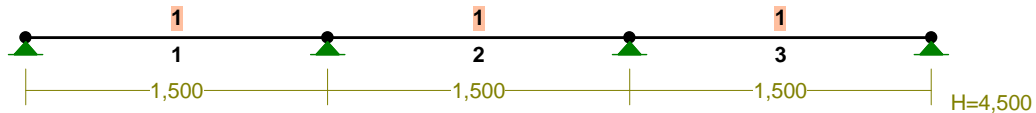


PODSTAWOWE WYNIKI OBLICZEŃ KONSTRUKCJI

1. PŁATEW STALOWA

PRZEKROJE PRĘTÓW:



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	1,500	0,000	1,500	1,000	1 H 50x 50x 3.0~
2	00	2	3	1,500	0,000	1,500	1,000	1 H 50x 50x 3.0~
3	00	3	4	1,500	0,000	1,500	1,000	1 H 50x 50x 3.0~

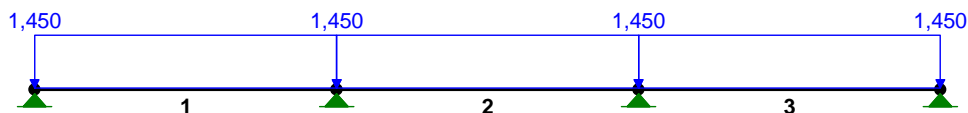
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	5,2	19	19	7	7	5,7	2 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

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

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	1,450	1,450	0,00	1,50
2	Liniowe	0,0	1,450	1,450	0,00	1,50
3	Liniowe	0,0	1,450	1,450	0,00	1,50

=====

W Y N I K I

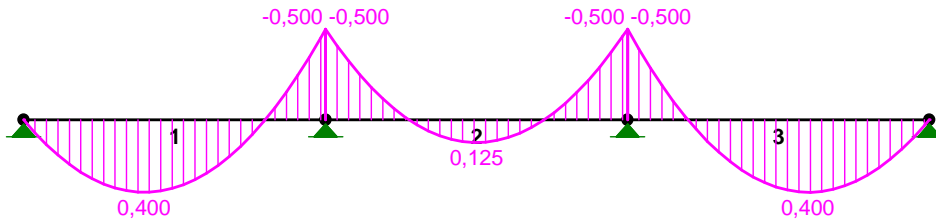
Teoria I-go rzędu

=====

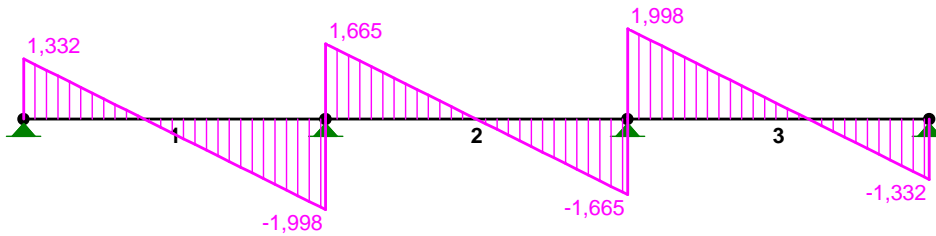
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A - " "	Zmienne	1	1,50

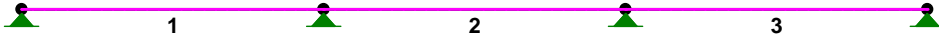
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:

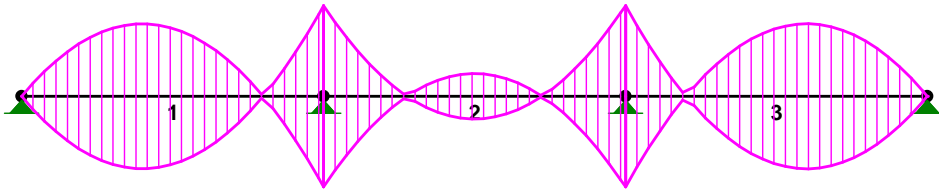


SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	1,332	0,000
	0,40	0,604	0,400*	-0,008	0,000
	0,40	0,598	0,400*	0,005	0,000
	1,00	1,500	-0,500	-1,998	0,000
2	0,00	0,000	-0,500	1,665	0,000
	0,50	0,750	0,125*	-0,000	0,000
	1,00	1,500	-0,500	-1,665	0,000
3	0,00	0,000	-0,500	1,998	0,000
	0,60	0,896	0,400*	0,008	0,000
	1,00	1,500	-0,000	-1,332	0,000

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:

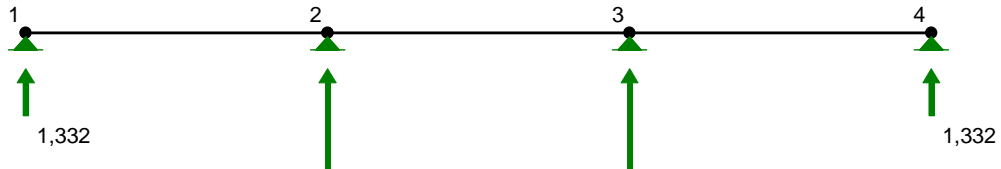


NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
[MPa]					
2 St3S (X,Y,V,W)					
1	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
	1,00	1,500	75,493	-75,493	0,368*
2	0,00	0,000	75,493	-75,493	0,368*
	1,00	1,500	75,493	-75,493	0,368*
3	0,00	0,000	75,493	-75,493	0,368*
	1,00	1,500	0,000	-0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	1,332	1,332	
2	0,000	3,663	3,663	
3	0,000	3,663	3,663	
4	0,000	1,332	1,332	

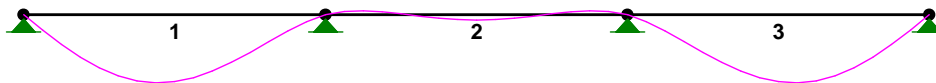
PRZEMIESZCZENIA WEZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00487 (-0,279)
2	0,00000	-0,00000	0,00000	0,00162 (0,093)
3	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00162 (-0,093)
4	0,00000	-0,00000	0,00000	0,00487 (0,279)

PRZEMIESZCZENIA:



DEFORMACJE:

T.I rzędu

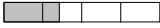
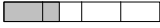
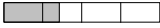
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	0,0000	-0,279	0,093	0,0020	745,5
2	-0,0000	0,0000	0,093	-0,093	0,0002	9849,1
3	-0,0000	0,0000	-0,093	0,279	0,0020	745,5

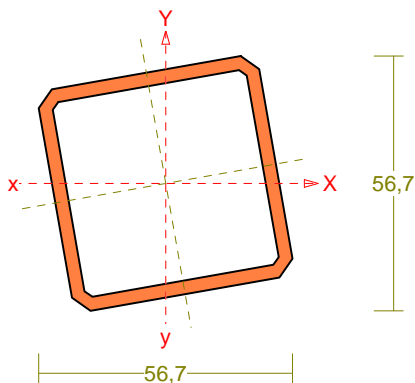
NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Przekrój:	Pręt:	Warunek nośności:	Wykorzystanie:
1	1	Naprężenia zredukowane (1)	35,6% 
	2	Naprężenia zredukowane (1)	35,6% 
	3	Naprężenia zredukowane (1)	35,6% 

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: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **f_d=215 MPa** dla **g=3,0**.Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.**Siły przekrojowe:**x_a = 1,500; x_b = 0,000.Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A****M_x = 0,500 kNm, V_y = -1,998 kN, N = 0,000 kN,**Naprężenia w skrajnych włóknach: **σ_t = 75,5 MPa σ_c = -75,5 MPa.****Naprężenia:**x_a = 1,500; x_b = 0,000.Naprężenia w skrajnych włóknach: **σ_t = 75,5 MPa σ_c = -75,5 MPa.**

Naprężenia:

- normalne: **σ = 0,0 Δσ = 75,5 MPa ψ_{oc} = 1,000**- ścinanie wzdłuż osi Y: **A_v = 0,00 cm² τ = 3,11 MPa ψ_{ov} = 1,000**

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 75,5 = 75,5 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 3,11 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{76,5^2 + 3 \times 0,0^2} = 76,5 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

κ_a = 1,000 κ_b = 0,333 węzły nieprzesuwne ⇒ μ = 0,772 dla l_o = 1,500

$$l_w = 0,772 \times 1,500 = 1,158 \text{ m}$$

- przy wyoboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 1,500$$
$$l_w = 1,000 \times 1,500 = 1,500 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 18,8}{1,158^2} 10^{-2} = 282,903 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 18,8}{1,500^2} 10^{-2} = 168,606 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

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

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 6,6 \times 215 \times 10^{-3} = 1,423 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} = \frac{0,500}{1,000 \times 1,423} = 0,351 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

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

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 3,3 \times 215 \times 10^{-1} = 40,738 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 12,221 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,998 < 40,738 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

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

- dla zginania względem osi X: $V_y = 1,998 < 12,221 = V_o$

$$M_{R_x, V} = M_R = 1,423 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x, V}} = \frac{0,500}{1,423} = 0,351 < 1$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

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

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0$ mm. Dodatkowo przyjęto usztywnienie środka o rozstawie $a_1 = 1500,0$ mm.

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f 215}{t_w f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{106,0}{50,0} \right) \times \sqrt{\frac{3,0 \times 215}{3,0 \times 215}} = 68,000$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 106,0 / 3,0 = 35,333$$

Przyjęto $k_c = 35,333$

Warunek dodatkowy:

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

Siła nie może zmieniać położenie na pręcie.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 0,0$ MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,c} = k_c t_w^2 \eta_c f_d = 35,333 \times (3,0)^2 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 68,370 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 68,370 = P_{R,c}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

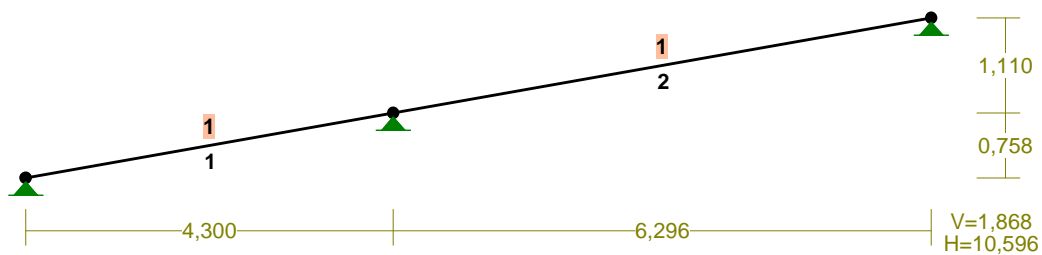
$$a_{\max} = 1,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 1500 / 250 = 6,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,4 < 6,0 = a_{\text{gr}}$$

2. DŹWIGAR STALOWY

PRZEKROJE PRĘTÓW:



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	3	2	4,300	0,758	4,366	1,000	1 I 140
2	00	2	1	6,296	1,110	6,393	1,000	1 I 140

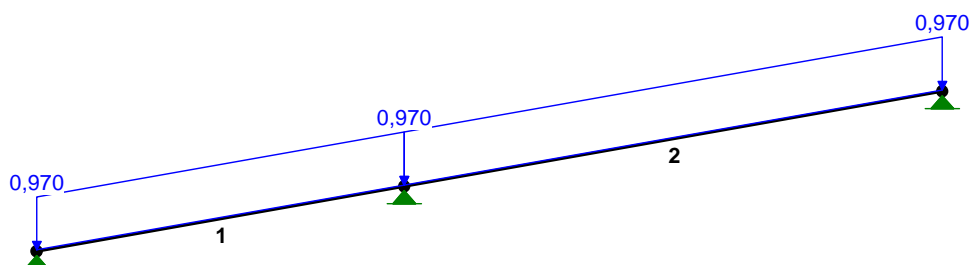
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	18,3	573	35	82	82	14,0	2 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

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

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

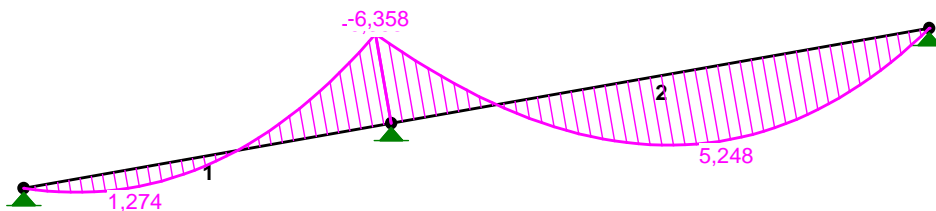
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	0,970	0,970	0,00	4,37
2	Liniowe	0,0	0,970	0,970	0,00	6,39

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu

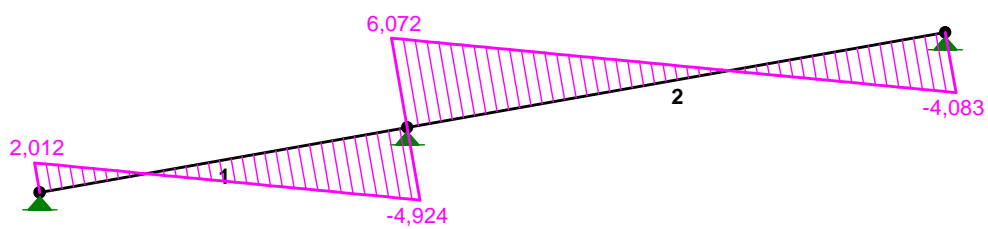
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A - ""	Zmienne	1	1,50

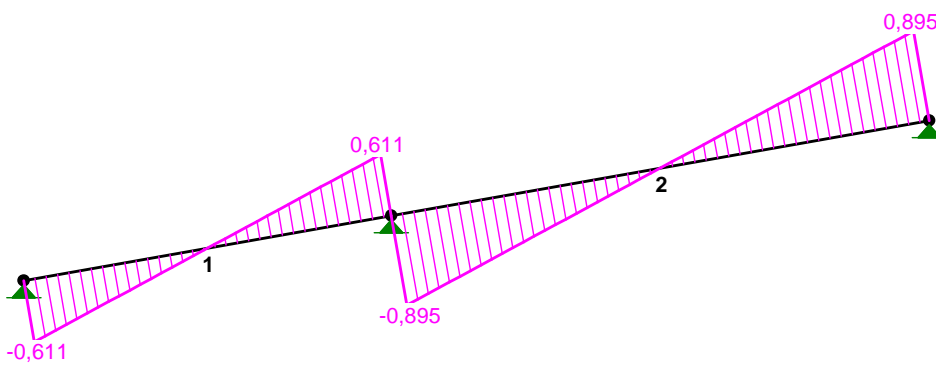
MOMENTY :



TNĄCE :



NORMALNE :

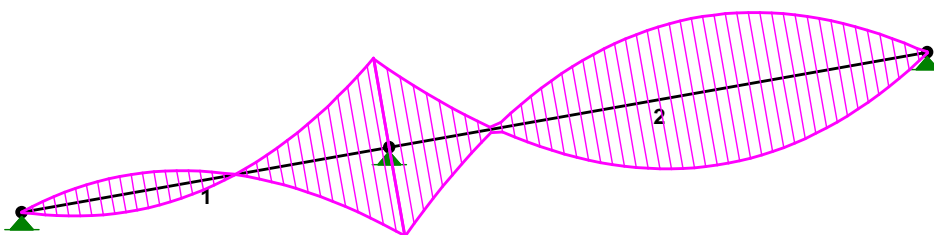


SILY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	2,012	-0,611
	0,29	1,262	1,274*	0,007	-0,258
	1,00	4,366	-6,358	-4,924	0,611
2	0,00	0,000	-6,358	6,072	-0,895
	0,60	3,821	5,248*	0,003	0,175
	1,00	6,393	-0,000	-4,083	0,895

* = Wartości ekstremalne

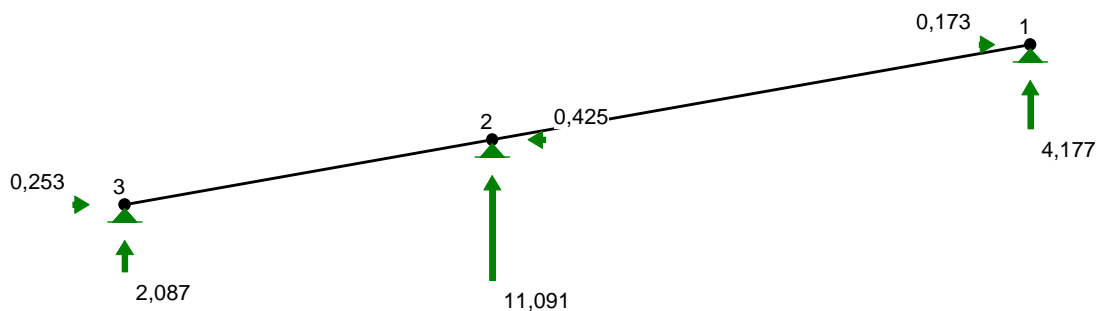
NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG: [MPa]	SigmaD: [MPa]	SigmaMax/Ro:
2 St3S (X,Y,V,W)					
1	0,00	0,000	-0,334	-0,334	0,002
	1,00	4,366	78,012	-77,344	0,381*
2	0,00	0,000	77,189	-78,167	0,381*
	1,00	6,393	0,489	0,489	0,002

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,173	4,177	4,180	
2	-0,425	11,091	11,099	
3	0,253	2,087	2,103	

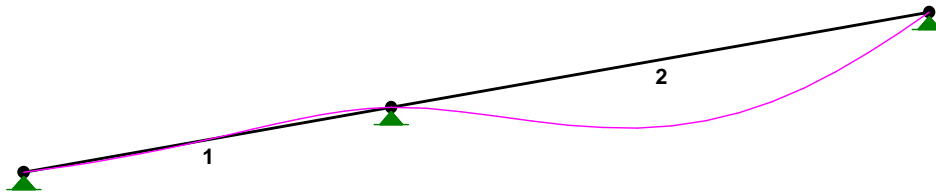
PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	-0,00000	-0,00000	0,00000	0,00896 (0,513)
2	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00319 (-0,183)
3	-0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00075 (-0,043)

PRZEMIESZCZENIA:



DEFORMACJE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F1a[deg]:	F1b[deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	0,0000	-0,043	-0,183	0,0012	3783,9
2	-0,0000	-0,0000	-0,183	0,513	0,0158	404,1

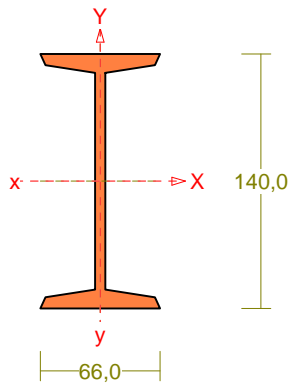
NOŚNOŚĆ PRĘTÓW:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Przekrój:Pręt:	Warunek nośności:	Wykorzystanie:
1	1 Nośność przy ściskaniu ze zgin	36,5%
	2 Stan graniczny użytkowania	42,7%

Przekrój: I 140



Wymiary przekroju:

I 140 $h=140,0$ $g=5,7$ $s=66,0$ $t=8,6$ $r=5,7$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=573,0$ $J_{yg}=35,2$ $A=18,30$ $i_x=5,6$ $i_y=1,4$ $J_w=1524,8$

$J_t=4,1$ $i_s=5,8$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=8,6**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$M_x = 6,358$ kNm, $V_y = 6,072$ kN, $N = -0,895$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 77,2$ MPa $\sigma_c = -78,2$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 77,2$ MPa $\sigma_c = -78,2$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -0,5 \Delta\sigma = 77,7$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 7,98$ cm² $\tau = 7,6$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,5 / 1,000 + 77,7 = 78,2 < 215 \text{ MPa}$$

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

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{78,2^2 + 3 \times 0,0^2} = 78,2 < 215 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 6,393$; $x_b = -0,000$.

Siła osiowa: $N = 0,895$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 18,30$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 18,30 \times 215 \times 10^{-1} = 393,450$ kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 0,895 < 393,450 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$\kappa_a = 0,313$ $\kappa_b = 1,000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow \mu = 0,766$ dla $l_o = 6,393$

$$l_w = 0,766 \times 6,393 = 4,897 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$\kappa_a = 1,000$ $\kappa_b = 1,000$ węzły nieprzesuwne $\Rightarrow \mu = 1,000$ dla $l_o = 1,500$

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

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 6,393$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 6,393$ m.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 573,0}{4,897^2} 10^{-2} = 483,424 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 35,2}{1,500^2} 10^{-2} = 316,529 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{5,8^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 1524,8}{6,393^2} 10^{-2} + 80 \times 4,1 \times 10^2 \right) = 1010,667 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$:

$$N_{RC} = A f_d = 18,3 \times 215 \times 10^{-1} = 393,450 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 483,424} = 1,042 \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = 0,678$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 316,529} = 1,288 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,479$$

$$\text{- dla } N_z \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{393,450 / 1010,667} = 0,718 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,733$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,479$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{0,895}{0,479 \times 393,450} = 0,005 < 1$$

Zwicherungie:

Dla dwuteownika walcowanego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_{\omega\omega} = 6393$ mm:

$$\frac{35 i_y}{\beta} \sqrt{215 / f_d} = \frac{35 \times 14}{0,550} \times \sqrt{215 / 215} = 891 < 6393 = l_1$$

Pręt nie jest zabezpieczony przed zwicherungiem.

Współrzędna punktu przyłożenia obciążenia $a_o = 0,00$ cm. Różnica współrzędnych środka ścinania i punktu przyłożenia siły $a_s = 0,00$ cm. Przyjęto następujące wartości parametrów zwicherungia: $A_1 = 0,000$, $A_2 = 0,000$, $B = 0,000$.

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

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

$$0,000 \times 316,529 + \sqrt{(0,000 \times 316,529)^2 + 0,000^2 \times 0,058^2 \times 316,529 \times 1010,667} = 0,000$$

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

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 81,9 \times 215 \times 10^{-3} = 17,599 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,895}{393,450} + \frac{6,358}{1,000 \times 17,599} = 0,364 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 6,358 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,678 \times 1,042^2 \frac{1,000 \times 6,358}{17,599} \times \frac{0,895}{393,450} = 0,001$$

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

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,895}{0,678 \times 393,450} + \frac{1,000 \times 6,358}{1,000 \times 17,599} = 0,365 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,895}{0,479 \times 393,450} + \frac{1,000 \times 6,358}{1,000 \times 17,599} = 0,366 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-1} = 99,511 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,6 V_R = 59,706 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 6,072 < 99,511 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 6,072 < 59,706 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 17,599 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{0,895}{393,450} + \frac{6,358}{17,599} = 0,364 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 6,393$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 6,072 < 99,510 = 99,511 \times \sqrt{1 - (0,895 / 393,450)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,393$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 100,0$ mm.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 62,3$ MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 62,3 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 171,5 \times 5,7 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 210,164 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 210,164 = P_{R,W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

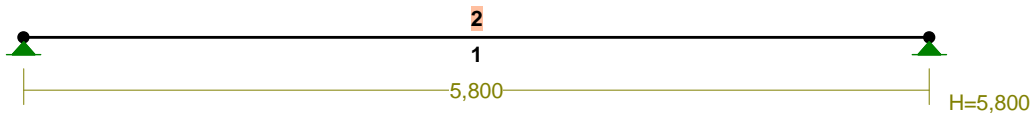
$$a_{\max} = 10,9 \text{ mm}$$

$$a_{gr} = l / 250 = 6393 / 250 = 25,6 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 10,9 < 25,6 = a_{gr}$$

3. BELKA STALOWA (PODCIĄG garaż 1.4)

PRZEKROJE PRĘTÓW:

**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	5,800	0,000	5,800	1,000	2 2 I 180

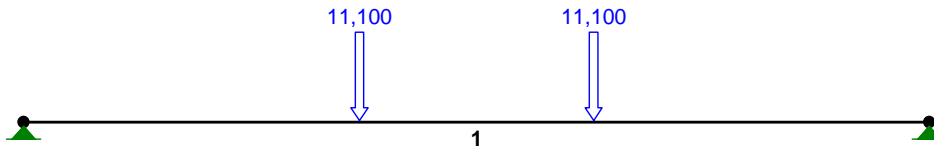
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	Ix[cm ⁴]	Iy[cm ⁴]	Wg[cm ³]	Wd[cm ³]	h[cm]	Materiał
2	55,8	2900	1101	322	322	18,0	2 St3S (X,Y,V,W)

STAŁE MATERIAŁOWE:

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

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

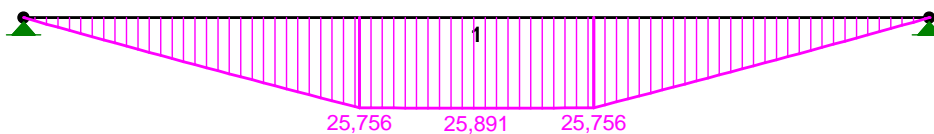
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Skupione	0,0	11,100		2,15	
1	Skupione	0,0	11,100		3,65	

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu

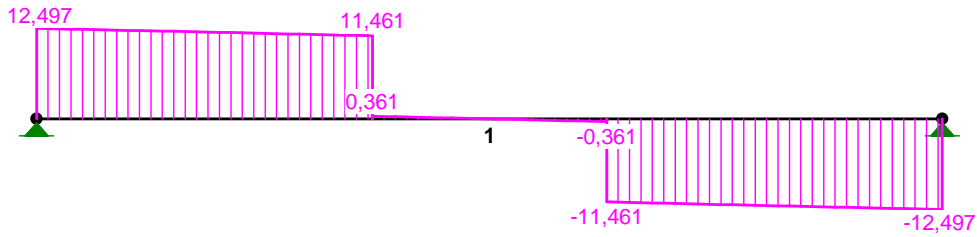
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
A -"	Zmienne	1	1,00

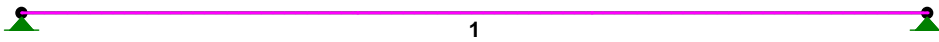
MOMENTY:



TNAĆCE :



NORMALNE :

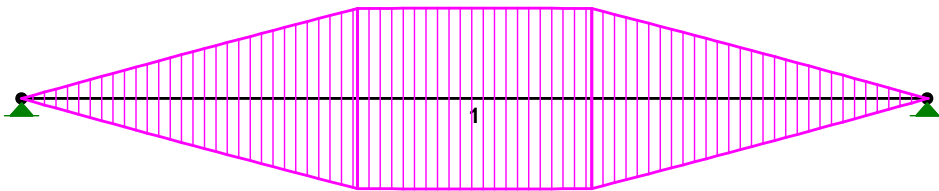


SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	12,497	0,000
	0,50	2,900	25,891*	0,000	0,000
	1,00	5,800	0,000	-12,497	0,000

* = Wartości ekstremalne

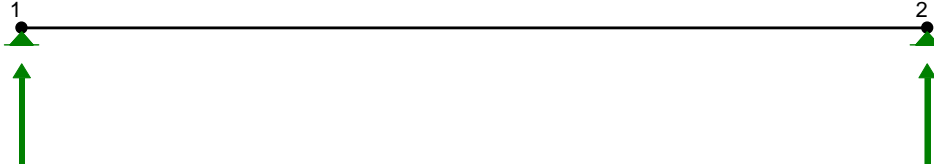
NAPRĘŻENIA:



NAPRĘŻENIA: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
			[MPa]		
2 St3S (X,Y,V,W)					
1	0,00	0,000	0,000	-0,000	0,000
	0,50	2,900	-80,352	80,352	0,392*
	1,00	5,800	-0,000	0,000	0,000

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

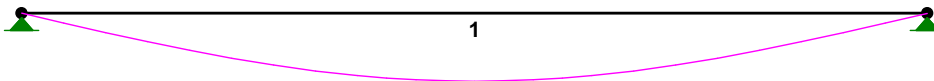
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	12,497	12,497	
2	0,000	12,497	12,497	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Fi[rad]([deg]):
1	0,00000	-0,00000	0,00000	-0,00798 (-0,458)
2	0,00000	-0,00000	0,00000	0,00798 (0,458)

PRZEMIESZCZENIA:



DEFORMACJE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

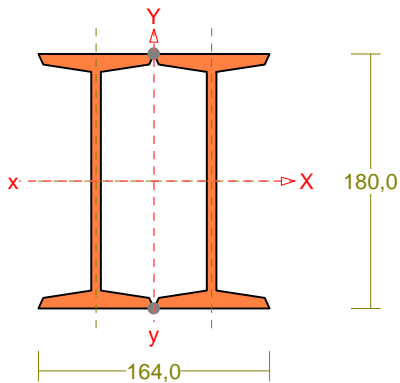
Pręt:	Wa[m]:	Wb[m]:	F _{Ia} [deg]:	F _{Ib} [deg]:	f[m]:	L/f:
1	-0,0000	-0,0000	-0,458	0,458	0,0150	387,1

NOŚNOŚĆ PRĘTÓW: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Przekrój:	Pręt:	Warunek nośności:	Wykorzystanie:
2	1	Stan graniczny użytkowania	64,1%

Przekrój: 2 I 180



Wymiary przekroju:

I 180 h=180,0 g=6,9 s=82,0 t=10,3 r=6,9.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=2900,0$ $J_{yg}=1100,6$ $A=55,80$ $i_x=7,2$ $i_y=4,4$.

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **fd=215 MPa** dla **g=10,3**.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 2,900$; $x_b = 2,900$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$M_x = -25,891$ kNm, $V_y = 0,000$ kN, $N = 0,000$ kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 80,4$ MPa $\sigma_c = -80,4$ MPa.

Naprężenia:

$x_a = 2,900$; $x_b = 2,900$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 80,4$ MPa $\sigma_c = -80,4$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 0,0$ $\Delta\sigma = 80,4$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 80,4 = 80,4 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,800$$
$$l_w = 1,000 \times 5,800 = 5,800 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 5,800$$
$$l_w = 1,000 \times 5,800 = 5,800 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2900,0}{5,800^2} 10^{-2} = 1744,197 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 1100,6}{5,800^2} 10^{-2} = 661,952 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

Dla przekroju rurowego lub skrzynkowego rozstaw stężeń zabezpieczających przekrój przed obrotem $l_1 = l_0 = 5800$ mm:

$$100 b_o \sqrt{215 / f_d} = 100 \times 82,0 \times \sqrt{215 / 215} = 8200 > 5800 = l_l$$

Pręt jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 2,900$; $x_b = 2,900$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 322,2 \times 215 \times 10^{-3} = 69,278 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} = \frac{25,891}{1,000 \times 69,278} = 0,374 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 5,800$; $x_b = -0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 24,8 \times 215 \times 10^{-1} = 309,755 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 92,926 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 12,497 < 309,755 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 2,900$; $x_b = 2,900$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,000 < 92,926 = V_o$

$$M_{R_x, V} = M_R = 69,278 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x, V}} = \frac{25,891}{69,278} = 0,374 < 1$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$; $x_b = 5,800$.

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R, W} = c_o t_w \eta_c f_d = 186,2 \times 6,9 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 276,219 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 276,219 = P_{R, W}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 14,9 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 5800 / 250 = 23,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 14,9 < 23,2 = a_{\text{gr}}$$