

OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE

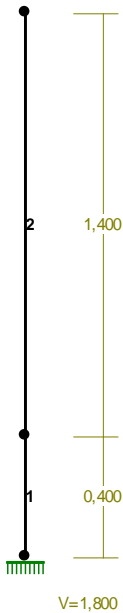
1. Obliczenia

Słup główny

WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:

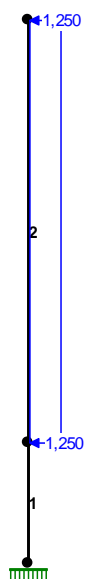


PRĘTY UKŁADU:

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	0,000	0,400	0,400	1,000	1 B 100x100
2	00	2	3	0,000	1,400	1,400	1,000	1 B 100x100

OBCIĄŻENIA: Skala 1:25



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
-------	---------	------	----------	----------	--------	--------

Grupa:	W	"obciążenie wiatrem"	Zmienne	$\gamma_f = 1,50$		
2	Linowe	-90,0	1,250	1,250	0,00	1,40

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
W -"obciążenie wiatrem"	Zmienne	1	0,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
W -"obciążenie wiatrem"	EWENTUALNIE

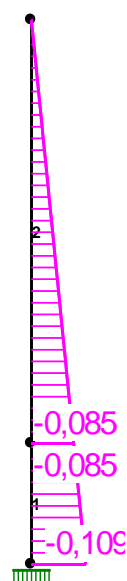
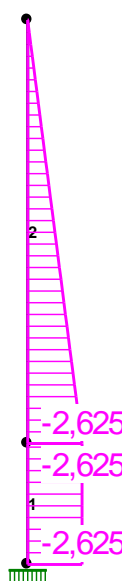
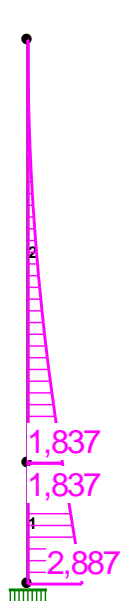
KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE :
	EWENTUALNIE: W

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	2,887*	-2,625	-0,109	W
	0,000	0,000*	0,000	-0,109	
	0,400	0,000*	0,000	-0,085	
	0,000	2,887	-2,625*	-0,109	W
	0,400	1,837	-2,625*	-0,085	W
	0,400	1,837	-2,625	-0,085*	W
	0,000	2,887	-2,625	-0,109*	W
2	0,000	1,837*	-2,625	-0,085	W
	0,000	0,000*	0,000	-0,085	
	1,400	0,000*	0,000	0,000	
	0,000	1,837	-2,625*	-0,085	W
	1,400	-0,000	0,000	0,000*	W
	0,000	1,837	-2,625	-0,085*	W

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

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

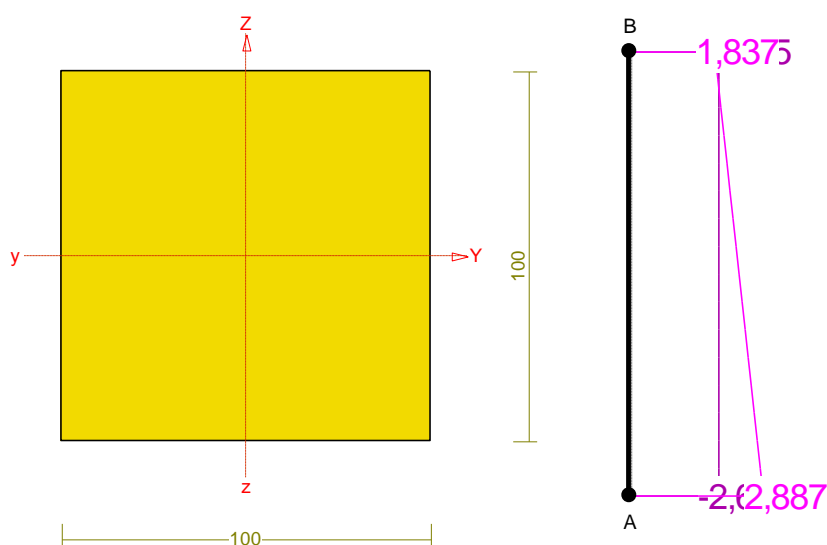
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,625*	0,109	2,627	-2,887	W
	0,000*	0,109	0,109	0,000	
	2,625	0,109*	2,627	-2,887	W
	0,000	0,109*	0,109	0,000	
	2,625	0,109	2,627*	-2,887	W
	0,000	0,109	0,109	0,000*	
	2,625	0,109	2,627	-2,887*	W

* = Wartości ekstremalne

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

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000	0,00000	0,00000	W
2	0,00212	0,00000	0,00212	W
3	0,02532	0,00000	0,02532	W

Pręt nr 1



Przekrój: 1 „B 100x100”

Wymiary przekroju:

$$h=100,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=833,3; \quad J_{zg}=833,3 \text{ cm}^4; \quad A=100,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=2,9; \quad i_z=2,9 \text{ cm}; \quad W_y=166,7; \quad W_z=166,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (*mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr*).

$$K_{mod} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 18,69 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 15,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,60$$

$$f_{c,90,d} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
f_{v,k} &= 2,80 & f_{v,d} &= 1,94 \text{ MPa} \\
E_{0,\text{mean}} &= 11500 \text{ MPa} \\
E_{90,\text{mean}} &= 380 \text{ MPa} \\
E_{0,05} &= 7700 \text{ MPa} \\
G_{\text{mean}} &= 720 \text{ MPa} \\
\rho_k &= 370 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych $M_a = 0,000$ i $M_b = 0,000$ kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta $q = 0,000$ kN/m. Przyjęto stały moment skręcający $M_{\text{tor}} = 0,270$ kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,50$.

Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 2,000 \times 0,400 = 0,800 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 0,400 = 0,400 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 0,800 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 0,400 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 0,800 / 0,0289 = 27,71$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 0,400 / 0,0289 = 13,86$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (27,71)^2 = 98,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (13,86)^2 = 395,81 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{22 / 98,95} = 0,472$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{22 / 395,81} = 0,236$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,472 - 0,5) + (0,472)^2] = 0,608$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,236 - 0,5) + (0,236)^2] = 0,501$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (0,608 + \sqrt{0,608^2 - 0,472^2}) = 1,007$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (0,501 + \sqrt{0,501^2 - 0,236^2}) = 1,059$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 100,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,109 / 100,00 \times 10 = 0,01 < 15,34 = 1,007 \times 15,23 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,01}{1,007 \times 15,23} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} + \frac{17,32}{18,69} = 0,928 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,01}{1,059 \times 15,23} + \frac{0,00}{18,69} + 0,7 \times \frac{17,32}{18,69} = 0,649 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”.

Długość obliczeniowa dla **wspornika z momentem na końcu**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 400 + 100 + 100 = 600 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{600 \times 100 \times 18,69}{3,142 \times 100^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,136$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,887 / 166,67 \times 10^3 = \mathbf{17,32} < \mathbf{18,69} = 1,000 \times 18,69 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{17,32}{18,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,927} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{17,32}{18,69} + \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,649} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,01^2}{15,23^2} + \frac{17,32}{18,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,927} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,01^2}{15,23^2} + 0,7 \times \frac{17,32}{18,69} + \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,649} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,625 / 100,00 \times 10 = 0,39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 100,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,39} < \mathbf{1,94} = 1,000 \times 1,94 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=0,40$ m, przy obciążeniach „W”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,270}{100^2 \times 100} \times 1,610 \times 10^6 = \mathbf{1,30} < \mathbf{1,94} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{1,30}{1,94} + \frac{0,39^2}{1,94^2} = \mathbf{0,714} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=0,20$ m; $x_b=0,20$ m, przy obciążeniach „W” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcie graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 12,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („W”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = -0,3 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,00) = -0,3 \text{ mm}$$

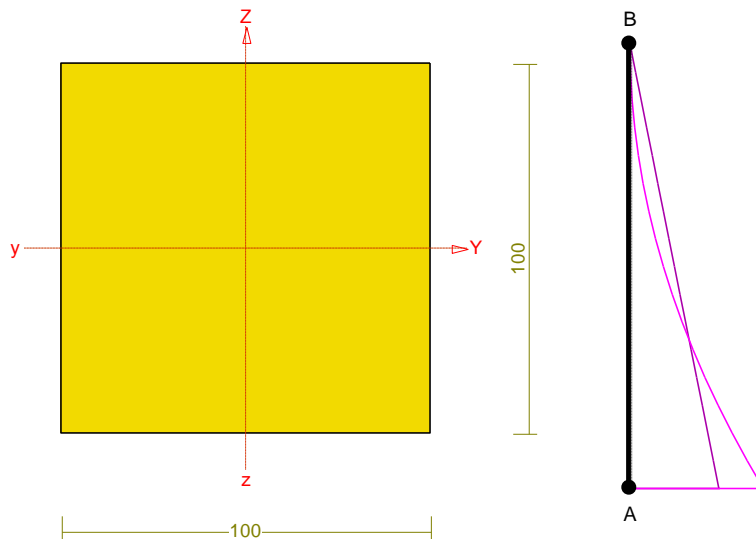
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -0,3 = \mathbf{0,3} < \mathbf{12,0} = u_{\text{net,fin}}$$

Pręt nr 2

Zadanie: słup_002



Przekrój: 1 „B 100x100”

Wymiary przekroju:

$$h=100,0 \text{ mm} \quad b=100,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=833,3; \quad J_{zg}=833,3 \text{ cm}^4; \quad A=100,00 \text{ cm}^2; \quad i_y=2,9; \quad i_z=2,9 \text{ cm}; \quad W_y=166,7; \quad W_z=166,7 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 2 klasę użytkowania konstrukcji (temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 85% tylko przez kilka tygodni w roku) oraz klasę trwania obciążenia: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$K_{\text{mod}} = 0,90$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C27.**

$$f_{m,k} = 27,00$$

$$f_{m,d} = 18,69 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 16,00$$

$$f_{t,0,d} = 11,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,60$$

$$f_{t,90,d} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 22,00$$

$$f_{c,0,d} = 15,23 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
f_{c,90,k} &= 2,60 & f_{c,90,d} &= 1,80 \text{ MPa} \\
f_{v,k} &= 2,80 & f_{v,d} &= 1,94 \text{ MPa} \\
E_{0,\text{mean}} &= 11500 \text{ MPa} \\
E_{90,\text{mean}} &= 380 \text{ MPa} \\
E_{0,05} &= 7700 \text{ MPa} \\
G_{\text{mean}} &= 720 \text{ MPa} \\
\rho_k &= 370 \text{ kg/m}^3
\end{aligned}$$

Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych $M_a = 0,000$ i $M_b = 0,000$ kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta $q = 0,000$ kN/m. Przyjęto stały moment skręcający $M_{\text{tor}} = 0,270$ kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,50$.

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych przy uwzględnieniu niekorzystnych kombinacji obciążeń.

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a = 0,00$ m; $x_b = 1,40$ m, przy obciążeniach „W”.

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 2,142 \times 1,400 = 2,999 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 1,400 = 1,400 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,999 \text{ m};$$

$$l_{c,z} = 1,400 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,999 / 0,0289 = 103,88$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 1,400 / 0,0289 = 48,50$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7700 / (103,88)^2 = 7,04 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7700 / (48,50)^2 = 32,31 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},y}} = \sqrt{22/7,04} = 1,767$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,\text{crit},z}} = \sqrt{22/32,31} = 0,825$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,767 - 0,5) + (1,767)^2] = 2,189$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0,5) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (0,825 - 0,5) + (0,825)^2] = 0,873$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2}) = 1 / (2,189 + \sqrt{2,189^2 - 1,767^2}) = 0,287$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2}) = 1 / (0,873 + \sqrt{0,873^2 - 0,825^2}) = 0,864$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 100,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 0,085 / 100,00 \times 10 = 0,01 < 4,38 = 0,287 \times 15,23 = k_{c,y} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a = 0,00$ m; $x_b = 1,40$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,01}{0,287 \times 15,23} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} + \frac{11,02}{18,69} = 0,592 < 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,01}{0,864 \times 15,23} + \frac{0,00}{18,69} + 0,7 \times \frac{11,02}{18,69} = 0,414 < 1$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,40$ m, przy obciążeniach „W”.

Długość obliczeniowa dla *wspornika obciążonego równomiernie*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni *górnej*, wynosi:

$$l_d = 0,60 \times 1400 + 100 + 100 = 1040 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{1040 \times 100 \times 18,69}{3,142 \times 100^2 \times 7700}} \times \sqrt{\frac{11500}{720}} = 0,179$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 1,837 / 166,67 \times 10^3 = \mathbf{11,02} < \mathbf{18,69} = 1,000 \times 18,69 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=1,40$ m; $x_b=0,00$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{11,08} + \frac{0,00}{18,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,000} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,00}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} + \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,000} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,40$ m, przy obciążeniach „W”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,01^2}{15,23^2} + \frac{11,02}{18,69} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,590} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,01^2}{15,23^2} + 0,7 \times \frac{11,02}{18,69} + \frac{0,00}{18,69} = \mathbf{0,413} < \mathbf{1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,40$ m, przy obciążeniach „W”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,625 / 100,00 \times 10 = 0,39 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 100,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,39^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,39} < \mathbf{1,94} = 1,000 \times 1,94 = k_v f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie:

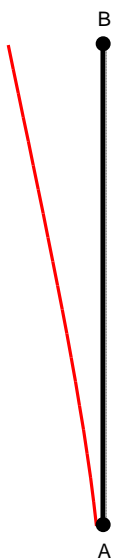
Wyniki dla $x_a=0,00$ m; $x_b=1,40$ m, przy obciążeniach „W”.

$$\tau_{tor,d} = \frac{3 M_{tor}}{b^2 h} \eta = \frac{3 \times 0,270}{100^2 \times 100} \times 1,610 \times 10^6 = \mathbf{1,30} < \mathbf{1,94} = f_{v,d}$$

Nośność na skręcanie ze ścinaniem:

$$\frac{\tau_{tor,d}}{f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 = \frac{1,30}{1,94} + \frac{0,39^2}{1,94^2} = \mathbf{0,714} < \mathbf{1}$$

Stan graniczny użytkowania:



Wyniki dla $x_a=0,52$ m; $x_b=0,88$ m, przy obciążeniach „W” liczone od cięciwy pręta.

Ugięcia graniczne

$$u_{\text{net,fin}} = l / 150 = 12,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + „”):

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,80) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („W”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Krótkotrwałe** (mniej niż 1 tydzień, np. śnieg i wiatr).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = -1,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,00) = -1,0 \text{ mm}$$

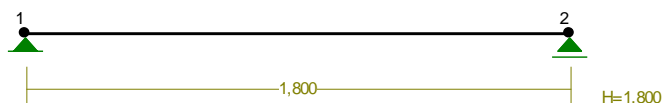
$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (100,0/1800)^2] (1 + 0,00) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia całkowite:

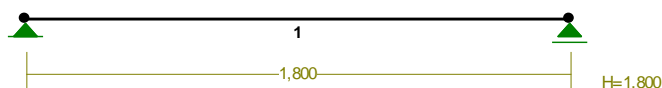
$$u_{z,\text{fin}} = 0,0 + -1,0 = \mathbf{1,0} < \mathbf{12,0} = u_{\text{net,fin}}$$

Płaskownik nośny

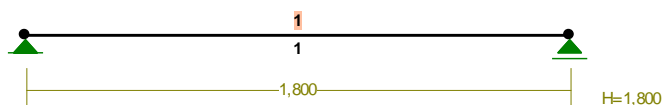
WEZŁY: Skala 1:25



PRĘTY: Skala 1:25



PRZEKROJE PRĘTÓW: Skala 1:25

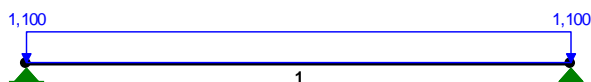


PRĘTY UKŁADU:

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	1,800	0,000	1,800	1,000	1 B 94x4

OBCIĄŻENIA: Skala 1:25



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "obciążenie wiatrem"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	1,100	1,100	0,00	1,80

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
A - "obciążenie wiatrem"	Zmienne	1	0,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
A - "obciążenie wiatrem"	EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

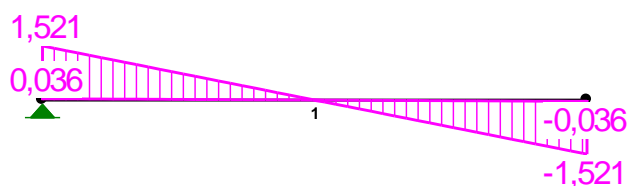
Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : EWENTUALNIE: A

MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:25



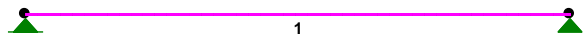
TNĄCE-OBWIEDNIE:

Skala 1:25



NORMALNE-OBWIEDNIE:

Skala 1:25



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	0,900	0,684*	0,000	0,000	A
	0,000	-0,000*	0,036	0,000	
	0,000	-0,000	1,521*	0,000	A
	0,000	-0,000	1,521	0,000*	A
	0,900	0,684	0,000	0,000*	A
	0,000	-0,000	1,521	0,000*	A
	0,900	0,684	0,000	0,000*	A

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

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

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,000*	1,521	1,521		A
	0,000*	0,036	0,036		
	0,000	1,521*	1,521		A
	0,000	0,036*	0,036		
	0,000	1,521	1,521*		A
2	0,000*	1,521	1,521		A
	0,000*	0,036	0,036		
	0,000	1,521*	1,521		A
	0,000	0,036*	0,036		
	0,000	1,521	1,521*		A

* = Wartości ekstremalne

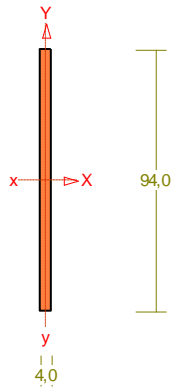
PRZEMIESZCZENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

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

Węzeł:	Ux[m]:	Uy[m]:	Wypadkowe[m]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,00000			
		0,00000		A
			0,00000	A
2	0,00000			
		0,00000		A
			0,00000	A

Pręt nr 1

Przekrój: B 94x4



Wymiary przekroju:

$$h=94,0 \quad s=4,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=27,7 \quad J_{yg}=0,1 \quad A=3,76 \quad i_x=2,7 \quad i_y=0,1 \quad J_w=0,0 \quad J_t=0,2 \quad i_s=2,7.$$

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość **$f_d=215$ MPa** dla **$g=4,0$** .

Siły przekrojowe:

$$x_a = 0,900; \quad x_b = 0,900.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$M_x = -0,684 \text{ kNm}, \quad V_y = 0,000 \text{ kN}, \quad N = 0,000 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 116,2 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -116,2 \text{ MPa}$.

Stateczność lokalna.

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 1,800.$$

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 1800,0 \text{ mm}$.

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

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,000 < 1$$

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

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

$$\text{- dla zginana względem osi X: } \psi_x = \varphi_p = 1,000$$

Naprężenia:

$$x_a = 0,900; \quad x_b = 0,900.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 116,2 \text{ MPa}$ $\sigma_c = -116,2 \text{ MPa}$.

Naprężenia:

$$\text{- normalne: } \sigma = 0,0 \quad \Delta\sigma = 116,2 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 116,2 = 116,2 < 215 \text{ MPa}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 0,300$$
$$l_w = 1,000 \times 0,300 = 0,300 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 0,300$$
$$l_w = 1,000 \times 0,300 = 0,300 \text{ m}$$

- dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_o = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{oo} = 1,800 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_o = 1,800 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 27,7}{0,300^2} 10^{-2} = 6224,055 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 0,1}{0,300^2} 10^{-2} = 11,270 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EJ_{\varpi}}{l_{\varpi}^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{2,7^2} \left(\frac{3,14^2 \times 205 \times 0,0}{1,800^2} 10^{-2} + 80 \times 0,2 \times 10^{-2} \right) = 217,479 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

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: $A_1 = 0,610$, $A_2 = 0,530$, $B = 1,140$.

$$A_o = A_1 b_y + A_2 a_s = 0,610 \times 0,00 + 0,530 \times -0,00 = 0,000$$

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

$$0,000 \times 11,270 + \sqrt{(0,000 \times 11,270)^2 + 1,140^2 \times 0,027^2 \times 11,270 \times 217,479} = 1,533$$

Smukłość względna dla zwichrzenia wynosi:

$$\bar{\lambda}_L = 1,15 \sqrt{M_R / M_{cr}} = 1,15 \times \sqrt{1,266 / 1,533} = 1,045$$

Nośność przekroju na zginanie:

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

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 5,9 \times 215 \times 10^{-3} = 1,266 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 1,045$ wynosi $\varphi_L = 0,723$

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,684}{0,723 \times 1,266} = 0,747 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,800$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 1,000 \times 3,4 \times 215 \times 10^{-1} = 42,198 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 12,660 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 1,521 < 42,198 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

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

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,000 < 12,660 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 1,266 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{R_x, V}} = \frac{0,684}{1,266} = 0,540 < 1$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 2,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 1800 / 250 = 7,2 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 2,7 < 7,2 = a_{\text{gr}}$$