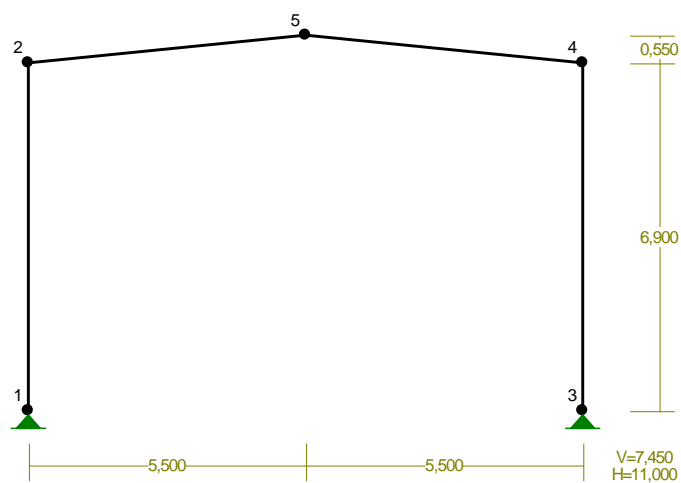


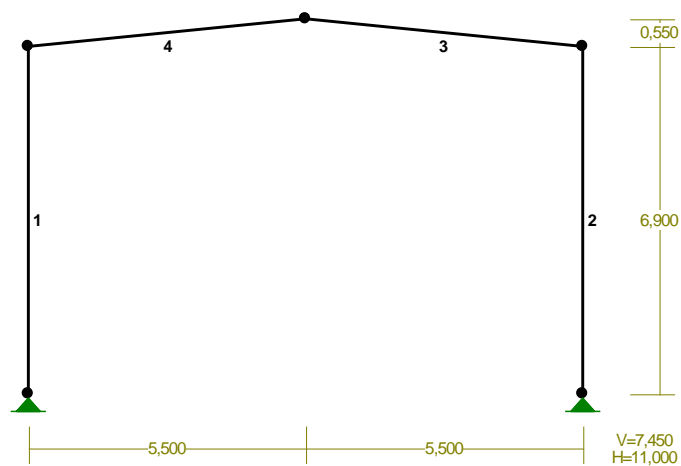
WEZŁY:



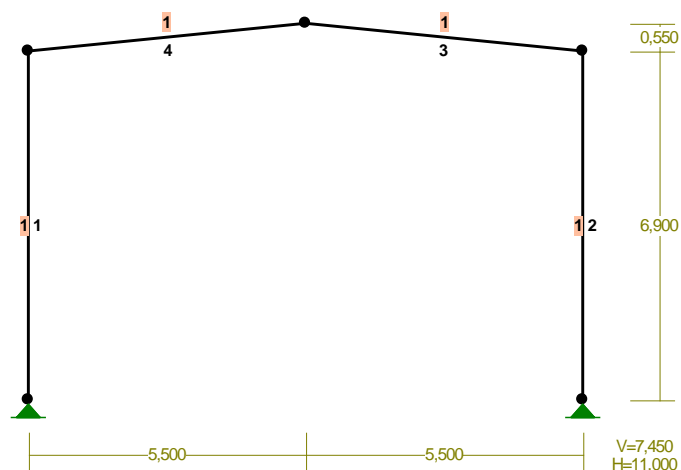
WEZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	4	11,000	6,900
2	0,000	6,900	5	5,500	7,450
3	11,000	0,000			

PRETY: Skala 1:150



PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:150



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	0,000	6,900	6,900	1,000	1 I 260 HEA
2	00	3	4	0,000	6,900	6,900	1,000	1 I 260 HEA
3	00	5	4	5,500	-0,550	5,527	1,000	1 I 260 HEA
4	00	2	5	5,500	0,550	5,527	1,000	1 I 260 HEA

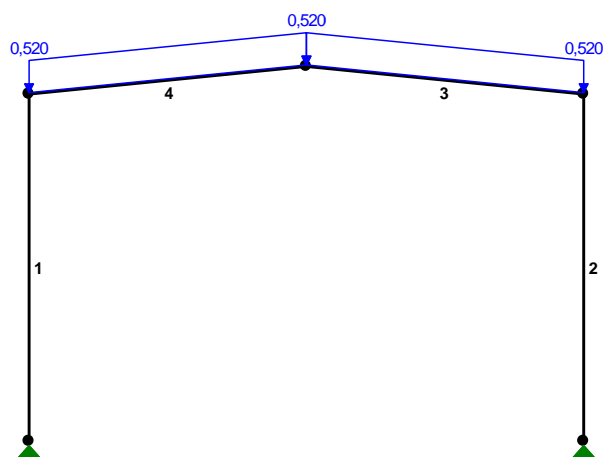
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	86,8	10460	3668	837	837	25,0	2 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
2 St3S (X,Y,V,	205	205,000	1,20E-05

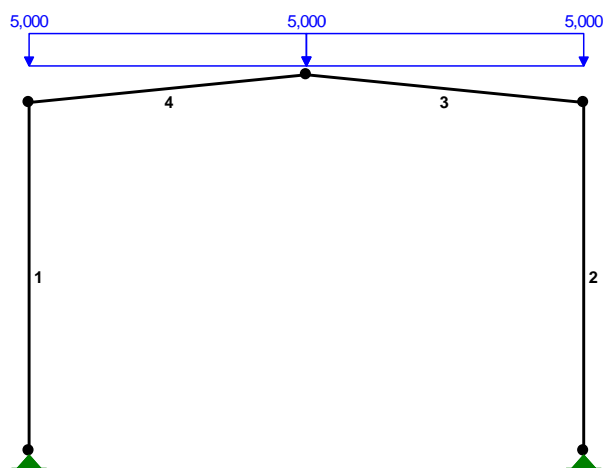
OBCIĄŻENIA: Skala 1:150



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: B "warstwy dachowe"			Stałe		$\gamma_f = 1,35$	
3	Liniowe	0,0	0,520	0,520	0,00	5,53
4	Liniowe	0,0	0,520	0,520	0,00	5,53

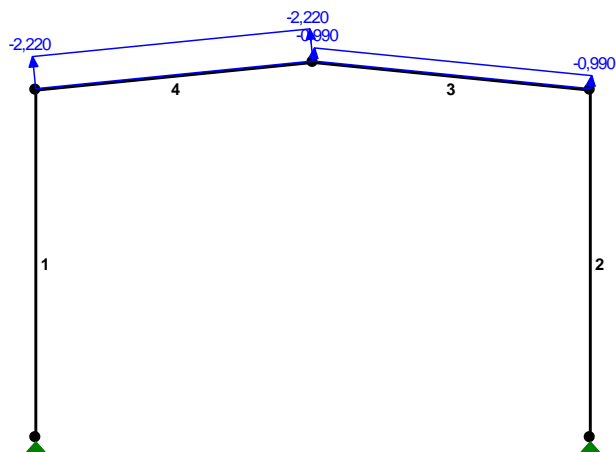
OBCIĄŻENIA: Skala 1:150



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: S "śnieg"			Zmienne		$\gamma_f = 1,50$	
3	Liniowe-Y	0,0	5,000	5,000	0,00	5,53
4	Liniowe-Y	0,0	5,000	5,000	0,00	5,53

OBCIĄŻENIA: Skala 1:150



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	W "wiatr"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
3	Liniowe	-5,7	-0,990	-0,990	0,00	5,53
4	Liniowe	5,7	-2,220	-2,220	0,00	5,53

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,35
B -"warstwy dachowe"	Stałe		1,35
S -"śnieg"	Zmienne	1	0,00
W -"wiatr"	Zmienne	1	0,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

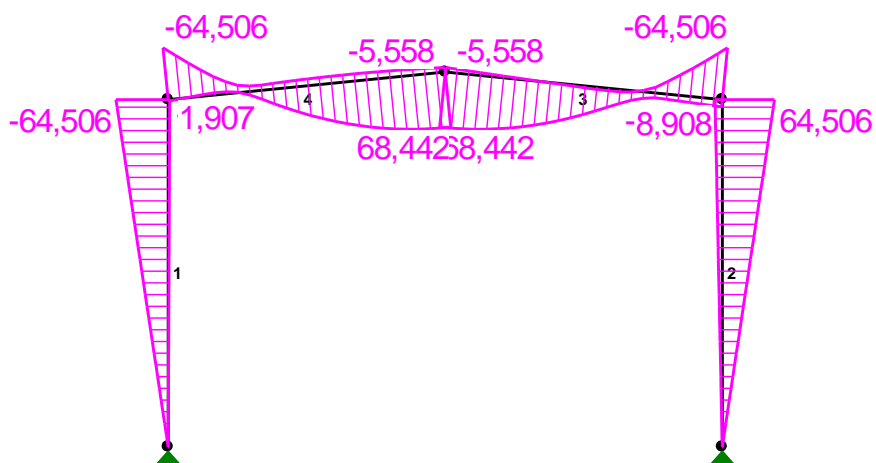
Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
B -"warstwy dachowe"	EWENTUALNIE
S -"śnieg"	EWENTUALNIE
W -"wiatr"	EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

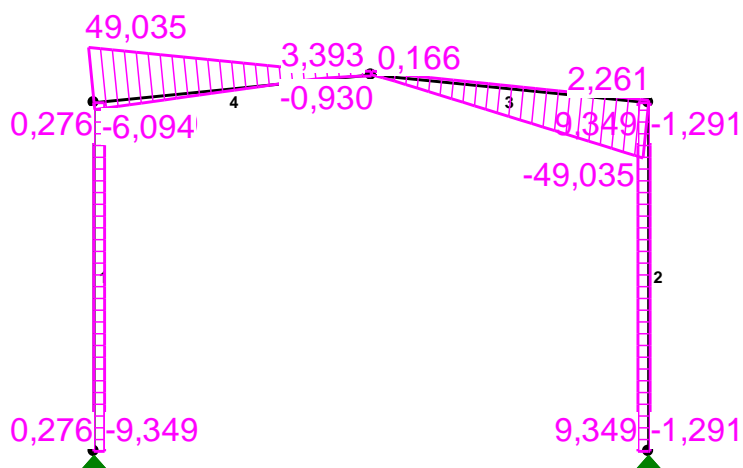
Nr: Specyfikacja:

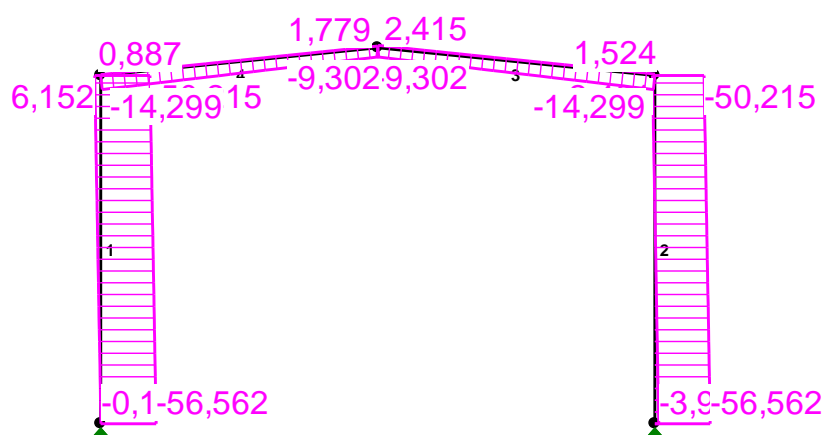
1 ZAWSZE : B
 EWENTUALNIE: S+W

MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:150



TNĄCE-OBWIEDNIE: Skala 1:150





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	6,900	1,907*	0,276	6,152	BW
	6,900	-64,506*	-9,349	-50,215	BS
	0,000	-0,000	-9,349*	-56,562	BS
	6,900	-64,506	-9,349*	-50,215	BS
	6,900	1,907	0,276	6,152*	BW
	0,000	-0,000	-9,349	-56,562*	BS
2	6,900	64,506*	9,349	-50,215	BS
	6,900	-8,908*	-1,291	2,401	BW
	6,900	64,506	9,349*	-50,215	BS
	0,000	0,000	9,349*	-56,562	BS
	6,900	-8,908	-1,291	2,401*	BW
	0,000	0,000	9,349	-56,562*	BS
3	0,000	68,442*	0,930	-9,302	BS
	5,527	-64,506*	-49,035	-14,299	BS
	5,527	-64,506	-49,035*	-14,299	BS
	0,000	-5,558	2,973	2,415*	BW
	5,527	-64,506	-49,035	-14,299*	BS
4	5,527	68,442*	-0,930	-9,302	BS
	0,000	-64,506*	49,035	-14,299	BS
	0,000	-64,506	49,035*	-14,299	BS
	5,527	-5,558	3,393	1,779*	BW
	0,000	-64,506	49,035	-14,299*	BS

* = Wartości ekstremalne

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

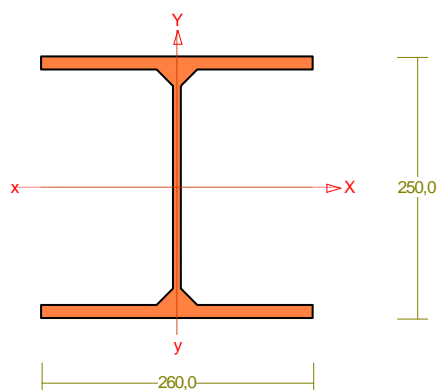
Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	R [kN]:	M [kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	9,349*	56,562	57,329		BS
	-0,276*	0,195	0,338		BW
	9,349	56,562*	57,329		BS
	-0,276	0,195*	0,338		BW
	9,349	56,562	57,329*		BS
3	1,291*	3,946	4,151		BW
	-9,349*	56,562	57,329		BS
	-9,349	56,562*	57,329		BS
	1,291	3,946*	4,151		BW
	-9,349	56,562	57,329*		BS

* = Wartości ekstremalne

Pręt nr 1

Zadanie: wiata_001

Przekrój: I 260 HEA



Wymiary przekroju:

I 260 HEA h=250,0 g=7,5 s=260,0 t=12,5 r=24,0.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

J_{xg}=10460,0 J_{yg}=3668,0 A=86,80 i_x=11,0 i_y=6,5 J_w=516352,2 J_t=44,6 i_s=12,8.

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość f_d=215 MPa dla g=12,5.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

x_a = 6,900; x_b = -0,000.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: BS

M_x = 64,506 kNm, V_y = -9,349 kN, N = -50,215 kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: σ_t = 71,3 MPa σ_c = -82,9 MPa.

Naprężenia:

$x_a = 6,900$; $x_b = -0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 71,3 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -82,9 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\begin{aligned} - \text{normalne:} \quad \sigma &= -5,8 & \Delta\sigma &= 77,1 \text{ MPa} & \psi_{oc} &= 1,000 \\ - \text{ściananie wzdłuż osi Y:} & & A_v &= 18,75 \text{ cm}^2 & \tau &= 5,0 \text{ MPa} & \psi_{ov} &= 1,000 \end{aligned}$$

Warunki nośności:

$$\begin{aligned} \sigma_{ec} &= \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 5,8 / 1,000 + 77,1 = 82,9 < 215 \text{ MPa} \\ \tau_{ey} &= \tau / \psi_{ov} = 5,0 / 1,000 = 5,0 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa} \\ \sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} &= \sqrt{82,9^2 + 3 \times 0,0^2} = 82,9 < 215 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,900$.

Siała osiowa: $N = -56,562 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 86,80 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 86,80 \times 215 \times 10^{-1} = 1866,200 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 56,562 < 1866,200 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\begin{aligned} \kappa_a &= 1,000 & \kappa_b &= 0,445 & \text{węzły przesuwne} & \Rightarrow & \mu &= 2,392 & \text{dla } l_o &= 6,900 \\ l_w &= 2,392 \times 6,900 = 16,505 \text{ m} \end{aligned}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\begin{aligned} \kappa_a &= 1,000 & \kappa_b &= 1,000 & \text{węzły nieprzesuwne} & \Rightarrow & \mu &= 1,000 & \text{dla } l_o &= 6,900 \\ l_w &= 1,000 \times 6,900 = 6,900 \text{ m} \end{aligned}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 6,900 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 6,900 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 10460,0}{16,505^2} 10^{-2} = 776,899 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 3668,0}{6,900^2} 10^{-2} = 1558,780 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1}{12,8^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 516352,2}{6,900^2} 10^{-2} + 80 \times 44,6 \times 10^2 \right) = 3541,888 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,900$:

$$N_{RC} = A f_d = 86,8 \times 215 \times 10^{-1} = 1866,200 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\begin{aligned}
 - \text{ dla } N_x & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 776,899} = 1,790 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,285 \\
 - \text{ dla } N_y & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 1558,780} = 1,264 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,430 \\
 - \text{ dla } N_z & \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 3541,888} = 0,835 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,659
 \end{aligned}$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,285$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{56,562}{0,285 \times 1866,200} = 0,106 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{ow} = 6900 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 65}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 4136 < 6900 = l_1$$

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: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

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

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

$$0,000 \times 1558,780 + \sqrt{(0,000 \times 1558,780)^2 + 0,000^2 \times 0,128^2 \times 1558,780 \times 3541,888} = 0,000$$

Przyjęto, że pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem: $\bar{\lambda}_L = 0$.

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 6,900$; $x_b = -0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 836,8 \times 215 \times 10^{-3} = 179,912 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{50,215}{1866,200} + \frac{64,506}{1,000 \times 179,912} = 0,385 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 64,506 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{RC}} = 1,25 \times 0,285 \times 1,790^2 \times \frac{1,000 \times 64,506}{179,912} \times \frac{56,562}{1866,200} = 0,012$$

$$\Delta_x = 0,012 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{56,562}{0,285 \times 1866,200} + \frac{1,000 \times 64,506}{1,000 \times 179,912} = 0,465 < 0,988 = 1 - 0,012$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{56,562}{0,430 \times 1866,200} + \frac{1,000 \times 64,506}{1,000 \times 179,912} = 0,429 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,900$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 18,8 \times 215 \times 10^{-1} = 233,813 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 140,287 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,349 < 233,813 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 6,900$; $x_b = -0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 9,349 < 140,287 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 179,912 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{50,215}{1866,200} + \frac{64,506}{179,912} = 0,385 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 6,900$, $x_b = -0,000$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,349 < 233,728 = 233,813 \times \sqrt{1 - (50,215 / 1866,200)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,900$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 6,5 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 6,5 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 282,5 \times 7,5 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 455,531 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 455,531 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

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

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 6900 / 250 = 27,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 6,2 < 27,6 = a_{\text{gr}}$$

Przesunięcie poziome węzła znajdującego się na wysokości $h = 6,900$ m wynosi:

$$u = 2,2 \text{ mm}$$

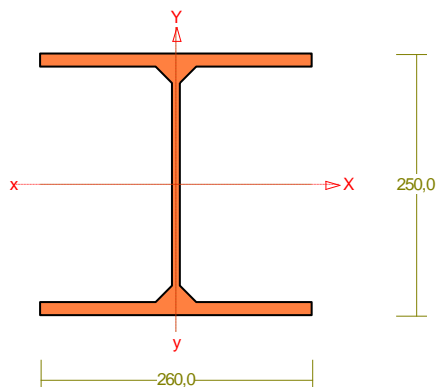
$$u_{gr} = h / 150 = 6900 / 150 = 46,0 \text{ mm}$$

$$u = 2,2 < 46,0 = u_{gr}$$

Pręt nr 4

Zadanie: wiata_001

Przekrój: I 260 HEA



Wymiary przekroju:

I 260 HEA $h=250,0$ $g=7,5$ $s=260,0$ $t=12,5$ $r=24,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=10460,0$ $J_{yg}=3668,0$ $A=86,80$ $i_x=11,0$ $i_y=6,5$ $J_w=516352,2$ $J_t=44,6$ $i_s=12,8$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=12,5**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 5,527$; $x_b = 0,000$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **BS**

$$M_x = -68,442 \text{ kNm}, \quad V_y = -0,930 \text{ kN}, \quad N = -9,302 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 80,7 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -82,9 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$x_a = 5,527$; $x_b = 0,000$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 80,7 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -82,9 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\text{- normalne:} \quad \sigma = -1,1 \quad \Delta\sigma = 81,8 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y:} \quad A_v = 18,75 \text{ cm}^2 \quad \tau = 0,5 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 1,1 / 1,000 + 81,8 = 82,9 < 215 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{82,9^2 + 3 \times 0,0^2} = 82,9 < 215 \quad \text{MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,527$.

Siała osiowa: $N = -14,299 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 86,80 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 86,80 \times 215 \times 10^{-1} = 1866,200 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 14,299 < 1866,200 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 0,714 \quad \kappa_b = 0,500 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,697 \quad \text{dla } l_o = 5,527$$

$$l_w = 1,697 \times 5,527 = 9,380 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 5,527$$

$$l_w = 1,000 \times 5,527 = 5,527 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 5,527 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 5,527 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 10460,0}{9,380^2} 10^{-2} = 2405,331 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 3668,0}{5,527^2} 10^{-2} = 2429,048 \text{ kN}$$

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

$$\frac{1}{12,8^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 516352,2}{5,527^2} 10^{-2} + 80 \times 44,6 \times 10^2 \right) = 4294,565 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,527$:

$$N_{RC} = A f_d = 86,8 \times 215 \times 10^{-1} = 1866,200 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 2405,331} = 1,017 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,637$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 2429,048} = 1,012 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,554$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1866,200 / 4294,565} = 0,758 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,708$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,554$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{14,299}{0,554 \times 1866,200} = 0,014 < 1$$

Zwichrzenie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\text{owo}} = 5527 \text{ mm}$:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 65}{0,400} \times \sqrt{215 / 215} = 5687 > 5527 = l_1$$

Pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 5,527$; $x_b = 0,000$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 836,8 \times 215 \times 10^{-3} = 179,912 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,435$ wynosi $\varphi_L = 0,994$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{9,302}{1866,200} + \frac{68,442}{0,994 \times 179,912} = 0,388 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -68,442 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,637 \times 1,017^2 \times \frac{1,000 \times 68,442}{179,912} \times \frac{14,299}{1866,200} = 0,002$$

$$\Delta_x = 0,002 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{14,299}{0,637 \times 1866,200} + \frac{1,000 \times 68,442}{0,994 \times 179,912} = 0,395 < 0,998 = 1 - 0,002$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{14,299}{0,554 \times 1866,200} + \frac{1,000 \times 68,442}{0,994 \times 179,912} = 0,397 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,527$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 18,8 \times 215 \times 10^{-1} = 233,813 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,6 V_R = 140,287 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 49,035 < 233,813 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 5,527$; $x_b = 0,000$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,930 < 140,287 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 179,912 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} = \frac{9,302}{1866,200} + \frac{68,442}{179,912} = 0,385 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 5,527$; $x_b = 0,000$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,930 < 233,810 = 233,813 \times \sqrt{1 - (9,302 / 1866,200)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,527$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0 \text{ mm}$.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 56,2 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 56,2 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 282,5 \times 7,5 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 455,531 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 455,531 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

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

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5527 / 250 = 22,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 4,1 < 22,1 = a_{\text{gr}}$$