

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

POZ. 1.0. DACH

Projektuje się dach dwuspadowy o pochyleniu połaci 12° , pokrycie dachu płyty warstwowe, obciążenie od pokrycia dachu przenosi płyta warstwowa oparta na płatwiach dachowych w rozstawie $a=1,55\text{m}$.

ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ NA 1m^2 RZUTU POŁACI DACHOWEJ

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g_{char}	γ_f	g_{obl}
Płyta warstwowa 140/120	0,103	1,20	0,12
RAZEM	0,103	1,20	0,12

0.1. Śnieg

Rodzaj: śnieg

Typ: zmienne

0.1.1. Śnieg

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu $q_k = 0,90 \text{ kN/m}^2$ przyjęto zgodnie ze zmianą do normy Az1, jak dla strefy II.

Współczynnik kształtu $C = 0,80$ jak dla dachu dwuspadowego.

Charakterystyczna wartość obciążenia śniegiem:

$$Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8 = 0,72 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia śniegiem:

$$Q_o = 1,08 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

0.2. Wiatr

Rodzaj: wiatr

Typ: zmienne

0.2.1. Wiatr

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy \$Strefa\$.

Współczynnik ekspozycji $C_e = 1,00$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 5,24 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.

Współczynnik działania porywów wiatru $\mu = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\mu = 0,06$; okres drgań własnych $T = 0,21 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C odcinka a połaci dachu dwuspadowego ($\alpha = 12^\circ$) wg wariantu I i kierunku wiatru 1 równy jest $C = C_z - C_w = -0,90$, gdzie:

$C_z = -0,90$ jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

$C_w = 0,00$ jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot (-0,90 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,49 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,73 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

0.2.2. Wiatr

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I.

Współczynnik ekspozycji $C_e = 1,0$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 5,24 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.

Współczynnik działania porywów wiatru $\psi = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\psi = 0,06$; okres drgań własnych $T = 0,21 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C odcinka b połaci dachu jednospadowego ($\alpha = 12^\circ$) wg wariantu I i kierunku wiatru 1 równy jest $C = C_z - C_w = -0,40$, gdzie:

$C_z = -0,40$ jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

$C_w = 0,00$ jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot (-0,40 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,22 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,32 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

0.2.3. Wiatr

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I.

Współczynnik ekspozycji $C_e = 1,0$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 5,24 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.

Współczynnik działania porywów wiatru $\psi = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\psi = 0,06$; okres drgań własnych $T = 0,21 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C powierzchni nawietrznej budynków i przegród równy jest $C = C_z - C_w = 0,70$, gdzie:

$C_z = 0,70$ jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,

$C_w = 0,00$ jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot (0,70 - 0,00) \cdot 1,8 = 0,38 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = 0,57 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

0.2.4. Wiatr

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I .

Współczynnik ekspozycji $C_e = 1,0$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 5,24 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.

Współczynnik działania porywów wiatru $\psi = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\psi = 0,06$; okres drgań własnych $T = 0,21 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C powierzchni zawietrznej budynków i przegród równy jest $C = C_z - C_w = -0,40$, gdzie:
 $C_z = -0,40$ jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,
 $C_w = 0,00$ jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot (-0,40 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,22 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,33 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

0.2.5. Wiatr

Charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru $q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$ przyjęto jak dla strefy I .

Współczynnik ekspozycji $C_e = 1,0$ przyjęto jak dla terenu A i wysokości nad poziomem gruntu $z = 5,24 \text{ m}$. Ponieważ $H/L \leq 2$ przyjęto stały po wysokości rozkład współczynnika ekspozycji C_e o wartości jak dla punktu najwyższego.

Współczynnik działania porywów wiatru $\psi = 1,80$ przyjęto jak do obliczeń budowli niepodatnych na dynamiczne działanie wiatru (logarytmiczny dekrement tłumienia $\psi = 0,06$; okres drgań własnych $T = 0,21 \text{ s}$).

Współczynnik aerodynamiczny C powierzchni bocznej budynków i przegród równy jest $C = C_z - C_w = -0,70$, gdzie:
 $C_z = -0,70$ jest współczynnikiem ciśnienia zewnętrznego,
 $C_w = 0,00$ jest współczynnikiem ciśnienia wewnętrznego.

Charakterystyczna wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_k = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot (-0,70 - 0,00) \cdot 1,8 = -0,38 \text{ kN/m}^2.$$

Obliczeniowa wartość obciążenia wiatrem:

$$Q_o = -0,57 \text{ kN/m}^2, \quad \gamma_f = 1,50.$$

POZ. 1.1. PŁYTA DACHOWA

Projektuje się płytę warstwową grubości 140/120 oprzeć na stalowych płatwiach w rozstawie co 1,55 m.

Z katalogu producenta dla rozpiętości odczytano:

Max. dopuszczalne obc. śniegiem dla rozp. przęsła 2,0m dla ukł dwuprzęsłowego wynosi:

$$1,67\text{kN/m}^2 > 1,08\text{kN/m}^2$$

Max. dopuszczalne ssanie wiatru dla rozp.przęsła 2,0m dla ukł dwuprzęsłowego wynosi:

$$1,42\text{kN/m}^2 > 0,57\text{kN/m}^2$$

Ostatecznie przyjęto płytę warstwową grubości 140/120 w układzie dwuprzęsłowym. Mocować do płatwi stalowych za pomocą łączników systemowych producenta.

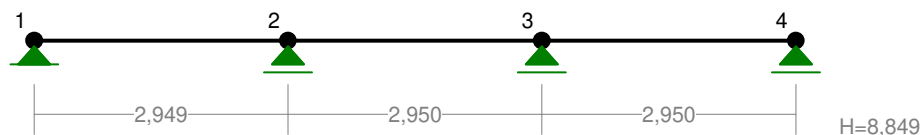
Projektuje się stalowe płatwie w rozstawie $a_{\max}=1,50\text{m}$ oparte na górnej półce dźwigara dachowego. Połączenie na śruby.

POZ. 1.2. PŁATEW DACHOWA - 3-przęsłowa

1. Długość obliczeniowa

$$L_{eff} = L_s * 1,05 = 2,85 * 1,05 = 3,00\text{m}$$

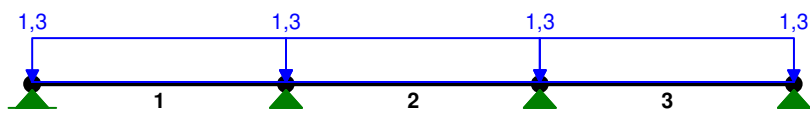
SCHEMAT STATYCZNY



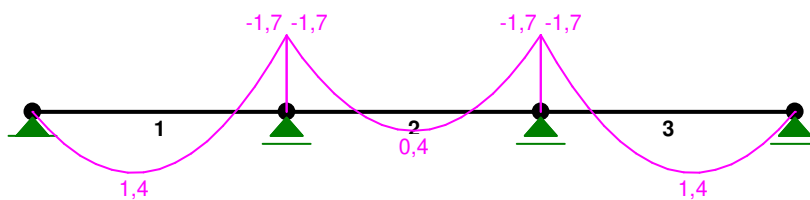
2. Zebranie obciążeń

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g_{char}	γ_f	g_{obl}
Płyta warstwową 140/120 0,103*1,55	0,18	1,20	0,22
Obc. śniegiem 0,72*1,55	1,12	1,50	1,67
RAZEM	1,30	1,47	2,89

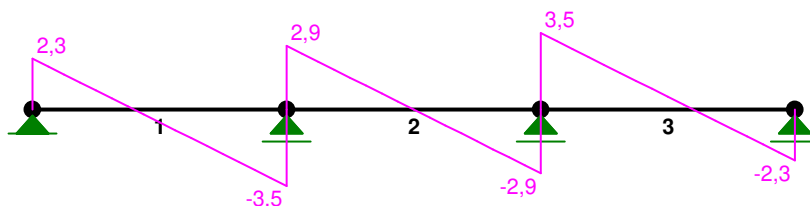
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY:



TNĄCE:



SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

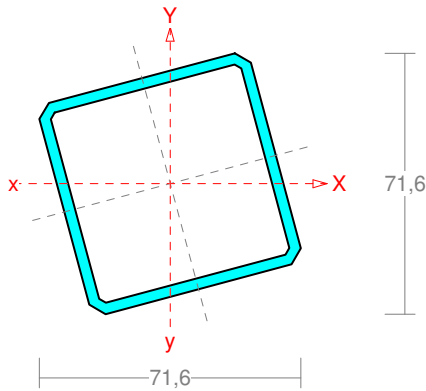
Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	-0,0	2,3	0,0
	0,40	1,175	1,4*	0,0	0,0
	1,00	2,949	-1,7	-3,5	0,0
2	0,00	0,000	-1,7	2,9	0,0
	0,50	1,475	0,4*	-0,0	0,0
	1,00	2,950	-1,7	-2,9	0,0
3	0,00	0,000	-1,7	3,5	0,0
	0,60	1,775	1,4*	-0,0	0,0
	1,00	2,950	-0,0	-2,3	0,0

* = Wartości ekstremalne

Pręt nr 1

Zadanie: nowe

Przekrój: H 60x 60x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=34,1$ $J_yg=34,1$ $A=6,43$ $i_x=2,3$ $i_y=2,3$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=3,0**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 2,949$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$M_x = 1,7$ kNm, $V_y = -3,5$ kN, $N = 0,0$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 179,8$ MPa $\sigma_c = -179,8$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 2,949$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 179,8$ MPa $\sigma_c = -179,8$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 179,8$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 179,8 = 179,8 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,333 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,772 \quad \text{dla } l_0 = 2,949$$

$$l_w = 0,772 \times 2,949 = 2,277 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 2,949$$

$$l_w = 1,000 \times 2,949 = 2,949 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 34,1}{2,277^2} 10^{-2} = 133,0 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 34,1}{2,949^2} 10^{-2} = 79,3 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,949$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 9,5 \times 215 \times 10^{-3} = 2,0 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,7}{1,000 \times 2,0} = 0,836 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 10,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 2949 / 250 = 11,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 10,1 < 11,8 = a_{\text{gr}}$$

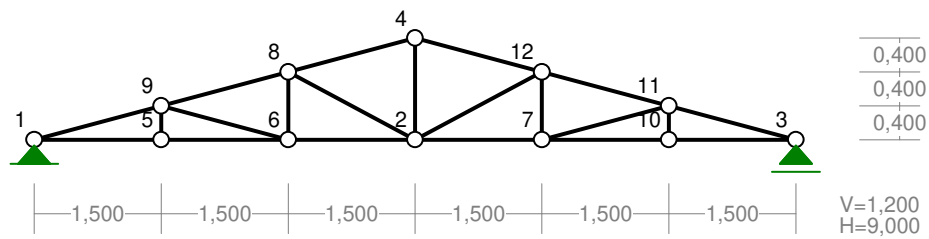
POZ. 2.0. KRATOWNICA DACHOWA

Projektuje się kratownicę stalową dwuspadową w rozstawie dźwigarów co $a=2,95\text{m}$ o nachyleniu dźwigara 15° , stal S235

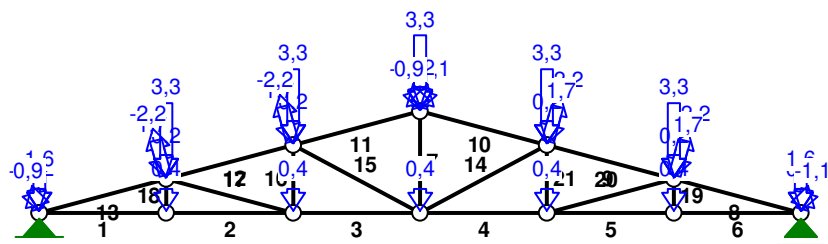
Zebranie obciążeń

<u>1. Płyta warstwowa 140/120</u> $0,103 * 1,55 * 2,95 = 0,47\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK60x60x3</u> $0,054 * 2,95 = 0,16\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55 * 2,95 = 3,29\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $-0,49 * 1,55 * 2,95 = -2,24\text{kN}$ $0,38 * 1,55 * 2,95 = 1,74\text{kN}$	<u>1. Płyta warstwowa 140/120</u> $0,103 * 1,55/2 * 2,95 = 0,24\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK60x60x3</u> $0,054 * 2,95 = 0,16\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55/2 * 2,95 = 1,65\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $-0,49 * \frac{1,55}{2} * 2,95 = -1,12\text{kN}$ $0,38 * 1,55/2 * 2,95 = 0,87\text{kN}$
<u>PAS DOLNY</u> $0,25 * 1,50 = 0,38\text{kN}$	<u>PAS DOLNY</u> $0,25 * 1,50 = 0,38\text{kN}$

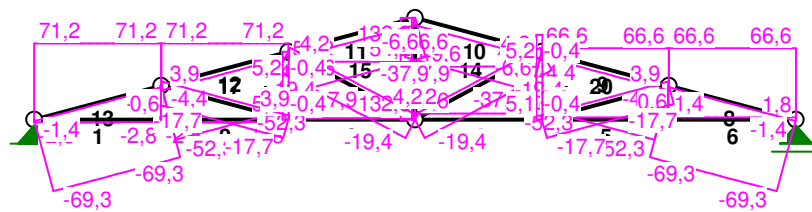
SCHEMAT STATYCZNY



ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ



NORMALNE-OBWIEDNIE :

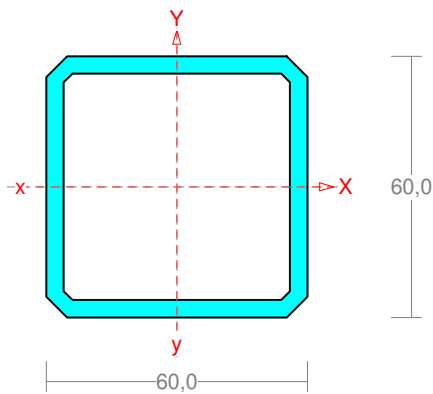


PAS GÓRNY

Pręt nr 13

Zadanie: kratownica

Przekrój: H 60x 60x 4.0~



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=41,3$ $J_yg=41,3$ $A=8,26$ $i_x=2,2$ $i_y=2,2$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=4,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,776$; $x_b = 0,776$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABD**

$M_x = -0,0$ kNm, $V_y = 0,0$ kN, $N = -69,3$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -82,4$ MPa $\sigma_c = -85,4$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 0,776$; $x_b = 0,776$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -82,4$ MPa $\sigma_c = -85,4$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -83,9$ $\Delta\sigma = 1,5$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 83,9 / 1,000 + 1,5 = 85,4 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,552$.

Siła osiowa: $N = -69,3$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 8,26$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 8,26 \times 215 \times 10^{-1} = 177,6$ kN.

Warunek nośności (31):

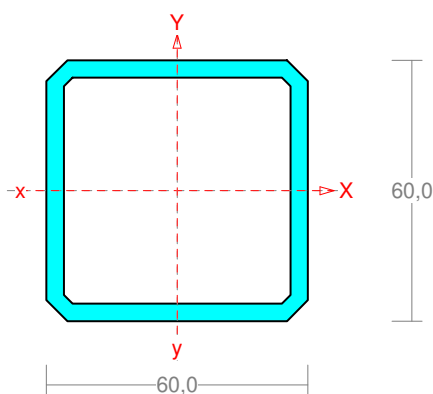
$$N = 69,3 < 177,6 = N_{Rt}$$

PAS DOLNY

Pręt nr 3

Zadanie: kratownica

Przekrój: H 60x 60x 4.0~



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=41,3$ $J_{yg}=41,3$ $A=8,26$ $i_x=2,2$ $i_y=2,2$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=4,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABD**

$M_x = -0,0$ kNm, $V_y = 0,0$ kN, $N = 54,2$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 67,0$ MPa $\sigma_c = 64,1$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 67,0$ MPa $\sigma_c = 64,1$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 65,6$ $\Delta\sigma = 1,5$ MPa $\psi_{ot} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 65,6 / 1,000 + 1,5 = 67,0 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,500$.

Siła osiowa: $N = 54,2$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 8,26$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 8,26 \times 215 \times 10^{-1} = 177,6$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 54,2 < 177,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,500$$

$$l_w = 1,000 \times 1,500 = 1,500 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,000$$

$$l_w = 1,000 \times 3,000 = 3,000 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 41,3}{1,500^2} 10^{-2} = 371,8 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 41,3}{3,000^2} 10^{-2} = 93,0 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 13,8 \times 215 \times 10^{-3} = 3,0 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwiczenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{54,2}{177,6} + \frac{0,0}{1,000 \times 3,0} = 0,312 < 1$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,750$; $x_b = 0,750$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 16,8 = V_0$

$$M_{R,V} = M_R = 3,0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

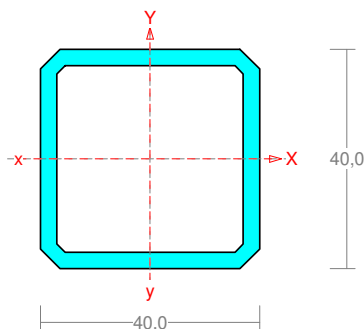
$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{54,2}{177,6} + \frac{0,0}{3,0} = 0,312 < 1$$

KRZYŻULCE, SŁUPKI

Pręt nr 7

Zadanie: kratownica

Przekrój: H 40x 40x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=40,0$ $s=40,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8,9$ $J_{yg}=8,9$ $A=4,03$ $i_x=1,5$ $i_y=1,5$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=3,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 1,200$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABD**

$N = 12,8$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 31,7$ MPa $\sigma_c = 31,7$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 1,200$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 31,7$ MPa $\sigma_c = 31,7$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 31,7$ $\Delta\sigma = 0,0$ MPa $\psi_{ot} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 31,7 / 1,000 + 0,0 = 31,7 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 1,200$; $x_b = 0,000$.

Siała osiowa: $N = 12,8$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 4,03$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 4,03 \times 215 \times 10^{-1} = 86,6$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 12,8 < 86,6 = N_{Rt}$$

POZ. 3.0 ELEMENTY ŻELBETOWE

POZ.3.1. WIENIEC ŻELBETOWY 25x25cm

Projektuje się wykonać wieńce żelbetowe o przekroju 25x25cm z betonu kl. C20/25, zbrojony stalą kl. A-IIIIN (RB500W).

Przyjęto wieniec:

- przekroju $b=25$ cm, $h=25$ cm, beton kl. C20/25.
- zbrojenie dołem i górą po 2 ϕ 12mm, stal A-IIIIN (RB500W),
- strzemiona dwucięte ϕ 6 co 30cm, stal A-0,

POZ.3.2. TRZPIEŃ ŻELBETOWY 25x25cm

Projektuje się wykonać trzpień żelbetowy o przekroju 25x25cm z betonu kl. C20/25, zbrojony stalą kl. A-IIIIN (RB500W).

Przyjęto wieniec:

- przekroju $b=25$ cm, $h=25$ cm, beton kl. C20/25.

- zbrojenie 4ø12mm, stal A-IIIN (RB500W),
- strzemiona dwucięte ø6 co 30cm, stal A-0,

POZ.3.3. NADPROŻE ŻELBETOWE 25x25cm

Projektuje się wykonać nadproże żelbetowe o przekroju 25x25cm z betonu kl. C20/25, zbrojony stalą kl. A-IIIN (RB500W).

Przyjęto wieniec:

- przekroju b=25cm, h=25cm, beton kl. C20/25.
- zbrojenie dołem 4ø12mm, górą 2ø12mm stal A-IIIN (RB500W),
- strzemiona dwucięte ø6 co 30cm, stal A-0,

POZ.3.5.-3.7 NADPROŻE

Projektuje się wykonać nadproża prefabrykowane 2x L19 lub strunobetonowe

3.4 L= 210 cm,

3.5 L=120 cm,

3.6 L =180 cm

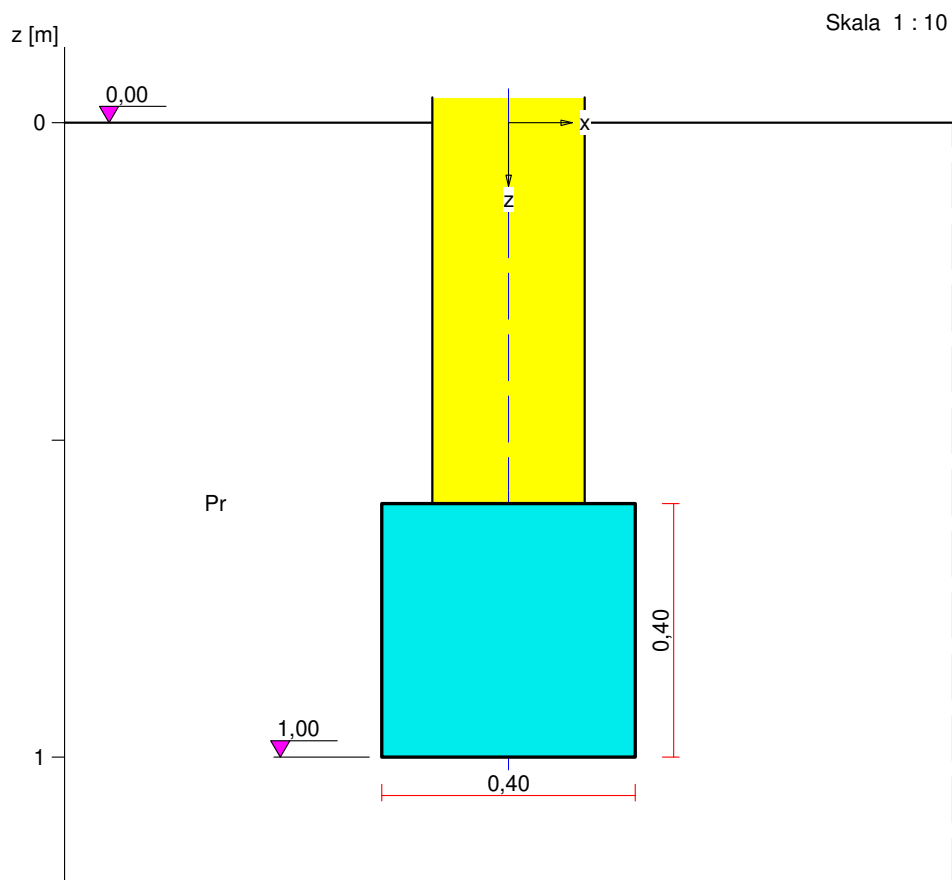
POZ. 4.0. FUNDAMENTY

POZ. 4.1. ISTNIEJĄCA ŁAWA FUNDAMENTOWA

1.Zestawienie obciążeń w kN/m

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g_{char}	γ_f	g_{obl}
Oddz. stałe od dachu 15,60/3,0	5,20	1,42	7,38
Wieniec 0,25*0,25*25,0*2	3,13	1,20	3,75
Ściana murowana 0,90*0,24*9,0	1,94	1,20	2,33
Ściana parteru 4,60*0,25*18	20,70	1,20	24,84
Ściana parteru 4,60*0,12*14	7,73	1,20	9,28
Ściana fundamentowa 0,24*0,64*23,0	3,53	1,30	4,59
Styropian 0,12*0,45*1,60	0,09	1,20	0,11
Tynk 0,015*19,0*6,60*2	3,76	1,30	4,89
Razem	46,08	1,24	57,17

Nazwa fundamentu: ława



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Poziom terenu: istniejący $z_t = 0,00$ m, projektowany $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody gruntowej [m]	I_p/I_L	Stopień wilgotn.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek gruby	brak wody	0,50	m.wilg.

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość: $b = 0,24$ m, długość: $l = 1,00$ m,

Współrzędne końców osi ściany:

$x_1 = 7,80$ m, $y_1 = 8,80$ m, $x_2 = 8,80$ m, $y_2 = 8,80$ m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = -90,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom redukcji obciążenia: $z_{obc} = 0,60$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	γ
	obciążenia	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D	57,2	0,0	0,00	1,20

4. Materiał

Rodzaj materiału: **beton**

Klasa betonu: B20,

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Szerokość: $B = 0,40$ m, wysokość: $H = 0,40$ m, mimośród: $E = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,00	0,42	0,00

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 0,40$ m, $L = 1,00$ m.

Poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $N = 57,17$ kN/m, mimośród względem podstawy fund. $E = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 0,00$ kN/m, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,

moment: $M_y = 0,00$ kNm/m.

Ciężar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa: $G = 6,24$ kN/m, moment: $M_{Gy} = 0,00$ kNm/m.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (57,17 + 6,24) \cdot 1,00 = 63,41 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-57,17 \cdot 0,00 + 0,00) \cdot 1,00 = 0,00 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 0,00 / 63,41 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,07 \text{ m.}$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,40 - 2 \cdot 0,00 = 0,40 \text{ m, } L' = L = 1,00 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

średnia gęstość obl.: $\rho_{D(r)} = 1,53$ t/m³, min. wysokość: $D_{\min} = 1,00$ m,

obciążenie: $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,53 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 15,01$ kPa.

Współczynniki nośności podłoża:

kąt tarcia wewn.: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 29,70^0$, spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00$ kPa,
 $N_B = 7,18$ $N_C = 29,43$, $N_D = 17,79$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 1,00 / 63,41 = 0,0000$, $\text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,5704 = 0,000$,
 $i_B = 1,00$, $i_C = 1,00$, $i_D = 1,00$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,70 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 15,01$ kN/m³.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,90$, $m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,12$, $m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,60$

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 186,38$ kN.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 63,41$ kN < $m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 186,38 = 150,97$ kN.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

WNIOSKI:

ISTNIEJĄCE ŁAWY FUNDAMENTOWE PRZENIOSA PROJEKTOWANE **OBCIĄŻENIA**

POZ. 5.0. STĘŻENIA

POZ. 5.1. STĘŻENIA POŁACIOWE

W celu zapewnienia stateczności dźwigarów projektuje się stężenia połaciowe między dźwigarami w pasach skrajnych. Przyjęto skratowanie z pręta Ø16. Stal S235.

POZ. 5.2. TEŻNIK PODŁUŻNY

W celu zapewnienia stateczności kratownic projektuje się stężenia pasu dolnego L40x40x4. Stal S235.

PROJEKTOWANA ROZBUDOWA

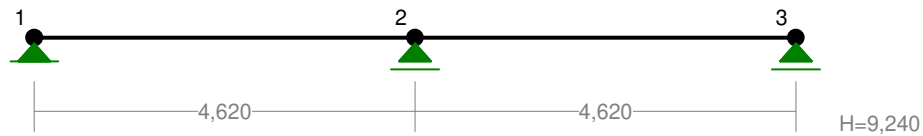
POZ. 6.0. PŁATWIE I RYGLE STALOWE

POZ. 6.1. PŁATEW DACHOWA

1. Długość obliczeniowa

$$L_{eff} = L_s * 1,05 = 4,40 * 1,05 = 4,62m$$

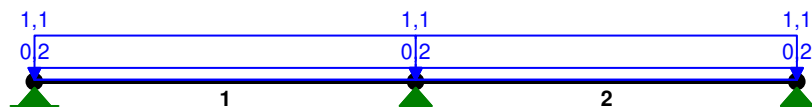
SCHEMAT STATYCZNY



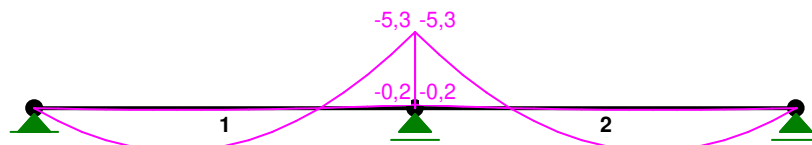
2. Zebranie obciążeń

<i>RODZAJ OBCIĄŻENIA</i>	g char	γf	g obl
Płyta warstwowa 140/120 0,103*1,55	0,18	1,20	0,22
Obc. śniegiem 0,72*1,55	1,12	1,50	1,67
RAZEM	1,30	1,47	2,89

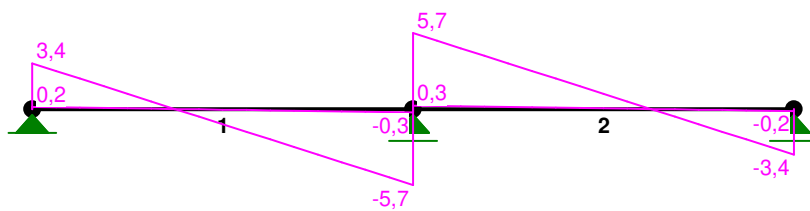
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



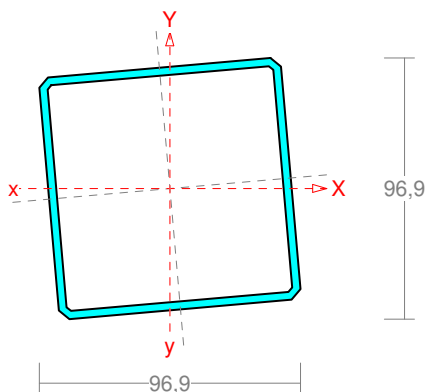
TNĄCE-OBWIEDNIE:



Pręt nr 1

Zadanie: nowe

Przekrój: H 90x 90x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=90,0$ $s=90,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=124,8$ $J_{yg}=124,8$ $A=10,03$ $i_x=3,5$ $i_y=3,5$.

Materiał: **St3SX,St3SY,St3S,St3V,St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=3,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = 5,3$ kNm, **$V_y = -5,7$ kN,** **$N = 0,0$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 205,3$ MPa $\sigma_c = -205,3$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 205,3$ MPa $\sigma_c = -205,3$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 205,3$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 205,3 = 205,3 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,400 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,790 \quad \text{dla } l_0 = 4,620$$
$$l_w = 0,790 \times 4,620 = 3,650 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 4,620$$
$$l_w = 1,000 \times 4,620 = 4,620 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 124,8}{3,650^2} 10^{-2} = 189,6 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 124,8}{4,620^2} 10^{-2} = 118,3 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 25,8 \times 215 \times 10^{-3} = 5,5 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwiczenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{5,3}{1,000 \times 5,5} = 0,955 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 13,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 4620 / 250 = 18,5 \text{ mm}$$

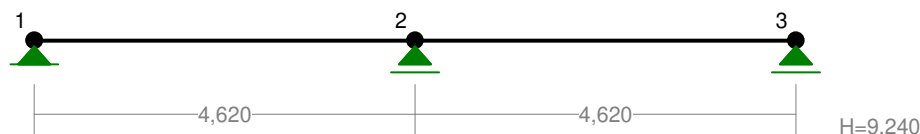
$$a_{\max} = 13,3 < 18,5 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 5.2. RYGLE ŚCIENNE

1. Długość obliczeniowa

$$L_{\text{eff}} = L_s * 1,05 = 4,40 * 1,05 = 4,62 \text{ m}$$

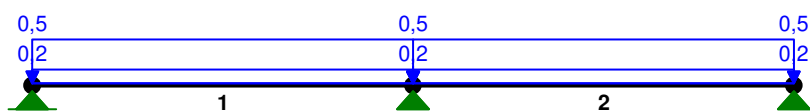
SCHEMAT STATYCZNY



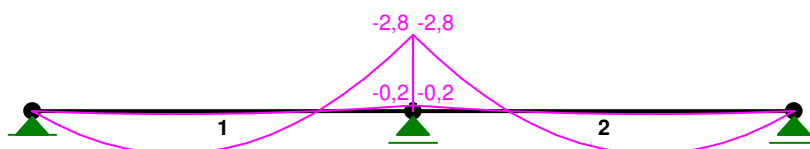
2. Zebranie obciążeń

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g_{char}	γ_f	g_{obl}
Płyta warstwowa 100 0,09*2,00	0,18	1,20	0,22
Obc. wiatrem 0,25*2,00	0,50	1,50	0,75
RAZEM	1,30	1,47	2,89

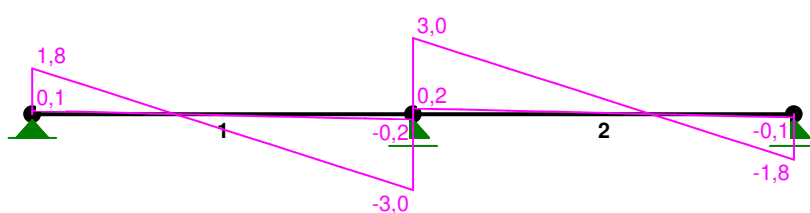
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



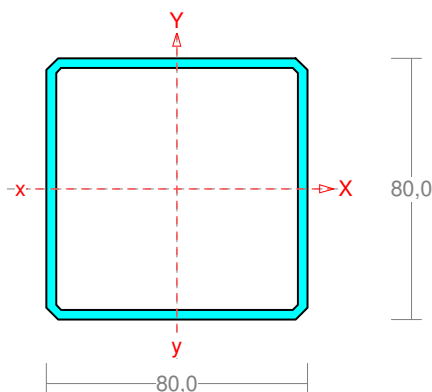
SIŁY PRZESKÓCZENIA-OBWIEDNIE:



Pręt nr 1

Zadanie: nowe

Przekrój: H 80x 80x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=80,0$ $s=80,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=85,9$ $J_{yg}=85,9$ $A=8,83$ $i_x=3,1$ $i_y=3,1$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=3,0$** .

Siły przekrojowe:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = 2,8$ kNm, **$V_y = -3,0$ kN,** **$N = 0,0$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 129,5$ MPa $\sigma_c = -129,5$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 129,5$ MPa $\sigma_c = -129,5$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 129,5$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 4,8$ cm² $\tau = 6,3$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 129,5 = 129,5 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 6,3 / 1,000 = 6,3 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{129,5^2 + 3 \times 6,3^2} = 130,0 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,400 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,790 \quad \text{dla } l_0 = 4,620$$

$$l_w = 0,790 \times 4,620 = 3,650 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 4,620$$

$$l_w = 1,000 \times 4,620 = 4,620 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 85,9}{3,650^2} 10^{-2} = 130,4 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 85,9}{4,620^2} 10^{-2} = 81,4 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 21,5 \times 215 \times 10^{-3} = 4,6 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{2,8}{1,000 \times 4,6} = 0,602 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 4,6 \times 215 \times 10^{-1} = 57,6 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 17,3 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 3,0 < 57,6 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 4,620$; $x_b = 0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 3,0 < 17,3 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 4,6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{2,8}{4,6} = 0,602 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 10,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 4620 / 200 = 23,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 10,5 < 23,1 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 7.0. RAMA STALOWA

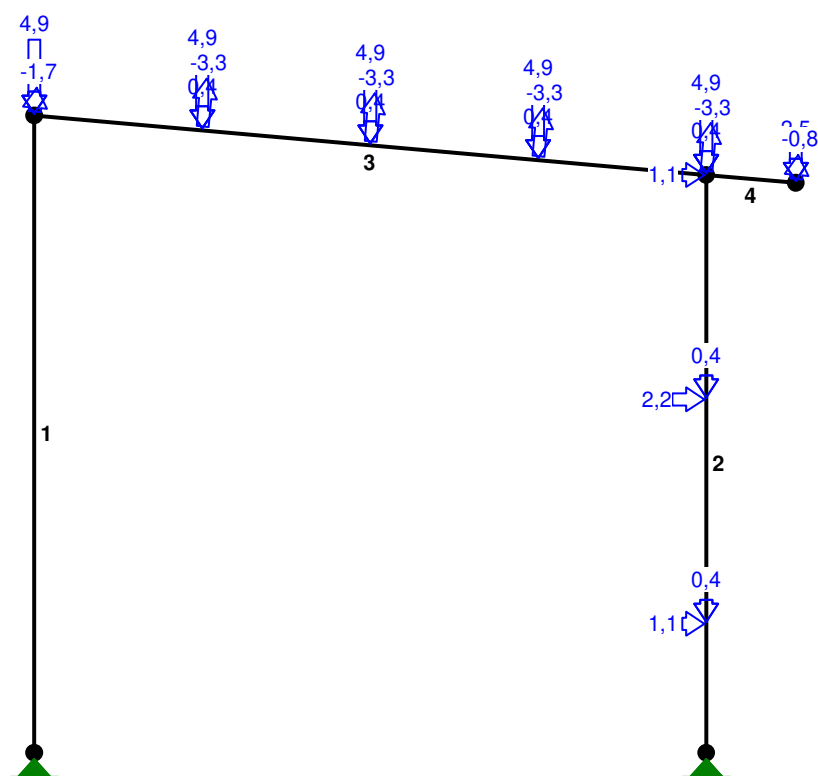
Projektuje się stalową ramę obciążoną płatkami dachowymi. Rozstaw max. 2,20m. Stal S235.

Zebranie obciążeń

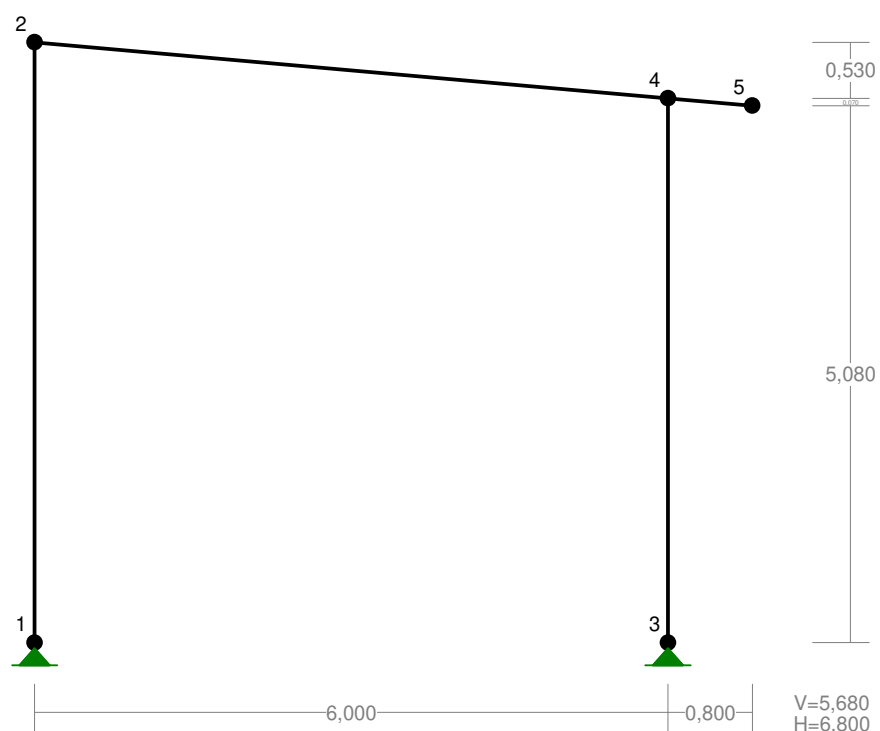
1. Płyta warstwowa 140/120 $0,103 * 1,55 * 4,40 = 0,70 \text{ kN}$	1. Płyta warstwowa 140/120 $0,103 * 1,55 / 2 * 4,40 = 0,36 \text{ kN}$
---	---

<u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 4,40 = 0,35\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55 * 4,40 = 4,92\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $-0,49 * 1,55 * 4,40 = -3,34\text{kN}$	<u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 4,40 = 0,35\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55/2 * 4,40 = 2,46\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $-0,49 * \frac{1,55}{2} * 4,40 = -1,68\text{kN}$
<u>ŚCIANA BOCZNA</u> <u>1. Płyta warstwowa 140/120</u> $0,103 * 2,00 * 4,40 = 0,90\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 4,40 = 0,35\text{kN}$ <u>3. Obc. wiatrem</u> $-0,25 * 2,00 * 4,40 = -2,20\text{kN}$	<u>ŚCIANA BOCZNA</u> <u>1. Płyta warstwowa 140/120</u> $0,103 * 2,00 * 4,40 = 0,46\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 4,40 = 0,35\text{kN}$ <u>3. Obc. wiatrem</u> $-0,25 * 2,00 * 4,40 = -1,10\text{kN}$

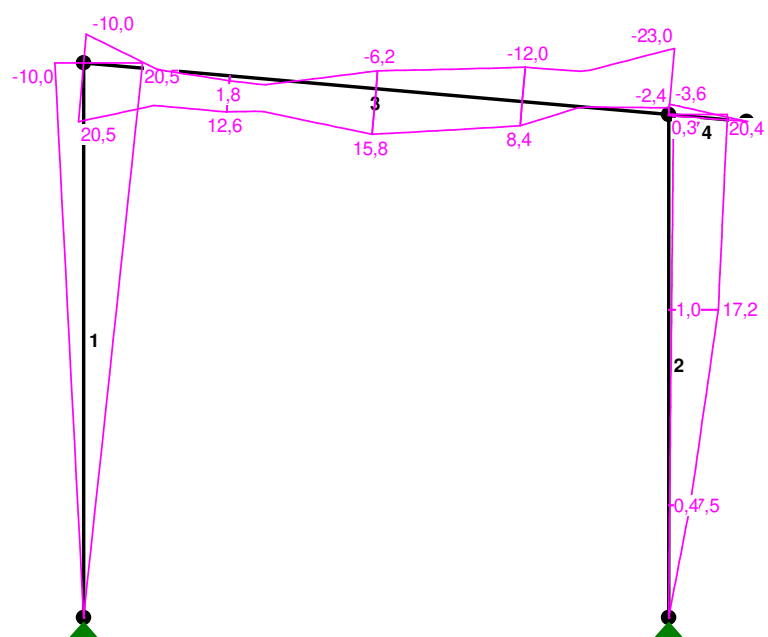
OBCIĄŻENIA:



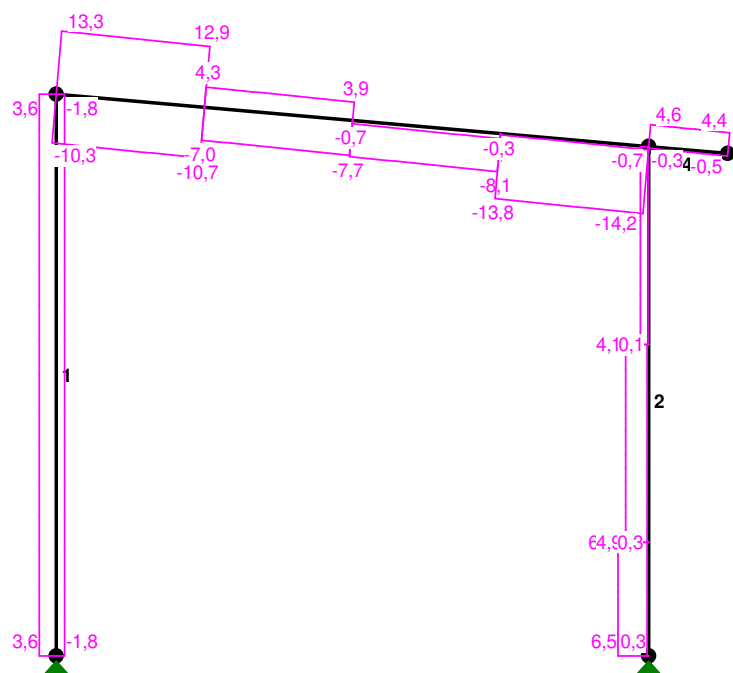
WĘZŁY:



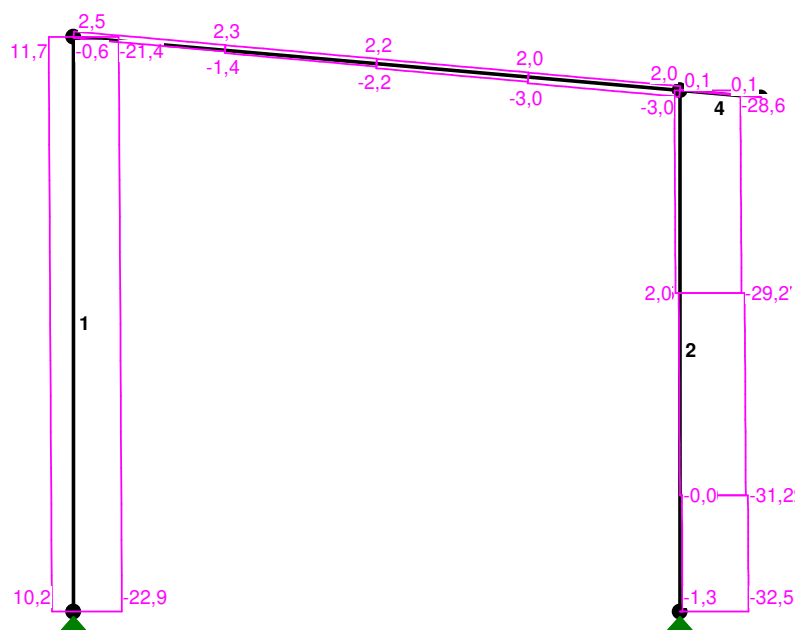
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE—OBWIEDNIE:



NORMALNE—OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE – WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

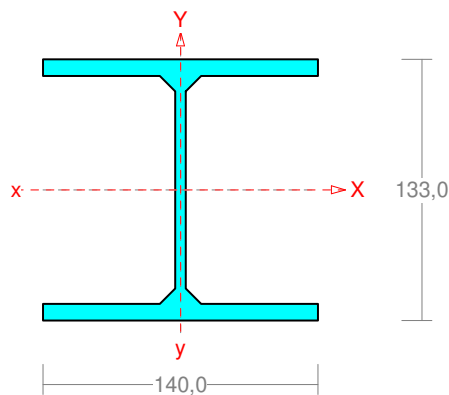
Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	5,680	20,5*	3,6	11,7	AC
	5,680	-10,0*	-1,8	-21,4	AB
	5,680	20,5	3,6*	11,7	AC
	0,000	0,0	3,6*	10,2	AC
	5,680	20,5	3,6	11,7*	AC
	0,000	0,0	-1,8	-22,9*	AB
2	5,150	20,4*	1,6	-20,1	ABC
	0,000	-0,0*	1,8	-32,5	AB
	1,150	7,5	6,5*	-23,6	ABC
	0,000	-0,0	6,5*	-23,9	ABC
	5,150	13,0	0,1	2,6*	AC
	0,000	-0,0	1,8	-32,5*	AB
3	0,000	20,5*	-10,3	2,5	AC
	6,023	-23,0*	-12,1	-0,4	ABC
	6,023	-12,6	-14,2*	-3,0	AB
	0,000	20,5	-10,3	2,5*	AC
	6,023	-12,6	-14,2	-3,0*	AB
4	0,000	0,3*	-0,3	0,1	AC
	0,000	-3,6*	4,6	0,4	AB
	0,000	-3,6	4,6*	0,4	AB
	0,000	-3,6	4,6	0,4*	AB
	0,803	-0,0	-0,5	0,1*	AC

* = Max/Min

POZ. 7.1. DŹWIGAR DACHOWY**Pręt nr 3**

Zadanie: ramax2

Przekrój: I 140 HEA



Wymiary przekroju:

I 140 HEA h=133,0 g=5,5 s=140,0 t=8,5 r=12,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_x = 1033,0$ $J_y = 389,0$ $A = 31,40$ $i_x = 5,7$ $i_y = 3,5$ $J_w = 15063,7$ $J_t = 7,7$ $i_s = 6,7$.

Materiał: **18G2, 18G2A**. Wytrzymałość **$f_d = 305$ MPa** dla **$g = 8,5$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,012$; $x_b = 3,012$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = -15,8$ kNm, $V_y = -4,7$ kN, $N = -2,2$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 101,3$ MPa $\sigma_c = -102,7$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 3,012$; $x_b = 3,012$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 101,3$ MPa $\sigma_c = -102,7$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -0,7$ $\Delta\sigma = 102,0$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 7,3$ cm² $\tau = 6,5$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,7 / 1,000 + 102,0 = 102,7 < 305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 6,5 / 1,000 = 6,5 < 176,9 = 0,58 \times 305 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{102,7^2 + 3 \times 0,0^2} = 102,7 < 305 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 6,023$; $x_b = 0,000$.

Siła osiowa: $N = -3,0$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 31,40$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 31,40 \times 305 \times 10^{-1} = 957,7$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 3,0 < 957,7 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 0,386 \quad \chi_2 = 0,363 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,625 \quad \text{dla } l_0 = 6,023$$
$$l_w = 0,625 \times 6,023 = 3,765 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 6,023$$
$$l_w = 1,000 \times 6,023 = 6,023 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$.

Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 6,023$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 6,023$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1033,0}{3,765^2} 10^{-2} = 1474,7 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 389,0}{6,023^2} 10^{-2} = 216,9 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_{\omega}}{l_{\omega}^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{6,7^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 15063,7}{6,023^2} 10^{-2} + 80 \times 7,7 \times 10^2 \right) = 1546,9 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 6,023$; $x_b = 0,000$:

$$N_{RC} = A f_d = 31,4 \times 305 \times 10^{-1} = 957,7 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 1474,7} = 0,931 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,694$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 216,9} = 2,427 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,155$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 1546,9} = 0,905 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,617$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,155$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{3,0}{0,155 \times 957,7} = 0,020 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{ow} = 6023 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 35}{1,000} \times \sqrt{215 / 305} = 1034 < 6023 = l_1$$

Pręt nie jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00 \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,270$, $A_2 = 1,610$, $B = 1,880$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,270 \times 0,00 + 1,610 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 216,9 + \sqrt{(0,000 \times 216,9)^2 + 1,880^2 \times 0,067^2 \times 216,9 \times 1546,9} = 73,3$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{47,4 / 73,3} = 0,925$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,012$; $x_b = 3,012$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 155,3 \times 305 \times 10^{-3} = 47,4 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,925$ wynosi $\varphi_L = 0,813$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{2,2}{957,7} + \frac{15,8}{0,813 \times 47,4} = 0,414 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -15,8 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,694 \times 0,931^2 \frac{1,000 \times 15,8}{47,4} \times \frac{3,0}{957,7} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{3,0}{0,694 \times 957,7} + \frac{1,000 \times 15,8}{0,813 \times 47,4} = 0,416 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{3,0}{0,155 \times 957,7} + \frac{1,000 \times 15,8}{0,813 \times 47,4} = 0,432 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 6,023$; $x_b = 0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 7,3 \times 305 \times 10^{-1} = 129,4 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 77,6 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 14,2 < 129,4 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,012$; $x_b = 3,012$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 4,7 < 77,6 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 47,4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{2,2}{957,7} + \frac{15,8}{47,4} = 0,337 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 3,012$, $x_b = 3,012$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 4,7 < 129,4 = 129,4 \times \sqrt{1 - \left(\frac{2,2}{957,7} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(\frac{N}{N_{Rc}} \right)^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 15,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 6023 / 250 = 24,1 \text{ mm}$$

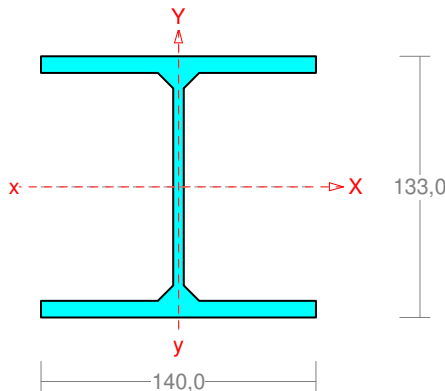
$$a_{\max} = 15,4 < 24,1 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 7.2. SŁUP STALOWY

Pręt nr 2

Zadanie: ramax2

Przekrój: I 140 HEA



Wymiary przekroju:

I 140 HEA $h=133,0$ $g=5,5$ $s=140,0$ $t=8,5$ $r=12,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=1033,0$ $J_{yg}=389,0$ $A=31,40$ $i_x=5,7$ $i_y=3,5$ $J_w=15063,7$ $J_t=7,7$ $i_s=6,7$.

Materiał: **18G2,18G2A**. Wytrzymałość **$f_d=305$ MPa** dla **$g=8,5$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 5,150$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = -9,0$ kNm, **$V_y = 1,8$ kN,** **$N = -28,6$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 49,0$ MPa $\sigma_c = -67,3$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 5,150$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 49,0$ MPa $\sigma_c = -67,3$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -9,1$ $\Delta\sigma = 58,1$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 7,3 \text{ cm}^2$ $\tau = 2,4$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 9,1 / 1,000 + 58,1 = 67,3 < 305 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 2,4 / 1,000 = 2,4 < 176,9 = 0,58 \times 305 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{67,3^2 + 3 \times 0,0^2} = 67,3 < 305 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,150$.

Siła osiowa: $N = -32,5 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 31,40 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 31,40 \times 305 \times 10^{-1} = 957,7 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 32,5 < 957,7 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,539 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,561 \quad \text{dla } l_0 = 5,150$$

$$l_w = 2,561 \times 5,150 = 13,189 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,150$$

$$l_w = 1,000 \times 5,150 = 5,150 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$.

Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 5,150 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 5,150 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1033,0}{13,189^2} 10^{-2} = 120,1 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 389,0}{5,150^2} 10^{-2} = 296,7 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) =$$

$$\frac{1}{6,7^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 15063,7}{5,150^2} 10^{-2} + 80 \times 7,7 \times 10^2 \right) = 1615,2 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,150$:

$$N_{RC} = A f_d = 31,4 \times 305 \times 10^{-1} = 957,7 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 120,1} = 3,260 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,093$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 296,7} = 2,075 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,203$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{957,7 / 1615,2} = 0,886 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,628$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,093$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\phi N_{Rc}} = \frac{32,5}{0,093 \times 957,7} = 0,365 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{ow} = 5150 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 35}{1,000} \times \sqrt{215 / 305} = 1034 < 5150 = l_1$$

Pręt nie jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00 \text{ cm}$. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00 \text{ cm}$. Przyjęto następujące wartości parametrów zwichrzenia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 1,230$, $B = 1,230$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,000 \times 0,00 + 1,230 \times 0,00 = 0,000$$

$$M_{cr} = \pm A_o N_y + \sqrt{(A_o N_y)^2 + B^2 i_s^2 N_y N_z} =$$

$$0,000 \times 296,7 + \sqrt{(0,000 \times 296,7)^2 + 1,230^2 \times 0,067^2 \times 296,7 \times 1615,2} = 57,3$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{47,4 / 57,3} = 1,046$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,150$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 155,3 \times 305 \times 10^{-3} = 47,4 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 1,046$ wynosi $\phi_L = 0,723$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{28,6}{957,7} + \frac{9,0}{0,723 \times 47,4} = 0,294 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -9,0 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \phi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,093 \times 3,260^2 \frac{1,000 \times 9,0}{47,4} \times \frac{32,5}{957,7} = 0,008$$

$$\Delta_x = 0,008 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\phi N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\phi_L M_{Rx}} = \frac{32,5}{0,093 \times 957,7} + \frac{1,000 \times 9,0}{0,723 \times 47,4} = 0,628 < 0,992 = 1 - 0,008$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\phi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\phi_L M_{Ry}} = \frac{32,5}{0,203 \times 957,7} + \frac{1,000 \times 9,0}{0,723 \times 47,4} = 0,431 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,150$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 7,3 \times 305 \times 10^{-1} = 129,4 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 77,6 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,8 < 129,4 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 5,150$; $x_b = 0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 1,8 < 77,6 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 47,4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R_x,V}} = \frac{28,6}{957,7} + \frac{9,0}{47,4} = 0,221 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 5,150$, $x_b = 0,000$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,8 < 129,3 = 129,4 \times \sqrt{1 - (28,6 / 957,7)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 5,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5150 / 250 = 20,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 5,1 < 20,6 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 8.0. STĘŻENIA

POZ. 8.1. STĘŻENIA POŁACIOWE

W celu zapewnienia stateczności dźwigarów projektuje się stężenia połączeniowe między dźwigarami. Przyjęto skratowanie z pręta $\varnothing 16$. Stal St3S.

POZ. 9.0. STALOWE SŁUPKI

W celu zapewnienia możliwości montażu bram oraz możliwości montażu płyt projektuje się stalowe słupki z rury kwadratowej RK80x80x3.

POZ. 10.0. PODWALINA

Projektuje się podwalinę żelbetową opartą na stopach żelbetowych w rozstawie 4,40m. Beton kl. C20/25, stal kl. A-III, A-0.

Przyjęto:

- betonu kl. C20/25.
- zbrojone stalą kl. A-IIIN,
- przekrój belki $h = 0,70\text{m}$, $b = 0,20\text{m}$,
- zbrojenie dołem $3\varnothing 12$, górą $2\varnothing 12$,

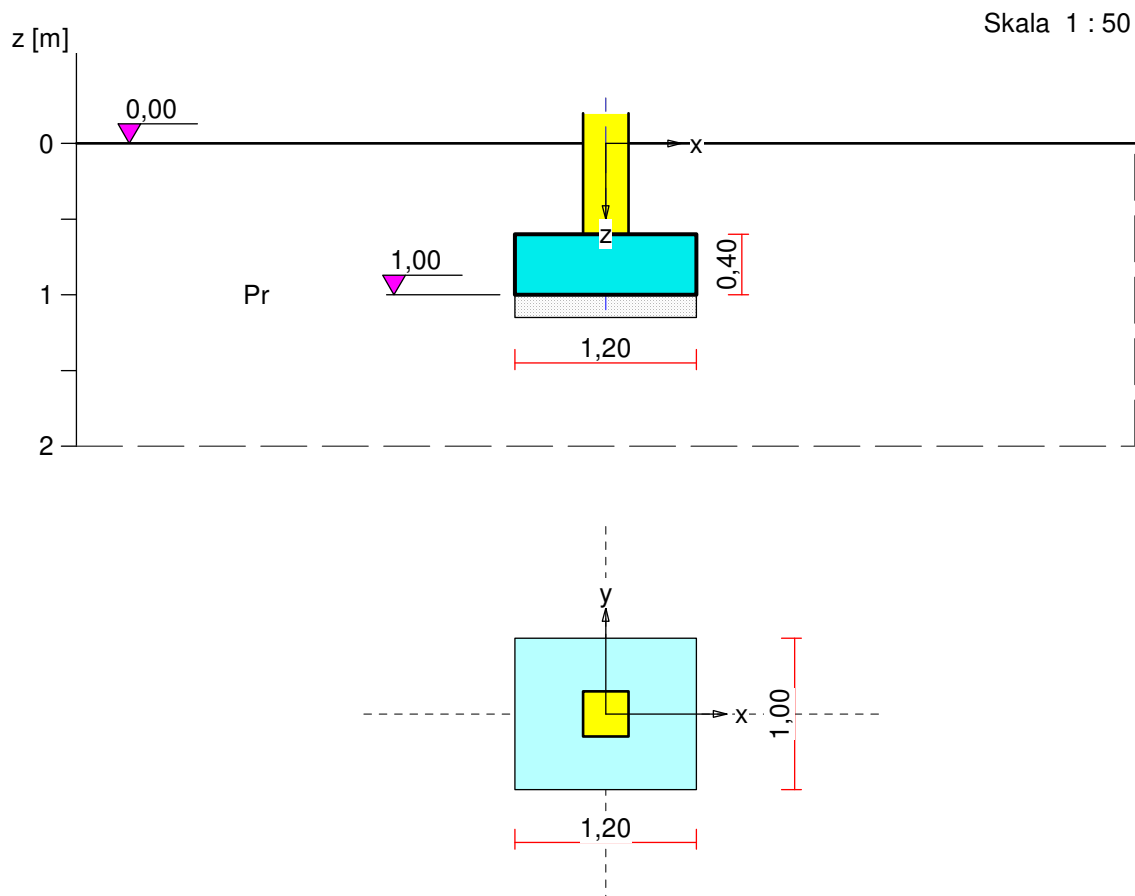
- w przęśle strzemiona 2-cięte $\varnothing 6$ co 30cm
- przy podporach strzemiona 2-cięte $\varnothing 6$ co 15cm na odcinku $l/5$,

POZ. 11.0. FUNDAMENTY

POZ. 11.1. STOPA FUNDAMENTOWA POD SŁUP Z POZ. 6.2.

FUNDAMENT 2. STOPA PROSTOKĄTNA

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Poziom terenu: istniejący $z_t = 0,00$ m, projektowany $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody gruntowej [m]	I_p/I_L	Stopień wilgotn.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek gruby	brak wody	0,50	m.wilg.

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

Wymiary słupa: $b = 0,30$ m, $l = 0,30$ m,

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 10,10$ m, $y_0 = 6,70$ m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 0,60$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D	32,5	0,0	0,0	0,00	0,00	1,20

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B20, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych: $d_x = 12,0$ mm, $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x , grubość otuliny: 5,0 cm.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m,

Wysokość: $H = 0,40$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,00	0,09	0,00

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m.

Poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 32,50$ kN, mimośrody wzgl. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 0,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,

siła pozioma: $H_y = 0,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,

momenty: $M_x = 0,00$ kNm, $M_y = 0,00$ kNm.

Ciężar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek:

siła pionowa: $G = 26,28$ kN/m, momenty: $M_{Gx} = 0,00$ kNm/m, $M_{Gy} = 0,00$ kNm/m.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 32,50 + 26,28 = 58,78 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 32,50 \cdot 0,00 + 0,00 = 0,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -32,50 \cdot 0,00 + (0,00) = 0,00 \text{ kNm.}$$

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 0,00/58,78 = 0,00 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/58,78 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,000 + 0,000 = 0,000 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,20 - 2 \cdot 0,00 = 1,20 \text{ m}, \quad B'_y = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,00 - 2 \cdot 0,00 = 1,00 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,53 \text{ t/m}^3, \quad \text{min. wysokość: } D_{\min} = 1,00 \text{ m},$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,53 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 15,01 \text{ kPa}.$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{kąt tarcia wewn.: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 33,00 \cdot 0,90 = 29,70^\circ, \quad \text{spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa},$$

$$N_B = 7,18 \quad N_C = 29,43, \quad N_D = 17,79.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,00/58,78 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,5704 = 0,000,$$

$$i_{Bx} = 1,00, \quad i_{Cx} = 1,00, \quad i_{Dx} = 1,00.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/58,78 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,5704 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,70 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 15,01 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B'_y/B'_x = 0,79, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B'_y/B'_x = 1,25, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B'_y/B'_x = 2,25$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B'_x \cdot B'_y (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B'_x \cdot i_{Bx}) = 843,70 \text{ kN}.$$

$$Q_{fNBy} = B'_x \cdot B'_y (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B'_y \cdot i_{By}) = 823,22 \text{ kN}.$$

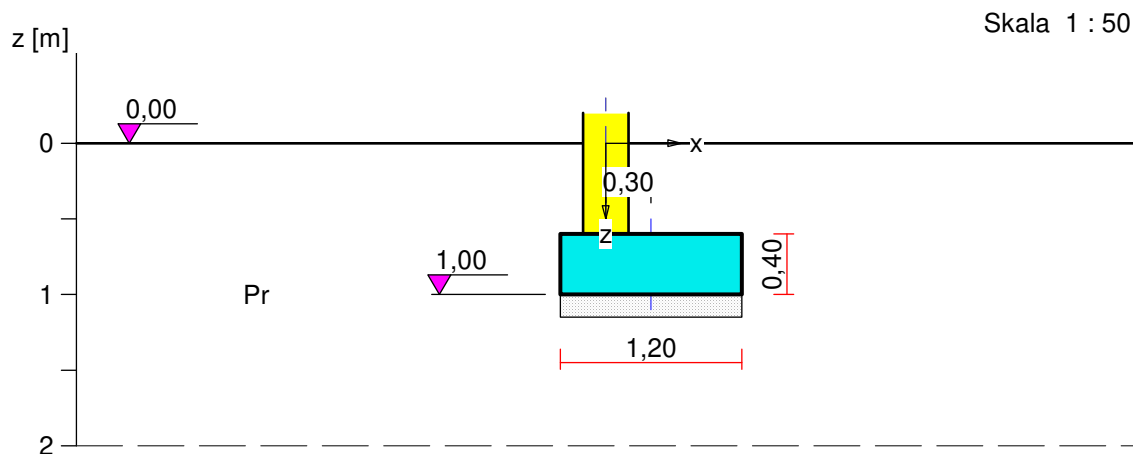
Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

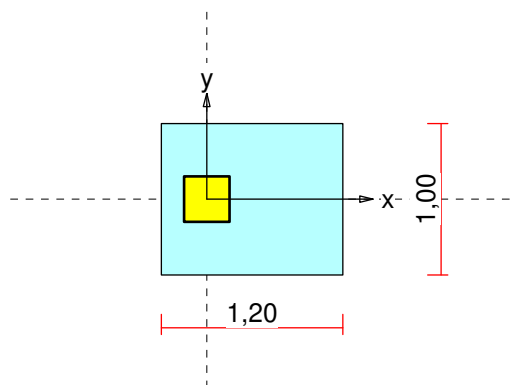
$$N_r = 58,78 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 823,22 = 666,81 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

POZ. 11.2. STOPA FUNDAMENTOWA POD SŁUP Z POZ. 6.2. PRZY ISTN. BUDYNKU

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna





1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Poziom terenu: istniejący $z_t = 0,00$ m, projektowany $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom	Grubość	Nazwa gruntu	Poz. wody	I_D/I_L	Stopień
	stropu [m]	warstwy [m]		gruntowej [m]		wilgotn.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek gruby	brak wody	0,50	m.wilg.

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

Wymiary słupa: $b = 0,30$ m, $l = 0,30$ m,

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 7,50$ m, $y_0 = 6,90$ m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 0,60$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D	22,9	0,0	0,0	0,00	0,00	1,20

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B20, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych: $d_x = 12,0$ mm, $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x, grubość otuliny: 5,0 cm.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m,

Wysokość: $H = 0,40$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,30$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,00	0,09	0,44

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m.

Poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 22,90$ kN, mimośrody wzgl. podst. fund. $E_x = 0,30$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 0,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,

siła pozioma: $H_y = 0,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,40$ m,

momenty: $M_x = 0,00$ kNm, $M_y = 0,00$ kNm.

Ciążar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek:

siła pionowa: $G = 26,28$ kN/m, momenty: $M_{Gx} = 0,00$ kNm/m, $M_{Gy} = 0,32$ kNm/m.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 22,90 + 26,28 = 49,18 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 22,90 \cdot 0,00 + (0,00) = 0,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -22,90 \cdot 0,30 + 0,32 = -6,55 \text{ kNm.}$$

Mimośrody sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 6,55/49,18 = 0,13 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/49,18 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,111 + 0,000 = 0,111 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,20 - 2 \cdot 0,13 = 0,93 \text{ m, } B'_y = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,00 - 2 \cdot 0,00 = 1,00 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,53 \text{ t/m}^3, \text{ min. wysokość: } D_{\min} = 1,00 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,53 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 15,01 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{kąt tarcia wewn.: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 33,00 \cdot 0,90 = 29,70^\circ, \text{ spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 7,18 \quad N_C = 29,43, \quad N_D = 17,79.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 0,00/49,18 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,5704 = 0,000,$$

$$i_{Bx} = 1,00, \quad i_{Cx} = 1,00, \quad i_{Dx} = 1,00.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/49,18 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,5704 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00.$$

Ciążar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,70 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 15,01 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y' / B_x' = 0,77, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y' / B_x' = 1,28, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y' / B_x' = 2,40$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 670,52 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNBy} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 675,63 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 49,18 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 670,52 = 543,12 \text{ kN.}$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

PROJEKTOWANA WIATA STALOWA

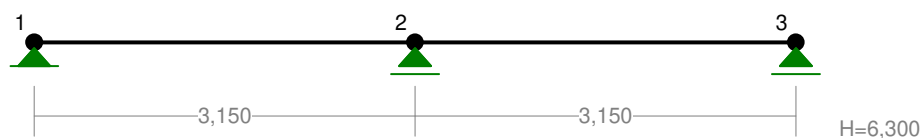
POZ. 12.0. PŁATWIE I RYGLE STALOWE

POZ. 12.1. PŁATEW DACHOWA

1. Długość obliczeniowa

$$L_{eff} = L_s * 1,05 = 3,00 * 1,05 = 3,15m$$

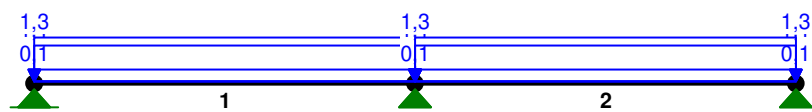
SCHEMAT STATYCZNY



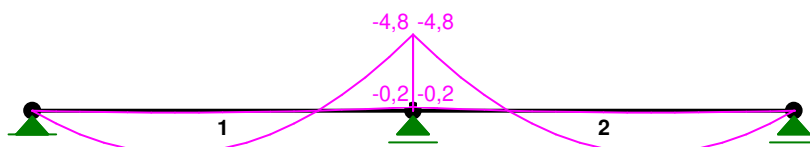
2. Zebranie obciążeń

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g char	γ_f	g obl
Blacha trapezowa 0,05*1,55	0,08	1,20	0,09
Obc. śniegiem 0,72*1,55	1,12	1,50	1,67
Obc. wiatrem 0,86*1,55	1,33	1,50	2,00

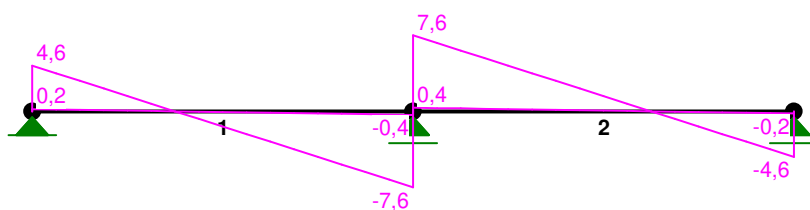
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE – WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

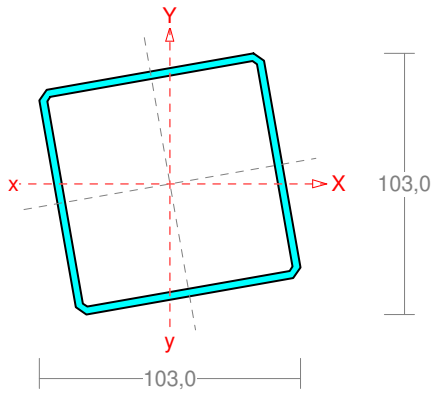
Pręt: x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,181	2,7*	0,0	0,0 ABC
	3,150	-4,8*	-7,6	0,0 ABC
	3,150	-4,8	-7,6*	0,0 ABC
	3,150	-4,8	-7,6	0,0* ABC
	1,181	2,7	0,0	0,0* ABC
	3,150	-4,8	-7,6	0,0* ABC
	1,181	2,7	0,0	0,0* ABC
2	1,969	2,7*	0,0	0,0 ABC
	0,000	-4,8*	7,6	0,0 ABC
	0,000	-4,8	7,6*	0,0 ABC
	0,000	-4,8	7,6	0,0* ABC
	1,969	2,7	0,0	0,0* ABC
	0,000	-4,8	7,6	0,0* ABC
	1,969	2,7	0,0	0,0* ABC

* = Max/Min

Pręt nr 1

Zadanie: wiata_platew

Przekrój: H 90x 90x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=90,0$ $s=90,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=124,8$ $J_yg=124,8$ $A=10,03$ $i_x=3,5$ $i_y=3,5$.

Materiał: **St3SX,St3SY,St3S,St3V,St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=3,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,150$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$M_x = 4,8$ kNm, **$V_y = -7,6$ kN,** **$N = 0,0$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 197,5$ MPa $\sigma_c = -197,5$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 3,150$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 197,5$ MPa $\sigma_c = -197,5$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 197,5$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 197,5 = 197,5 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,400 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,790 \quad \text{dla } l_0 = 3,150$$

$$l_w = 0,790 \times 3,150 = 2,489 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,150$$

$$l_w = 1,000 \times 3,150 = 3,150 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 124,8}{2,488^2} 10^{-2} = 407,7 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 124,8}{3,150^2} 10^{-2} = 254,5 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,150$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 24,2 \times 215 \times 10^{-3} = 5,2 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwiczenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{4,8}{1,000 \times 5,2} = 0,918 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 5,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 3150 / 250 = 12,6 \text{ mm}$$

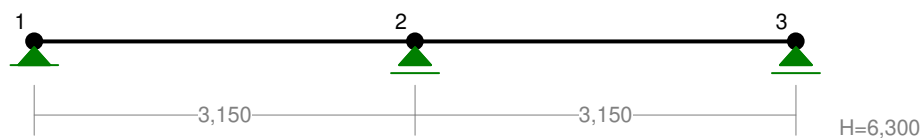
$$a_{\max} = 5,4 < 12,6 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 12.2. RYGLE ŚCIENNE

1. Długość obliczeniowa

$$L_{eff} = L_s * 1,05 = 3,00 * 1,05 = 3,15m$$

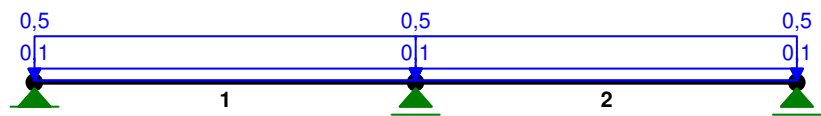
SCHEMAT STATYCZNY



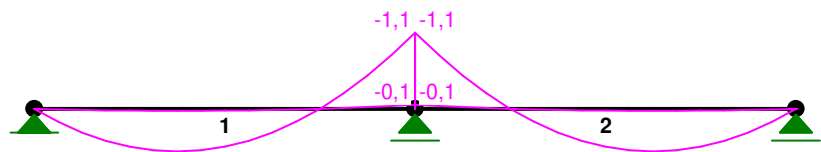
2. Zebranie obciążeń

RODZAJ OBCIĄŻENIA	g char	γ_f	g obl
Blacha trapezowa 0,05*1,55	0,08	1,20	0,09
Obc. wiatrem 0,30*1,65	0,50	1,50	0,74
RAZEM	0,58	1,43	0,83

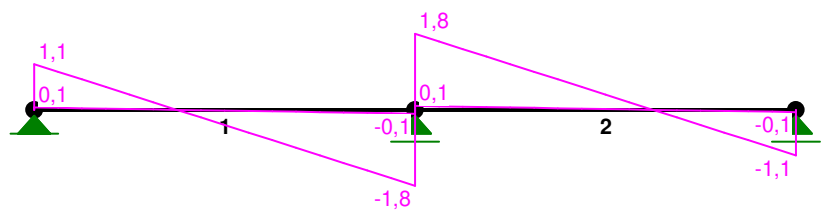
OBCIĄŻENIA:



MOMENTY-OBWIEDNIE:



SIŁY-OBWIEDNIE:



SIŁY

PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

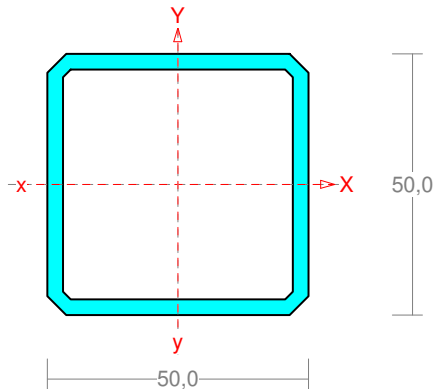
Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	1,181	0,6*	-0,0	0,0	AB
	3,150	-1,1*	-1,8	0,0	AB
	3,150	-1,1	-1,8*	0,0	AB
	3,150	-1,1	-1,8	0,0*	AB
	1,181	0,6	-0,0	0,0*	AB
	3,150	-1,1	-1,8	0,0*	AB
	1,181	0,6	-0,0	0,0*	AB
2	1,969	0,6*	-0,0	0,0	AB
	0,000	-1,1*	1,8	0,0	AB
	0,000	-1,1	1,8*	0,0	AB
	0,000	-1,1	1,8	0,0*	AB
	1,969	0,6	-0,0	0,0*	AB
	0,000	-1,1	1,8	0,0*	AB
	1,969	0,6	-0,0	0,0*	AB

* = Max/Min

Pręt nr 1

Zadanie: nowe

Przekrój: H 50x 50x 3.0~



Wymiary przekroju:

$h=50,0$ $s=50,0$ $g=3,0$ $t=3,0$ $r=3,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=18,8$ $J_{yg}=18,8$ $A=5,23$ $i_x=1,9$ $i_y=1,9$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=3,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,150$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$M_x = 1,1$ kNm, **$V_y = -1,8$ kN,** **$N = 0,0$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 147,4$ MPa $\sigma_c = -147,4$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 3,150$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 147,4$ MPa $\sigma_c = -147,4$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 147,4$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 3,0$ cm² $\tau = 5,8$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 147,4 = 147,4 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 5,8 / 1,000 = 5,8 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{147,4^2 + 3 \times 5,8^2} = 147,7 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$\chi_1 = 1,000$ $\chi_2 = 0,400$ węzły nieprzesuwne \Rightarrow $\mu = 0,790$ dla $l_o = 3,150$

$$l_w = 0,790 \times 3,150 = 2,488 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,150 \\ l_w = 1,000 \times 3,150 = 3,150 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 18,8}{2,488^2} 10^{-2} = 61,3 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 18,8}{3,150^2} 10^{-2} = 38,2 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$$x_a = 3,150; \quad x_b = 0,000.$$

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 7,5 \times 215 \times 10^{-3} = 1,6 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwężenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{1,1}{1,000 \times 1,6} = 0,685 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$x_a = 3,150; \quad x_b = 0,000.$$

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 2,8 \times 215 \times 10^{-1} = 35,2 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 10,5 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,8 < 35,2 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$$x_a = 3,150; \quad x_b = 0,000.$$

- dla zginania względem osi X: $V_y = 1,8 < 10,5 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 1,6 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{1,1}{1,6} = 0,685 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 8,6 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3150 / 200 = 15,7 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 8,6 < 15,7 = a_{\text{gr}}$$

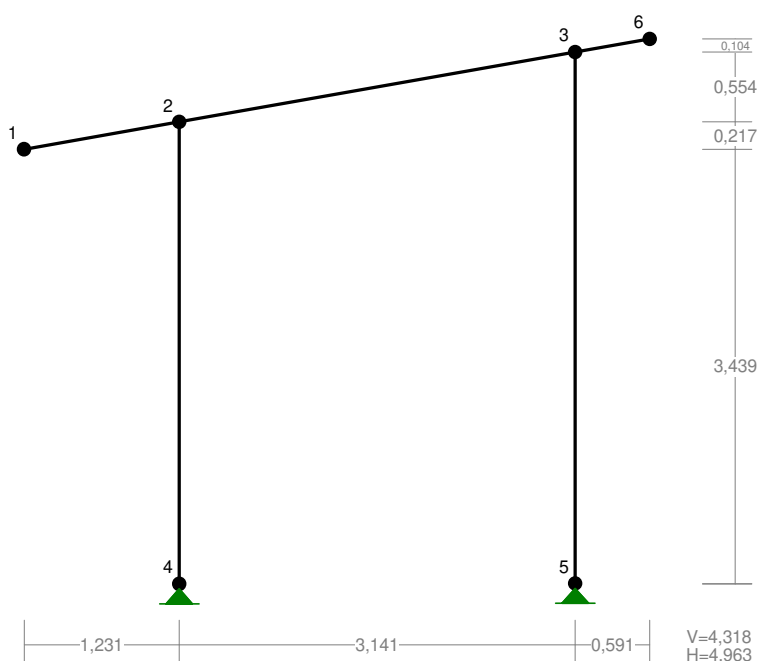
POZ. 13.0. RAMA STALOWA

Projektuje się stalową ramę obciążoną płatwami dachowymi. Rozstaw max. 3,00m. Stal S235.

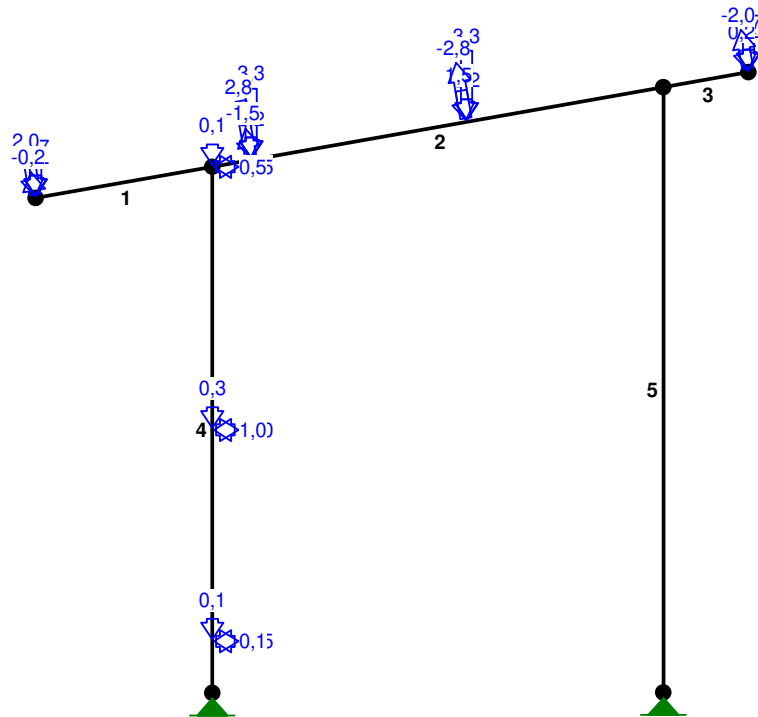
Zebranie obciążeń

<u>1. Blacha trapezowa</u> $0,05 * 1,55 * 3,00 = 0,23\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 3,00 = 0,24\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55 * 3,00 = 3,35\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $(-)0,60 * 1,55 * 3,00 = (-)2,79\text{kN}$ $(-)0,33 * 1,55 * 3,00 = (-)1,53\text{kN}$	<u>1. Blacha trapezowa</u> $0,05 * 1,55/2 * 3,00 = 0,12\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK90x90x3</u> $0,08 * 3,00 = 0,24\text{kN}$ <u>3. Obc. śniegiem</u> $0,72 * 1,55/2 * 3,00 = 1,68\text{kN}$ <u>4. Obc. wiatrem</u> $(-)0,86 * \frac{1,55}{2} * 3,00 = (-)2,01\text{kN}$ $(-)0,08 * \frac{1,55}{2} * 3,00 = (-)0,19\text{kN}$
<u>ŚCIANA BOCZNA</u> <u>1. Blacha trapezowa</u> $0,05 * 1,65 * 3,00 = 0,25\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK50x50x3</u> $0,04 * 3,00 = 0,12\text{kN}$ <u>3. Obc. wiatrem</u> $-0,30 * 1,65 * 3,00 = -0,99\text{kN}$	<u>ŚCIANA BOCZNA</u> <u>1. Blacha trapezowa</u> $0,05 * 1,65/2 * 3,00 = 0,12\text{kN}$ <u>2. Płatew stalowa RK50x50x3</u> $0,04 * 3,00 = 0,12\text{kN}$ <u>3. Obc. wiatrem</u> $-0,30 * 1,65/2 * 3,00 = -0,49\text{kN}$

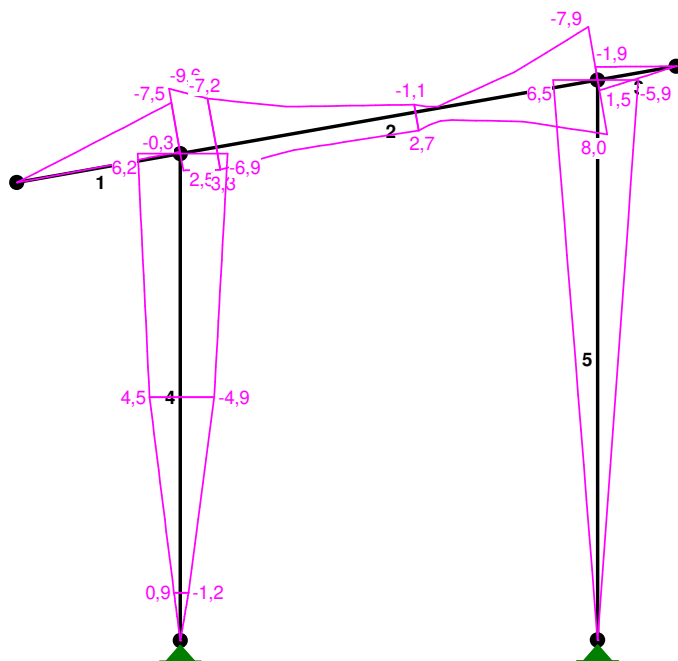
WĘZŁY:



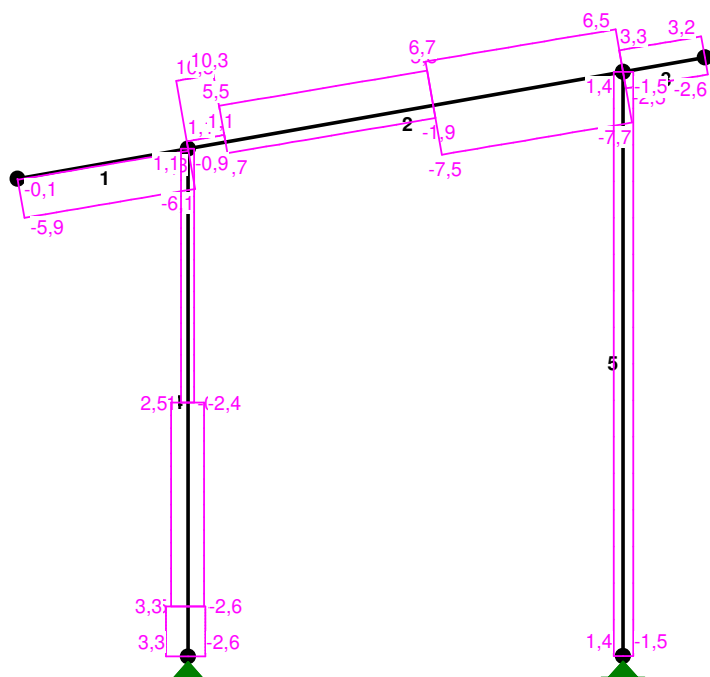
OBCIĄŻENIA:



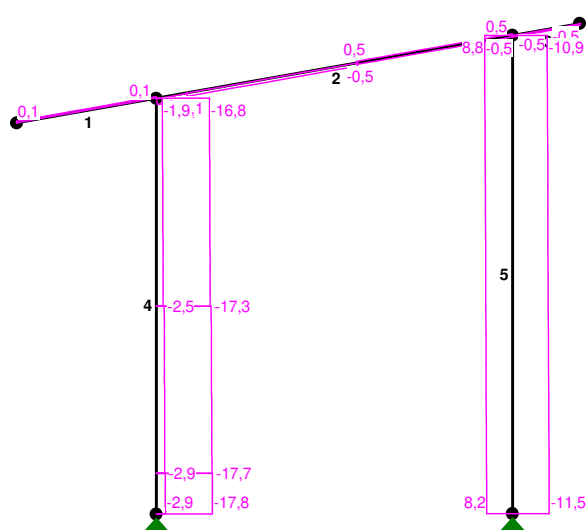
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE – WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,000	0,0*	-5,9	0,5	ABC
	1,250	-7,5*	-6,1	0,5	ABC
	1,250	-7,5	-6,1*	0,5	ABC
	1,250	-7,5	-6,1	0,5*	ABC
	0,000	0,0	-0,1	0,1*	AD
2	3,189	8,0*	6,5	-0,1	AD
	0,000	-9,6*	8,8	-1,7	ABD
	0,000	-0,8	10,3*	-2,1	ABC
	3,189	-1,9	-3,2	0,5*	AB
	0,000	-0,8	10,3	-2,1*	ABC
3	0,000	1,5*	-2,5	-0,1	AD
	0,000	-1,9*	3,3	-0,5	ABC
	0,000	-1,9	3,3*	-0,5	ABC
	0,600	0,0	0,7	-0,1*	AC
	0,000	-1,9	3,3	-0,5*	ABC
4	0,000	6,2*	-0,9	-11,9	ABD
	0,000	-6,9*	1,1	-6,9	AC
	3,660	0,0	3,3*	-7,9	AC
	3,300	-1,2	3,3*	-7,9	AC
	0,000	-0,0	0,0	-1,9*	A
	3,660	0,0	3,2	-17,8*	ABC
5	0,000	6,5*	-1,5	8,8	AD
	0,000	-5,9*	1,4	-10,9	ABC
	0,000	6,5	-1,5*	8,8	AD
	4,210	-0,0	-1,5*	8,2	AD
	0,000	6,5	-1,5	8,8*	AD
	4,210	0,0	1,4	-11,5*	ABC

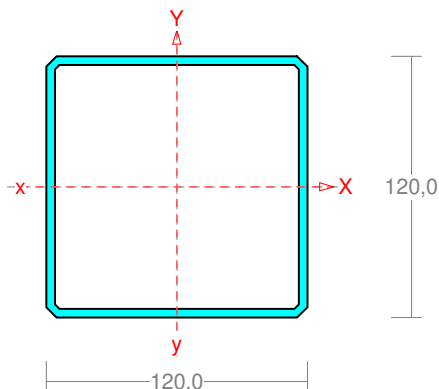
* = Max/Min

POZ. 13.1. DŹWIGAR DACHOWY

Pręt nr 2

Zadanie: nowe

Przekrój: H 120x120x4.0~



Wymiary przekroju:

$h=120,0$ $s=120,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=392,7$ $J_{yg}=392,7$ $A=17,86$ $i_x=4,7$ $i_y=4,7$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=4,0$** .

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$M_x = 7,9$ kNm, **$V_y = -7,7$ kN,** **$N = -0,0$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 120,1$ MPa $\sigma_c = -120,1$ MPa.

Stateczność lokalna.

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 3189,5$ mm.

Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,559 < 1$$

Przyjęto, że przekrój wymiarowany będzie w stanie **krytycznym**.

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginania względem osi X: $\psi_x = \varphi_p = 1,000$

- dla ściskania: $\psi_o = \varphi_p = 1,000$

Naprężenia:

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 120,1$ MPa $\sigma_c = -120,1$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -0,0$ $\Delta\sigma = 120,1$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 9,6$ cm² $\tau = 8,0$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 120,1 = 120,1 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 8,0 / 1,000 = 8,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{120,1^2 + 3 \times 8,0^2} = 120,9 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,189$.

Siła osiowa: $N = -2,1$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 17,86$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 17,86 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 2,1 < 384,0 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika

1 normy:

$$\chi_1 = 0,433 \quad \chi_2 = 0,468 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,660 \quad \text{dla } l_0 = 3,189 \\ l_w = 0,660 \times 3,189 = 2,105 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,189 \\ l_w = 1,000 \times 3,189 = 3,189 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{2,105^2} 10^{-2} = 1793,0 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{3,189^2} 10^{-2} = 781,0 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,189$:

$$N_{RC} = \psi A f_d = 1,000 \times 17,9 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{384,0 / 1793,0} = 0,534 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,962$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{384,0 / 781,0} = 0,810 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,836$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,836$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{2,1}{0,836 \times 384,0} = 0,006 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 65,5 \times 215 \times 10^{-3} = 14,1 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,0}{384,0} + \frac{7,9}{1,000 \times 14,1} = 0,559 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 7,9 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,962 \times 0,534^2 \frac{1,000 \times 7,9}{14,1} \times \frac{2,1}{384,0} = 0,001$$

$$\Delta_x = 0,001 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{2,1}{0,962 \times 384,0} + \frac{1,000 \times 7,9}{1,000 \times 14,1} = 0,564 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{2,1}{0,836 \times 384,0} + \frac{1,000 \times 7,9}{1,000 \times 14,1} = 0,565 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,189$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 1,000 \times 9,3 \times 215 \times 10^{-1} = 115,7 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 34,7 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 10,3 < 115,7 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 7,7 < 34,7 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{0,0}{384,0} + \frac{7,9}{14,1} = 0,559 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 7,7 < 115,7 = 115,7 \times \sqrt{1 - (0,0 / 384,0)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Złożony stan środника

$x_a = 3,189$; $x_b = 0,000$.

Siły przekrojowe przypadające na środek i nośności środka:

$$N_w = -0,0 \quad N_{Rw} = 103,2 \quad \text{kN}$$

$$M_w = 1,2 \quad M_{Rw} = 2,1 \quad \text{kNm}$$

$$V = -7,7 \quad V_R = 115,7 \quad \text{kN}$$

$$P = 0,0 \quad P_{Rc} = 6,7 \quad \text{kN}$$

Przyjęto, że zastosowane zostaną zębra w miejscu występowania siły skupionej ($P = 0$).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi: $\varphi_p = 1,000$.

Warunek nośności środka:

$$\left(\frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left(\frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left(\frac{V}{V_R} \right)^2 =$$

$$\left(\frac{0,0}{103,2} + \frac{1,2}{2,1} + \frac{0,0}{6,7} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left(\frac{0,0}{103,2} + \frac{1,2}{2,1} \right) \frac{0,0}{6,7} + \left(\frac{7,7}{115,7} \right)^2 = 0,316 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 1,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3189 / 200 = 15,9 \text{ mm}$$

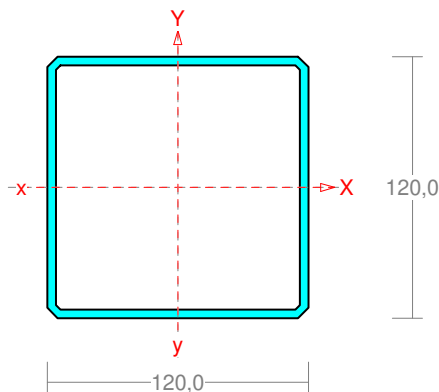
$$a_{\max} = 1,4 < 15,9 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 13.2. SŁUP STALOWY

Pręt nr 4

Zadanie: nowe

Przekrój: H 120x120x4.0~



Wymiary przekroju:

$$h=120,0 \quad s=120,0 \quad g=4,0 \quad t=4,0 \quad r=4,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=392,7 \quad J_{yg}=392,7 \quad A=17,86 \quad i_x=4,7 \quad i_y=4,7.$$

Materiał: St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W. Wytrzymałość $f_d=215 \text{ MPa}$ dla $g=4,0$.

Siły przekrojowe:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,660.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$$M_x = 6,7 \text{ kNm}, \quad V_y = 1,0 \text{ kN}, \quad N = -16,8 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 93,5 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -112,3 \text{ MPa}$.

Stateczność lokalna.

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,660.$$

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 3660,0 \text{ mm}$.

Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_b f_d = 0,522 < 1$$

Przyjęto, że przekrój wymiarowany będzie w stanie **krytycznym**.

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginania względem osi X: $\psi_x = \varphi_p = 1,000$
- dla ściskania: $\psi_o = \varphi_p = 1,000$

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,660$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 93,5 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -112,3 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -9,4$ $\Delta\sigma = 102,9 \text{ MPa}$ $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 9,6 \text{ cm}^2$ $\tau = 1,1 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 9,4 / 1,000 + 102,9 = 112,3 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 1,1 / 1,000 = 1,1 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{112,3^2 + 3 \times 1,1^2} = 112,3 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 3,660$; $x_b = 0,000$.

Siała osiowa: $N = -17,8 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 17,86 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 17,86 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 17,8 < 384,0 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 0,466 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,425 \quad \text{dla } l_o = 3,660$$
$$l_w = 2,425 \times 3,660 = 8,876 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,660$$
$$l_w = 1,000 \times 3,660 = 3,660 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{8,875^2} 10^{-2} = 100,9 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{3,660^2} 10^{-2} = 593,1 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 3,660$; $x_b = 0,000$:

$$N_{RC} = \psi A f_d = 1,000 \times 17,9 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\begin{aligned} - \text{ dla } N_x \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{384,0 / 100,9} = 2,253 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,193 \\ - \text{ dla } N_y \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{384,0 / 593,1} = 0,929 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,757 \end{aligned}$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,193$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{17,8}{0,193 \times 384,0} = 0,240 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,660$.

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 65,5 \times 215 \times 10^{-3} = 14,1 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{17,8}{384,0} + \frac{6,7}{1,000 \times 14,1} = 0,522 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 6,7 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,193 \times 2,253^2 \times \frac{1,000 \times 6,7}{14,1} \times \frac{17,8}{384,0} = 0,027$$

$$\Delta_x = 0,027 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{RC}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{17,8}{0,193 \times 384,0} + \frac{1,000 \times 6,7}{1,000 \times 14,1} = 0,718 < 0,973 = 1 - 0,027$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{RC}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{17,8}{0,757 \times 384,0} + \frac{1,000 \times 6,7}{1,000 \times 14,1} = 0,540 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,300$; $x_b = 0,360$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 9,3 \times 215 \times 10^{-1} = 115,7 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 34,7 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 3,2 < 115,7 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,660$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 1,0 < 34,7 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{16,8}{384,0} + \frac{6,7}{14,1} = 0,522 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 3,660$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,0 < 115,6 = 115,7 \times \sqrt{1 - (16,8 / 384,0)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,660$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 0,0$ mm. Dodatkowo przyjęto usztywnienie środnika o rozstawie $a_1 = 3660,0$ mm.

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w}\right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{8,0}{120,0}\right) \times \sqrt{\frac{4,0 \times 215}{4,0 \times 215}} = 16,667$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 8,0 / 4,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

Warunek dodatkowy:

$$k_c \leq 20 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 20 \times \sqrt{\frac{215}{215}} = 20,000$$

Siła może zmieniać położenie na pręcie.

Naprężenia ściskające w środniku wynoszą $\sigma_c = 112,3$ MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 112,3 / 215 = 0,989$$

Nośność środnika na siłę skupioną:

$$P_{R,c} = k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2,000 \times (4,0)^2 \times 0,989 \times 215 \times 10^{-3} = 6,8 \text{ kN}$$

Warunek nośności środnika:

$$P = 0,0 < 6,8 = P_{R,c}$$

Złożony stan środnika

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,660$.

Siły przekrojowe przypadające na środnik i nośności środnika:

$$\begin{array}{lll} N_w & = -52,3 & N_{Rw} = 103,2 \quad \text{kN} \\ M_w & = 0,0 & M_{Rw} = 2,1 \quad \text{kNm} \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} V & = 0,0 & V_R & = 115,7 \quad \text{kN} \\ P & = 0,0 & P_{Rc} & = 6,9 \quad \text{kN} \end{array}$$

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ($P = 0$).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi: $\varphi_p = 1,000$.

Warunek nośności środka:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left(\frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left(\frac{V}{V_R} \right)^2 = \\ & \left(\frac{52,3}{103,2} + \frac{0,0}{2,1} + \frac{0,0}{6,9} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left(\frac{52,3}{103,2} + \frac{0,0}{2,1} \right) \frac{0,0}{6,9} + \left(\frac{0,0}{115,7} \right)^2 = 0,256 < 1 \end{aligned}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 6,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3660 / 200 = 18,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 6,2 < 18,3 = a_{\text{gr}}$$

POZ. 14.0. STĘŻENIA

POZ. 14.1. STĘŻENIA POŁACIOWE

W celu zapewnienia stateczności dźwigarów projektuje się stężenia połączeniowe między dźwigarami. Przyjęto skratowanie z pręta $\varnothing 12$. Stal St3S.

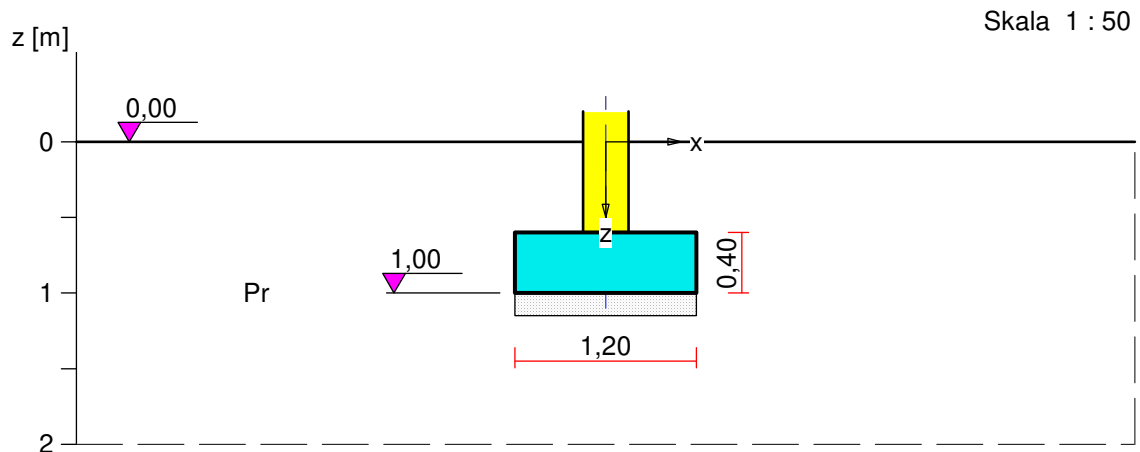
POZ. 14.2. STĘŻENIA ŚCIENNE

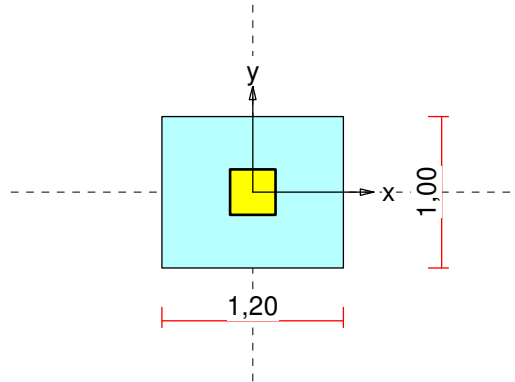
W celu zapewnienia stateczności słupów projektuje się stężenia ścienne między słupami między. Przyjęto skratowanie z pręta $\varnothing 16$. Stal St3S.

POZ. 15.0. FUNDAMENTY

POZ. 15.1. STOPA FUNDAMENTOWA POD SŁUP Z POZ. 12.2.

Nazwa fundamentu: stopa prostokątna





1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Poziom terenu: istniejący $z_t = 0,00$ m, projektowany $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom	Grubość	Nazwa gruntu	Poz. wody	I_D/I_L	Stopień
	stropu [m]	warstwy [m]		gruntowej [m]		wilgotn.
1	0,00	nieokreśl.	Piasek gruby	brak wody	0,50	m.wilg.

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup prostokątny**

Wymiary słupa: $b = 0,30$ m, $l = 0,30$ m,

Współrzędne osi słupa: $x_0 = 13,00$ m, $y_0 = 7,10$ m,

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 0,00$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D	17,8	3,2	0,0	0,00	0,00	1,20
2	D	10,3	3,5	0,0	0,00	4,70	1,20

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B20, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych: $d_x = 12,0$ mm, $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x, grubość otuliny: 5,0 cm.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 1,00$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m,

Wysokość: $H = 0,40$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośrodów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
1	D	1,00	0,08	0,24
* 2	D	1,00	0,12	0,75

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 2

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego: $B_x = 1,20$ m, $B_y = 1,00$ m.

Poziom posadowienia: $H = 1,00$ m.

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 10,30$ kN, mimośrodowo wzgl. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 3,50$ kN, mimośrodek względem podstawy fund. $E_z = 1,00$ m,

siła pozioma: $H_y = 0,00$ kN, mimośrodek względem podstawy fund. $E_z = 1,00$ m,

momenty: $M_x = 0,00$ kNm, $M_y = 4,70$ kNm.

Ciężar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek:

siła pionowa: $G = 26,28$ kN/m, momenty: $M_{Gx} = 0,00$ kNm/m, $M_{Gy} = 0,00$ kNm/m.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 10,30 + 26,28 = 36,58 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 10,30 \cdot 0,00 + 0,00 = 0,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -10,30 \cdot 0,00 + 3,50 \cdot 1,00 + 4,70 + (0,00) = 8,20 \text{ kNm.}$$

Mimośrodowość sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 8,20/36,58 = 0,22 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 0,00/36,58 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B_x + e_{ry}/B_y = 0,187 + 0,000 = 0,187 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_x - 2 \cdot e_{rx} = 1,20 - 2 \cdot 0,22 = 0,75 \text{ m, } B'_y = B_y - 2 \cdot e_{ry} = 1,00 - 2 \cdot 0,00 = 1,00 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obl.: } \rho_{D(r)} = 1,53 \text{ t/m}^3, \text{ min. wysokość: } D_{\min} = 1,00 \text{ m,}$$

$$\text{obciążenie: } \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,53 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 15,01 \text{ kPa.}$$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{kąt tarcia wewn.: } \Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 33,00 \cdot 0,90 = 29,70^\circ, \text{ spójność: } c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_B = 7,18 \quad N_C = 29,43, \quad N_D = 17,79.$$

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 3,50/36,58 = 0,10, \quad \text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0957/0,5704 = 0,168,$$

$$i_{Bx} = 0,72, \quad i_{Cx} = 0,83, \quad i_{Dx} = 0,84.$$

$$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 0,00/36,58 = 0,00, \quad \text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0000/0,5704 = 0,000,$$

$$i_{By} = 1,00, \quad i_{Cy} = 1,00, \quad i_{Dy} = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 1,70 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 15,01 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y' / B_x' = 0,81, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y' / B_x' = 1,23, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y' / B_x' = 2,13$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNBx} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 391,94 \text{ kN.}$$

$$Q_{fNBy} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 492,70 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 36,58 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 391,94 = 317,47 \text{ kN.}$$

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

POZ. 15.2. FUNDAMENT POD SILOS

Masa silosu:

- obciążenie od materiału wypełniającego $8,80 \text{ kN} \cdot 45 = 396 \text{ kN}$
- ciężar własny silosu 68 kN

Dla cylindrycznych konstrukcji parcie i ssanie wiatru jest zmienne w zależności od kąta odchylenia ściany cylindra względem osi kierunku wiatru.

Przy wyznaczeniu wielkości parć i ssania wiatru dla $0,30,60,90,120,150,180$ stopnia można przyjąć uśrednione obciążenia wypadkowe równe $W = 0,40 + 0,23 = 0,63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Moment zginający na fundament

$$M = 0,63 \cdot 1,50 \cdot 8,91 \cdot 2,87 \cdot \left(\frac{8,91}{2} + 3,90 \right) = 201,91 \text{ kNm}$$

Reakcja na pojedynczą "nogę" silosu:

- ciężar własny $R_c = \frac{68}{4} = 17 \text{ kN}$
- ciężar od materiału wypełniającego $R_m = \frac{396}{4} = 99 \text{ kN}$
- $R_w = \frac{201,91}{2 \cdot 1,92} = 52,58 \text{ kN}$ w zależności od kierunku wiatru.

2. Dane konstrukcji

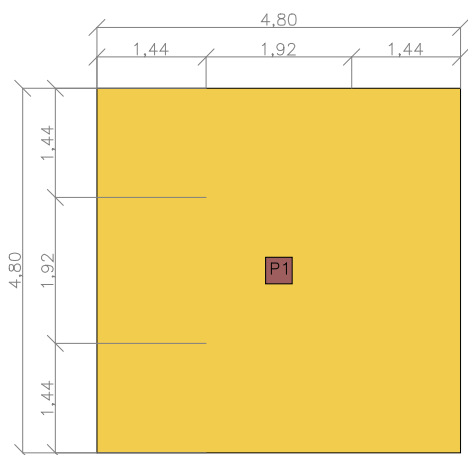
2.1. Dane płyt

Symbol	Grubość	Pole powierzchni	Poziom pł. środk.	Materiał	Sztyw. spr. podł.
1	400mm	23,04m ²	0,00m	B30	23895kN/m ³

2.2. Sztywności płyt

Symbol	D _x	D _y	D _{xy}	G _{xy}	Opcje
1	172222kNm	172222kNm	34444kNm	68907kNm	

2.3. Model konstrukcyjny



2.4. Lista materiałów

beton B30

Wytrzymałość gwarantowana na ściskanie	$f_{c,cube}^G = 30 \text{ MPa}$
Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie	$f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$
Moduł Younga	$E = 31 \text{ GPa}$
Współczynnik Poissona	$\nu = 0,2$
Współczynnik rozszerzalności term.	$\alpha_T = 0,000010 \text{ 1/K}$
Gęstość	$\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$

stal A-IIIN

Obliczeniowa granica plastyczności	$f_{yd} = 420 \text{ MPa}$
Moduł Younga	$E = 200 \text{ GPa}$
Gęstość	$\rho = 7810 \text{ kg/m}^3$

2.5. Grupy obciążeń

Symbol	Nazwa	Rodzaj	Znaczenie	γ_{f1}	γ_{f2}	Ψ_d
c.w.	ciężar własny	stałe		1,1	1,0	1,0
A	Stałe	stałe		1,2	1,0	1,0
B	Obc. materiałem wypełniającym	stałe		1,35	1,0	1,0

2.6. Relacje grup obciążeń

A B

A

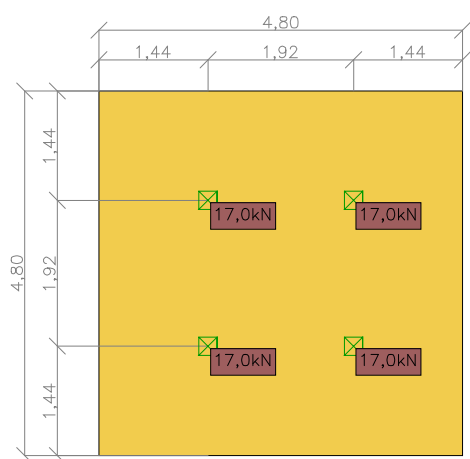
B

2.7. Lista obciążeń

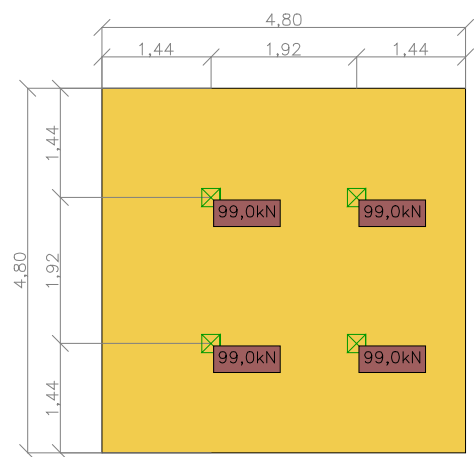
Lp.	Grupa	Rodzaj	γ_{f1}	γ_{f2}	Wartość obc.	Współrzędne
1	A	siła	1,2	1,0	17,0kN	(5,26; 2,04)
2	A	siła	1,2	1,0	17,0kN	(3,34; 2,04)
3	A	siła	1,2	1,0	17,0kN	(3,34; 3,96)
4	A	siła	1,2	1,0	17,0kN	(5,26; 3,96)
5	B	siła	1,35	1,0	99,0kN	(3,34; 2,04)
6	B	siła	1,35	1,0	99,0kN	(5,26; 2,04)
7	B	siła	1,35	1,0	99,0kN	(3,34; 3,96)
8	B	siła	1,35	1,0	99,0kN	(5,26; 3,96)

2.8. Schematy obciążeń dla poszczególnych grup

Grupa A



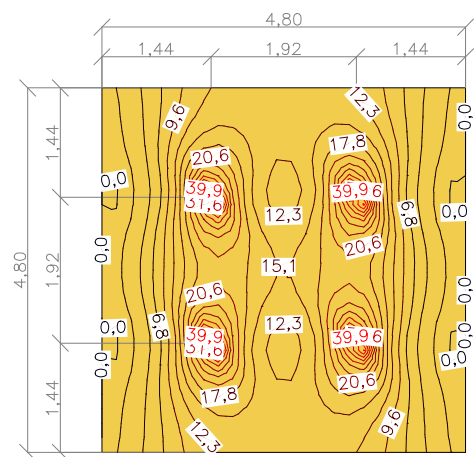
Grupa B



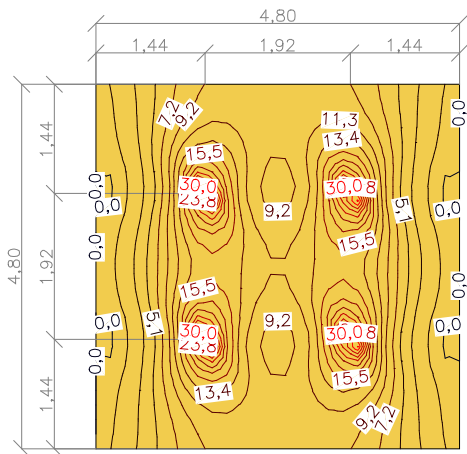
3. Analiza

3.2. Płyty - momenty zginające M_x

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

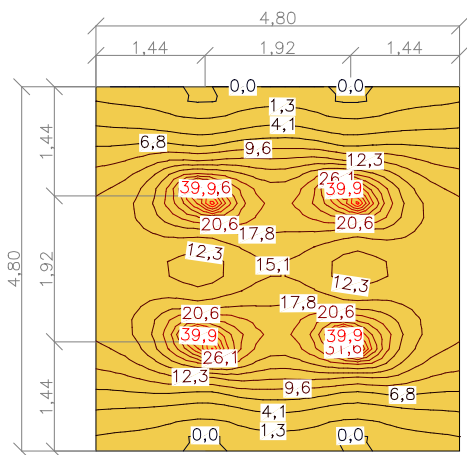


Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

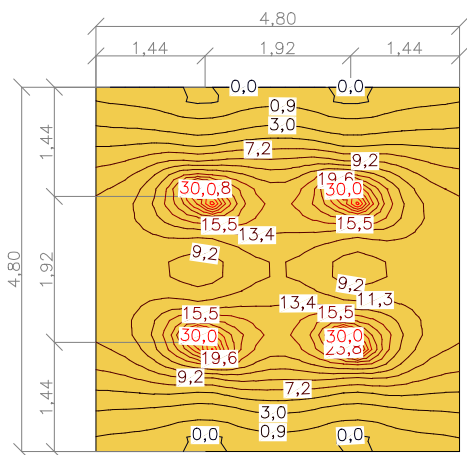


3.3. Płyty - momenty zginające M_y

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

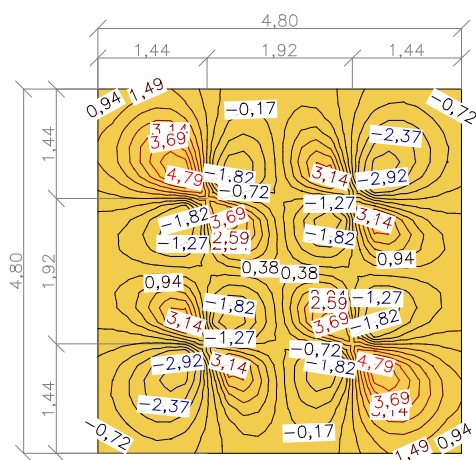


Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

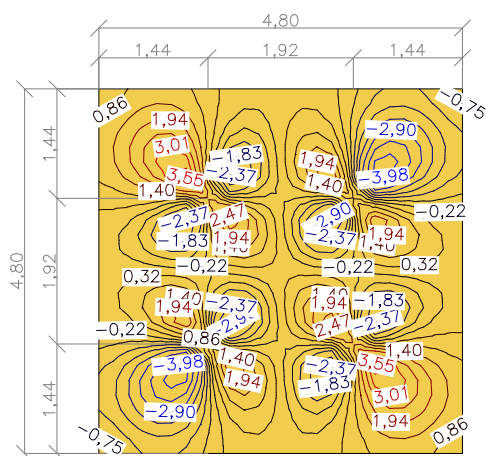


3.4. Płyty - momenty skręcające M_{xy}

Wartości maksymalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

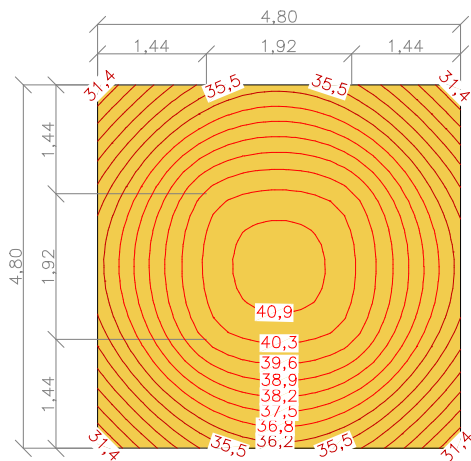


Wartości minimalne [kNm/m] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

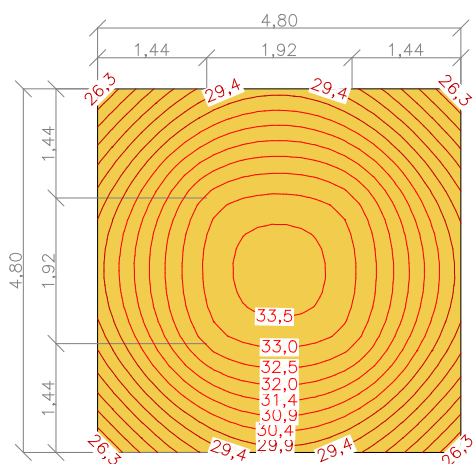


3.5. Płyty - odpór podłoża r_{wk}

Wartości maksymalne [kN/m²] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100



Wartości minimalne [kN/m²] - (obc. obliczeniowe) Skala rys. 1:100

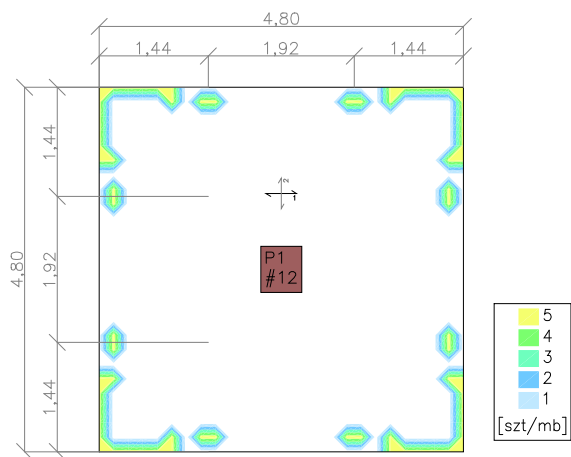


4. Wymiarowanie (wg PN-B-03264:2002)

4.1. Zbrojenie obliczone w płytach

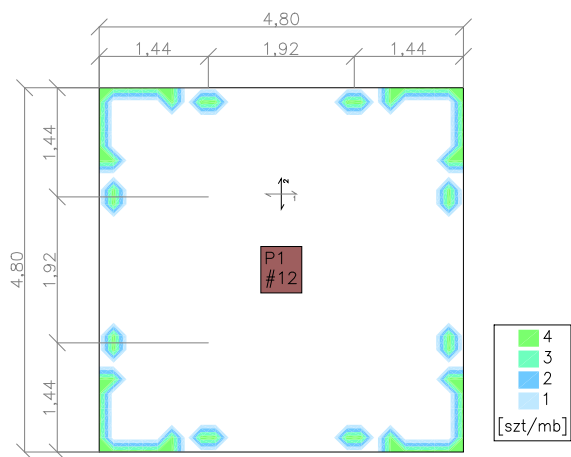
Zbrojenie górne - kierunek 1 [szt/mb]

Skala rys. 1:100



Zbrojenie górne - kierunek 2 [szt/mb]

Skala rys. 1:100



4.2. Zbrojenie zadane w płytach

Zbrojenie dolne

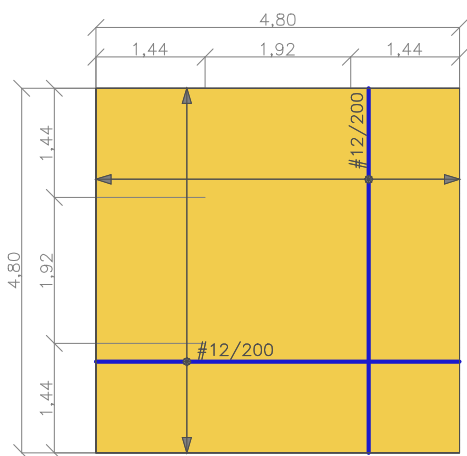
Symbol	Stal	Pręty na kier.1	Pręty na kier.2	Otulina	Kąt	Pole pow.
1	A-IIIIN	#12/200	#12/200	50mm	0,00°	23,04m ²

Zbrojenie górne

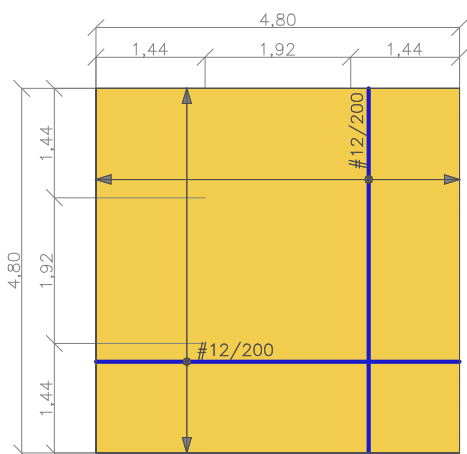
Symbol	Stal	Pręty na kier.1	Pręty na kier.2	Otulina	Kąt	Pole pow.
2	A-IIIIN	#12/200	#12/200	50mm	0,00°	23,04m ²

4.3. Schemat rozmieszczenia zbrojenia zadanego w płytach

Zbrojenie dolne



Zbrojenie górne



PRZYJĘTO:

Przyjęto płytę fundamentową o wym. 4,80x4,80x0,40m z betonu C25/30 (B30) zbrojoną konstrukcyjnie stalą A-IIIIN. Zbrojenie górne i dolne w obu kierunkach $\phi 12$ co 20cm. Otulina prętów 5,0cm. Pod płytą wykonać podkład betonowy C8/10 gr. min. 10cm i podsypkę piaskową zagęszczoną do $I_s = 0,99$ do głębokości warstwy piasku drobnego. Zasypkę można zastąpić podkładem betonowym. Wierzch płyty fundamentowej 10cm powyżej poziomu terenu.

Zakotwienie silosu z płytą fundamentową - przyjęto śruby płytkowe $\phi 24$ - 4szt./poł. ze stali AIIIIN, gatunek S235.