \text{MIN}((150/t_1)^{0,2}; 1,3); 1) = 1,246 \\ f_{t,0,d} &= k_{ht} * k_{mod} * f_{t,0,k} / \gamma_M = 15,53 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} &= 0,5 * F_d * 10^3 / A_n = 0,90 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{t,0,d} / (2/3 * f_{t,0,d}) &= \underline{0,09 \leq 1} \end{aligned}$$

lub wg obowiązujących zapisów polskiej wersji językowej EC5-1-1

$$\begin{aligned} f_{h1k} &= f_{h,k} &= & 21,59 \text{ N/mm}^2 \\ f_{h2k} &= f_{h,k} &= & 21,59 \text{ N/mm}^2 \\ M_{y,k} &= M_{y,Rk} &= & 4336 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$F_{v,Rk1} = (f_{h1k} * t_1 * d) * 10^{-3} = 3,6703 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk2} = (f_{h2k} * t_2 * d) * 10^{-3} = 2,9362 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk3} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{1 + \beta} * \left(\sqrt{\beta + 2 * \beta^2 * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right) + \beta^3 * \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta * \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right) * 10^{-3} = 1,3827 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk4} = \frac{f_{h1k} * t_1 * d}{2 + \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (2 + \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_1^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 1,3087 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk5} = \frac{f_{h1k} * t_2 * d}{1 + 2 * \beta} * \left(\sqrt{2 * \beta^2 * (1 + \beta) + \frac{4 * \beta * (1 + 2 * \beta) * M_{y,k}}{f_{h1k} * d * t_2^2}} - \beta \right) * 10^{-3} = 1,0843 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk6} = \sqrt{\frac{2 * \beta}{1 + \beta}} * \sqrt{2 * M_{y,k} * f_{h1k} * d} * 10^{-3} = 0,7979 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rk} = \text{MIN}(F_{v,Rk1}; F_{v,Rk2}; F_{v,Rk3}; 1,05 * F_{v,Rk4}; 1,05 * F_{v,Rk5}; 1,15 * F_{v,Rk6}) = 0,92 \text{ kN}$$

$$F_{v,RdPL} = F_{v,Rk} * \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 0,637 \text{ kN}$$

$$n_{minPL} = \frac{F_d}{F_{v,RdPL}} = 14,1 \text{ Sztuk}$$

w tym przypadku podejście niemieckie jest słabszym warunkiem, jednak przyjęte 16 gwoździ jest wystarczające