

OBLICZENIA STATYCZNE DO PROJEKTU

PRZEBUDOWY SZPITALA POWIATOWEGO W CZARNKOWIE

Obliczenia statyczne zostały wykonane w oparciu o n/w normy:

- PN-EN 1990 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji
- PN-EN 1991 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje
- PN-EN 1992 Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu
- PN-EN 1993 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych
- PN-EN 1994 Eurokod 4: Projektowanie konstrukcji stalowo-betonowych
- PN-EN 1995 Eurokod 5: Projektowanie konstrukcji drewnianych
- PN-EN 1996 Eurokod 6: Projektowanie konstrukcji murowych
- PN-EN 1997 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne

PN-B-02852:2001- Ochrona przeciwpożarowa budynków - Obliczanie gęstości obciążenia ogniowego oraz wyznaczanie względnego czasu trwania pożaru

POZ.1 – RAMA STAŁOWO-ŻELEBTOWA ZEBRANIE OBCIĄŻEŃ

rozpiętość stropu $l=6,00m$,
wysokość ścinaki ażurowej - $0,50m$
wysokość ściany 3 piętra - $3,30m$:

OBCIĄŻENIA STAŁE na $1mb$:

1. PAPA	$0,12 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 0,72 \text{ kN/m}$
2. ZAPRAWA WYRÓWNAWCZA 2cm	$0,38 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 2,28 \text{ kN/m}$
3. PŁYTY KORYTKOWE	$1,45 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 8,70 \text{ kN/m}$
4. ŚCIANA AŻUROWA	$3,50 \text{ kN/m}^2 \times 0,50m = 1,75 \text{ kN/m}$
5. WEŁNA MINERALNA	$0,10 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 0,60 \text{ kN/m}$
6. PŁYTY KANAŁOWE	$3,60 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 21,60 \text{ kN/m}$
7. ŚCIANA Z CEGŁY PEŁNEJ	$5,50 \text{ kN/m}^2 \times 3,30m = 18,15 \text{ kN/m}$
8. POSADZKI	$1,20 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 7,20 \text{ kN/m}$
9. PŁYTY KANAŁOWE	$3,60 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 21,60 \text{ kN/m}$
10. ŚCIANKI DZIAŁOWE	$1,20 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 7,20 \text{ kN/m}$
RAZEM	89,80 kN/m

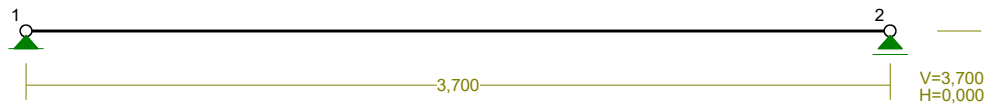
OBCIĄŻENIA ZMIENNE na $1 mb$:

1. ŚNIEG	$0,72 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 4,32 \text{ kN/m}$
2. OBCIĄŻENIE UŻYTKOWE	$2,00 \text{ kN/m}^2 \times 6,00m = 12,00 \text{ kN/m}$
RAZEM	16,32 kN/m

STAL S355

RM_Win v. 11.132 licencja nr 2042
NAZWA: Belka - oś 4

WĘZŁY:



WĘZŁY:

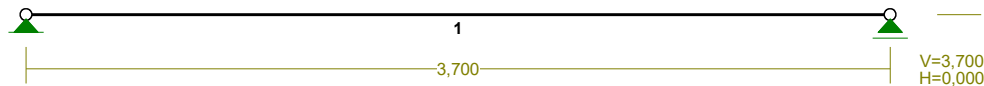
Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	3,700	0,000

PODPORY:

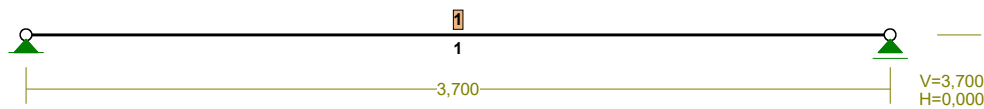
P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*) : [m / k N]	Dy:	DFi: [rad/kNm]
1	stała	0,0	0,0	0,0	
2	przesuwna	0,0	0,0*		

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

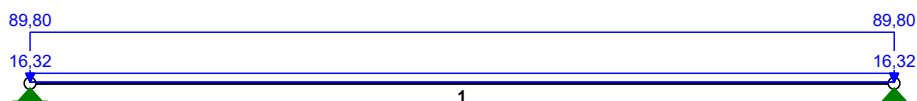
Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	11	0	1	3,700	0,000	3,700	1,000	1 2 I 270 PE

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	91,8	11580	5023	858	858	27,0	4 S 355

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
4 S 355	210	355,000	1,2E-5

OBCIĄŻENIA:**OBCIĄŻENIA:** ([kN], [kNm], [kN/m])

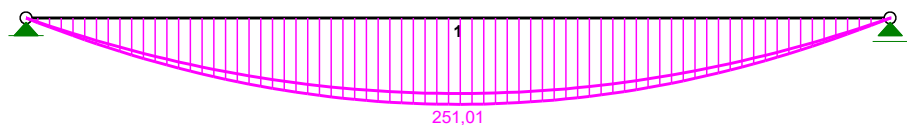
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_g = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "Obciążenie stałe"			Stałe	$\gamma_g = 1,35/1,00$	
1	Liniowe	0,0	89,80	89,80	0,00	3,70
Grupa:	B "Obciążenie zmienne"			Zmienne	$\gamma_q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	16,32	16,32	0,00	3,70

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria I-go rzędu
RM_Win v. 11.132 licencja nr 2042

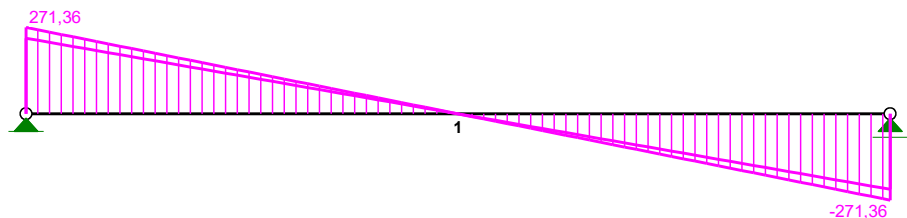
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -"Obciążenie stałe"	Stałe	1,35/1,00	
B -"Obciążenie zmienne"	Zmienne	1 1,50	1/1/1

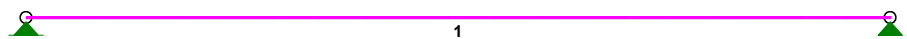
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



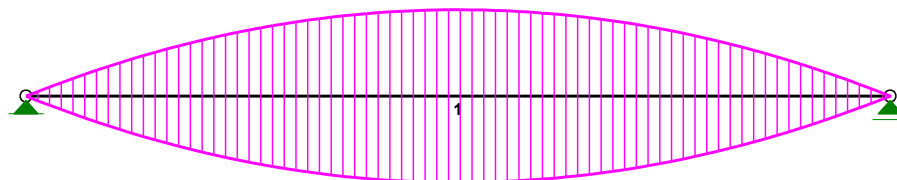
SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	a	0,00	0,00	271,36	0,00
	b	0,00	0,00	237,45	0,00
	a	0,50	251,01*	0,00	0,00
	a	1,00	0,00	-271,36	0,00
	b	1,00	0,00	-237,45	0,00

* = Wartości ekstremalne

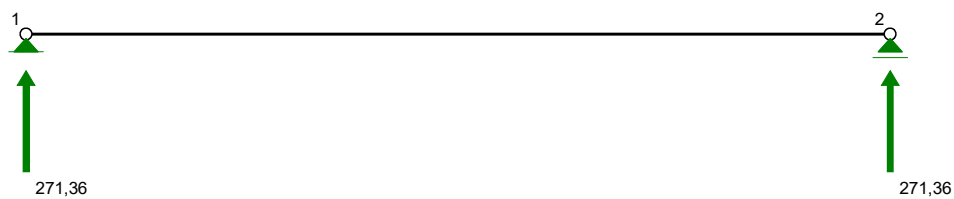
NAPRĘŻENIA:**NAPRĘŻENIA:**

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
[MPa]					
4 S 355					
1	a	0,00	0,00	0,00	0,000
	b	0,00	0,00	0,00	0,000
	a	0,50	-292,63	292,63	0,824*
	a	1,00	0,00	0,00	0,000
	b	1,00	0,00	0,00	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:

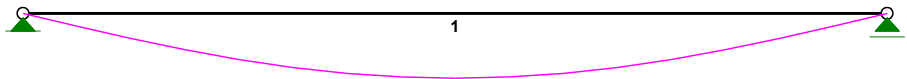
REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: CW AB

Węzeł:		H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1	a	0,00	271,36	271,36	
	b	0,00	237,45	237,45	
2	a	0,00	271,36	271,36	
	b	0,00	237,45	237,45	

REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW AB

Węzeł:		H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1		0,00	197,66	197,66	
2		0,00	197,66	197,66	

PRZEMIESZCZENIA:



PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW AB

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

DEFORMACJE: T.I rzędu
Obciążenia char.: CW AB

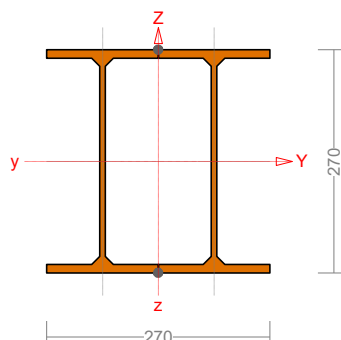
Pręt:	Wa [m] :	Wb [m] :	Fia [deg] :	Fib [deg] :	f [m] :	L/f :
1	0,0000	0,0000	-0,531	0,531	0,0107	345,1

Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.59 licencja nr 2042)

Zadanie: Belka - oś 4

Przekrój: 1 - 2 I 270 PE



Wymiary przekroju:

$h=270,0$ $g=6,6$ $s=135,0$ $t=10,2$ $r=15,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=11580,0$ $I_{zg}=5022,6$ $A=91,80$ $i_y=11,2$ $i_z=7,4$

$I_w=267104,6$ $I_t=4688,8$ $i_s=13,45$.

Materiał: **S 355**. Granica plastyczności $f_y=355$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=490$ dla $g=6,6$.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone $q = 0$ kN/m,
- momenty przywęzłowe $M_a = 0$, $M_b = 0$ kNm,
- moment skręcający $T = 0$ kNm.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,700$$
$$l_w = 1,000 \times 3,700 = 3,700 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,700$$
$$l_w = 1,000 \times 3,700 = 3,700 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_\omega = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{\omega\omega} = 3,700$ m. Długość wyboczeniowa $l_\omega = 3,700$ m.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 11580,0}{3,700^2} \times 10^{-2} = 17531,7 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 5022,6}{3,700^2} \times 10^{-2} = 7604,09 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_\omega}{l_\omega^2} + GI_T \right) = \frac{1}{13,45^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 267104,6}{3,700^2} \times 10^{-2} + 81 \times 4688,8 \times 10^2 \right) = 212232,61 \text{ kN}$$

Zwichrzenie:

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

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

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

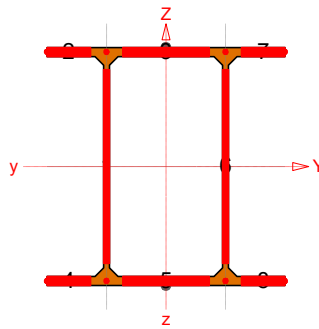
$$0,000 \times 7604,09 + \sqrt{(0,000 \times 7604,09)^2 + 0,000^2 \times 0,134^2 \times 7604,09 \times 212232,61} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 3,700$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot B$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = \sqrt{235 / 355} = 0,814$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	219,6	6,6	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	33,273	
2	49,2	10,2	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	4,824	
3	98,4	10,2	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	9,647	
4	49,2	10,2	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	4,824	
5	98,4	10,2	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	9,647	
6	219,6	6,6	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	33,273	
7	49,2	10,2	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	4,824	
8	49,2	10,2	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	4,824	

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,700$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot B$ (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{44,19 \times 355 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 905,64 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{271,36}{905,64} = 0,300 < 1$$

Dla materiału o granicy plastyczności 355 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$h_w / t_w = 219,6/6,6 = 33,273 < 48,634 = 72 \times 0,814/1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,850$; $x_b = 1,850$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot B$ (a)

Klasa przekroju 1.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{967,01 \times 355}{1} \times 10^{-3} = 343,29 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{91,80 \times 355}{1} \times 10^{-1} = 3258,9 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,00 / 3258,9 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla dowolnego przekroju przyjęto:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) = 343,29 \times (1 - 0,000) = 343,29 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) = 219,99 \times (1 - 0,000) = 219,99 \text{ kNm} \quad (6.2)$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{251,01}{343,29} = 0,731 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0}{3258,9} + \frac{251,01}{343,29} + \frac{0}{219,99} = 0,731 < 1 \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

$x_a = 1,850$; $x_b = 1,850$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot B$ (a)

Nie uwzględniono zwichrzenia pręta.

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,000 \times 967,01 \times 355}{1} \times 10^{-3} = 343,29 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{251,01}{343,29} = 0,731 < 1 \quad (6.54)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 3,700$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot (CW+A) + 1,5 \cdot B$ (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żebier poprzecznych $a = 3,700$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (219,6/3700,0)^2 = 6,01$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 355 \times 101,3 / (355 \times 6,6) = 15,341$$

$$m_2 = 0,02 (h_w / t_f)^2 = 0,02 \times (219,6/10,2)^2 = 9,270$$

$$l_y = s_s + 2t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2} \right) = 100,0 + 2 \times 10,2 \times (1 + \sqrt{15,341 + 9,270}) = 221,6 \quad \text{przyjęto } l_y = 221,6 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,01 \times 210 \times 6,6^3 / 219,6 = 1486,35 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{221,6 \times 6,6 \times 355 \times 10^3}{1486,35}} = 0,591$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_F} = \frac{0,5}{0,591} = 0,846 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 0,846 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 0,846 \times 221,6 = 187,5 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{355 \times 187,5 \times 6,6 \times 10^3}{1} = 439,24 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środka:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{135,68}{439,24} = 0,309 < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A+B Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 10,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 3700 / 250 = 14,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 10,7 < 14,8 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 10,721 \text{ mm}; \quad L / a = 3700,0 / 10,721 = 345,1$$

POZ.2 – PODPORA CENTRALI WENTYLACYJNEJ

NAZWA: POZ.2_Podpora centrali

WĘZŁY:



WĘZŁY:

Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000
2	7,200	0,000

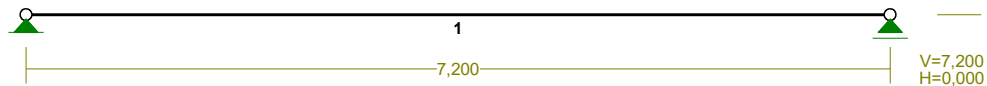
PODPORY:

P o d a t n o ś c i

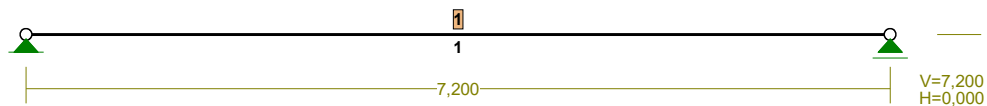
Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	Dx (Do*):	Dy:	DFi:
			[m / k N]		[rad/kNm]

1	stała	0,0	0,0	0,0
2	przesuwna	0,0	0,0*	

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	11	0	1	7,200	0,000	7,200	1,000	1 I 160 HEA

WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	38,8	1673	616	220	220	15,2	2 S 235

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
2 S 235	210	235,000	1,2E-5

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

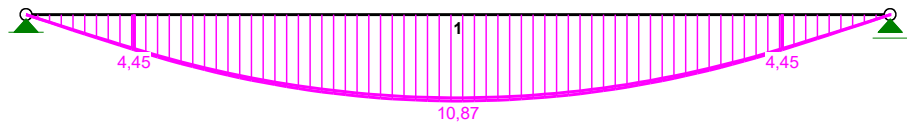
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	CW "Ciężar własny"			Stałe	$\gamma_e = 1,35/1,00$	
Grupa:	A "Obciążenie"			Zmienne	$\gamma_q = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	0,90	0,90	0,90	6,30

W Y N I K I wg PN-EN 1990
Teoria I-go rzędu
RM_Win v. 11.132 licencja nr 2042

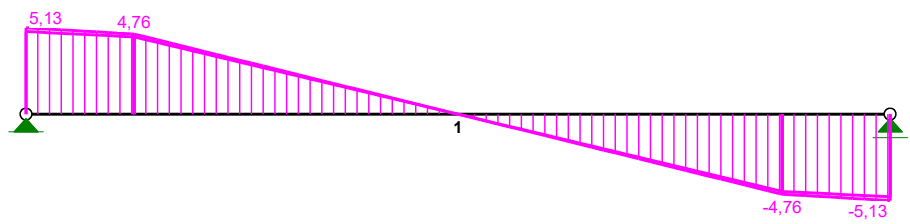
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	γ :	$\psi_0/\psi_1/\psi_2$:
CW-"Ciężar własny"	Stałe	1,35/1,00	
A -"Obciążenie"	Zmienne	1 1,50	1/1/1

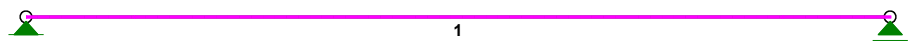
MOMENTY:



TNĄCE :



NORMALNE :



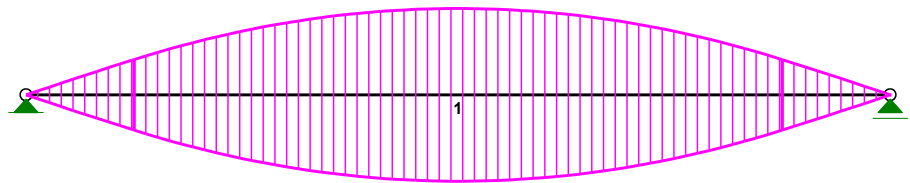
SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW **A**

Pręt:		x/L:	x[m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	a	0,00	0,000	0,00	5,13	0,00
	b	0,00	0,000	0,00	4,90	0,00
	a	0,50	3,600	10,87*	0,00	0,00
	a	1,00	7,200	0,00	-5,13	0,00
	b	1,00	7,200	0,00	-4,90	0,00

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



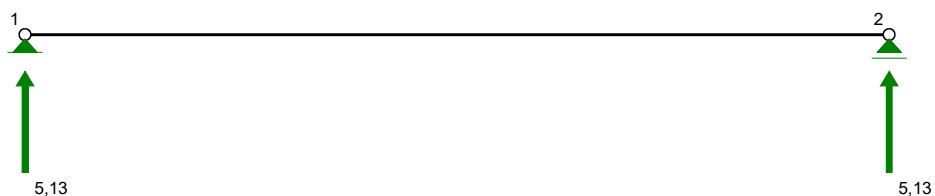
NAPRĘŻENIA: T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW **A**

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:	
			[MPa]			
2 S 235						
1	a	0,00	0,000	0,00	0,000	
	b	0,00	0,000	0,00	0,000	
	a	0,50	3,600	-49,36	49,36	0,210*
	a	1,00	7,200	0,00	0,00	0,000
	b	1,00	7,200	0,00	0,00	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: CW **A**

Węzeł:		H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1	a	0,00	5,13	5,13	
	b	0,00	4,90	4,90	
2	a	0,00	5,13	5,13	
	b	0,00	4,90	4,90	

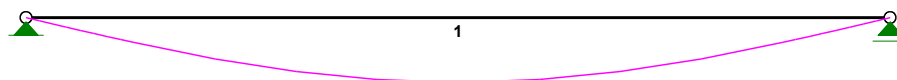
REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW **A**

Węzeł:		H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1		0,00	3,53	3,53	
2		0,00	3,53	3,53	

PRZEMIESZCZENIA:



PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW A

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

DEFORMACJE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: CW A

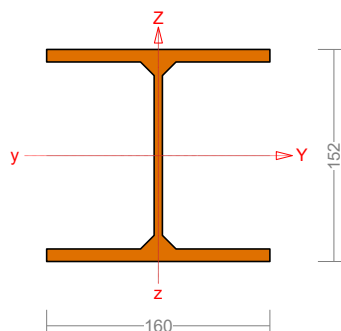
Pręt:	Wa [m]:	Wb [m]:	Fia [deg]:	Fib [deg]:	f [m]:	L/f:
1	0,0000	0,0000	-0,286	0,286	0,0113	635,4

Pręt nr 1

Wyniki wymiarowania stali wg PN-EN 1993 (Stal1993_2d v. 1.59 licencja nr 2042)

Zadanie: POZ.2_Podpora centrali

Przekrój: 1 - I 160 HEA



Wymiary przekroju:

$h=152,0$ $g=6,0$ $s=160,0$ $t=9,0$ $r=15,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$I_{yg}=1673,0$ $I_{zg}=616,0$ $A=38,80$ $i_y=6,6$ $i_z=4,0$

$I_w=31409,7$ $I_t=10,6$ $i_s=7,681$.

Materiał: **S 235**. Granica plastyczności $f_y=235$ MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie $f_u=360$ dla $g=6,0$.

Obciążenia prostopadłe:

Obciążenia działające prostopadłe do płaszczyzny układu:

- obciążenie rozłożone $q = 0 \text{ kN/m}$,
- momenty przywęzłowe $M_a = 0$, $M_b = 0 \text{ kNm}$,
- moment skręcający $T = 0 \text{ kNm}$.

Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1$.

Długości wyboczeniowe pręta:

Przęsło Yc

Przyjęto:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 7,200$$
$$l_w = 1,000 \times 7,200 = 7,200 \text{ m}$$

Przęsło Zc

Przyjęto następujące podatności węzłów:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \quad \Rightarrow \quad \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 7,200$$
$$l_w = 1,000 \times 7,200 = 7,200 \text{ m}$$

Przęsło ω

Dla wyboczenia skrętnego przyjęto współczynnik długości wyboczeniowej $\mu_o = 1,000$. Rozstaw stężeń zabezpieczających przed obrotem $l_{oo} = 7,200 \text{ m}$. Długość wyboczeniowa $l_o = 7,200 \text{ m}$.

Siły krytyczne:

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 EI_y}{l_{wy}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 1673,0}{7,200^2} \times 10^{-2} = 668,88 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 EI_z}{l_{wz}^2} = \frac{3,1416^2 \times 210 \times 616,0}{7,200^2} \times 10^{-2} = 246,28 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left(\frac{\pi^2 EI_{\omega}}{l_o^2} + GI_T \right) = \frac{1}{7,681^2} \times \left(\frac{3,1416^2 \times 210 \times 31409,7}{7,200^2} \times 10^{-2} + 81 \times 10,6 \times 10^2 \right) = 1663,68 \text{ kN}$$

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

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

$$M_{cr} = \pm A_o N_{cr,z} + \sqrt{(A_o N_{cr,z})^2 + B^2 i_s^2 N_{cr,z} N_{cr,T}} =$$

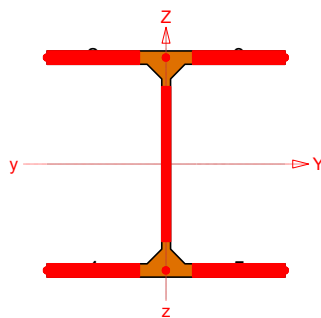
$$0,000 \times 246,28 + \sqrt{(0,000 \times 246,28)^2 + 0,000^2 \times 0,077^2 \times 246,28 \times 1663,68} = 0 \text{ kNm}$$

Stan graniczny nośności.

$x_a = 7,200$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: $1,35 \cdot 0,85 \cdot CW + 1,5 \cdot A$ (b)

Przyjęto następujące współczynniki częściowe γ_M :

$$\gamma_{M0} = 1; \gamma_{M1} = 1; \gamma_{M2} = 1,1.$$



Klasa przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{235/f_y} = \sqrt{235/235} = 1,000$$

Nr:	c [mm]	t [mm]	α	ψ	k_σ	$(c/t)_1$	$(c/t)_2$	$(c/t)_3$	c/t	Klasa
1	104,0	6,0	0,000	0,000	-	INF	INF	INF	17,333	
2	62,0	9,0	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	6,889	
3	62,0	9,0	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	6,889	
4	62,0	9,0	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	6,889	
5	62,0	9,0	0,000	0,000	0	INF	INF	INF	6,889	

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 7,200$; $x_b = 0,000$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·A (a)

- wzdłuż osi Z

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v(f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{13,24 \times 235 / 1,732}{1} \times 10^{-1} = 179,64 \text{ kN}$$

Warunek nośności:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{5,13}{179,64} = \mathbf{0,029 < 1}$$

Dla materiału o granicy plastyczności 235 MPa, przyjęto $\eta = 1,2$.

Zgodnie z p. 5.1(2) PN-EN 1993-1-5 nie jest konieczne sprawdzanie stateczności przy ścinaniu:

$$\frac{h}{t} = \frac{104,0}{6,0} = \mathbf{17,333 < 59,701} = 72 \times 1,000 / 1,200 = 72 \varepsilon / \eta$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,600$; $x_b = 3,600$; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·A (a)

Klasa przekroju **1**.

Nośność na zginanie względem osi Y:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{244,89 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 57,55 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność na zginanie:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{38,80 \times 235}{1} \times 10^{-1} = 911,8 \text{ kN} \quad (6.6)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,00 / 911,8 = 0,000; \quad \text{przyjęto } n = 0,000 \leq 1;$$

Dla dwuteownika bisymetrycznego:

$$a = (A - 2 b t_f) / A = (38,80 - 2 \times 16,00 \times 0,90) / 38,80 = 0,258; \quad \text{przyjęto } a = 0,258 \leq 0,5;$$

– zginanie y-y

$$N_{Ed} = 0 < 227,95 = 0,25 \times 911,8 = 0,25 N_{pl,Rd} \quad (6.33)$$

$$N_{Ed} = 0 < 94,47 = \frac{0,5 \times 13,40 \times 0,60 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{0,5 h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.34)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

– zginanie z-z

$$N_{Ed} = 0 < 188,94 = \frac{13,40 \times 0,60 \times 235}{1} \times 10^{-1} = \frac{h_w t_w f_y}{\gamma_{M0}} \quad (6.35)$$

Nie ma potrzeby redukowania nośności na zginanie ze względu na siłę osiową.

Zlinearyzowany warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{N,Rd}} = \frac{10,87}{57,55} = 0,189 < 1 \quad (6.31)$$

Ostrożne przybliżenie nośności (nie jest warunkiem decydującym):

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{z,Rd}} = \frac{0}{911,8} + \frac{10,87}{57,55} + \frac{0}{27,67} = 0,189 < 1 \quad (6.2)$$

Zginanie (stateczność):

xa = 3,600; xb = 3,600; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·A (a)

Nie uwzględniono zwichrzenia pręta.

Warunek stateczności przy zginaniu:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{1,000 \times 244,89 \times 235}{1} \times 10^{-3} = 57,55 \text{ kNm} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{10,87}{57,55} = 0,189 < 1 \quad (6.54)$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym:

xa = 7,200; xb = 0,000; Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: 1,35·CW+1,5·A (a)

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $s_s = 100,0$ mm oraz typ obciążenia środnika (a). Dodatkowo przyjęto rozstaw żeber poprzecznych $a = 7,200$ m. Nośność najbardziej obciążonego środnika:

$$k_F = 6 + 2 (h_w / a)^2 = 6 + 2 \times (104,0 / 7200,0)^2 = 6,00$$

$$m_1 = f_{yf} b_f / f_{yw} t_w = 235 \times 160,0 / (235 \times 6,0) = 26,667$$

$$m_2 = 0,000$$

$$l_y = s_s + 2 t_f (1 + \sqrt{m_1 + m_2}) = 100,0 + 2 \times 9,0 \times (1 + \sqrt{26,667 + 0,000}) = 211,0 \quad \text{przyjęto } l_y = 211,0 \leq a$$

$$F_{cr} = 0,9 k_F E t_w^3 / h_w = 0,9 \times 6,00 \times 210 \times 6,0^3 / 104,0 = 2355,39 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{211,0 \times 6,0 \times 235 \times 10^3}{2355,39}} = 0,355$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_F} = \frac{0,5}{0,355} = 1,407 \quad \text{przyjęto } \chi_F = 1,000 \leq 1,0$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1,000 \times 211,0 = 211,0 \text{ mm}$$

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235 \times 211,0 \times 6,0 \times 10^3}{1} = 297,44 \text{ kN} \quad (6.1 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Warunki nośności środnika:

$$\eta_2 = \frac{F_{Ed}}{F_{Rd}} = \frac{5,13}{297,44} = 0,017 < 1 \quad (6.14 \text{ EN } 1993-1-5)$$

Stan graniczny użytkowalności:

Przęsło nr: 1, 1, 1. Obciążenia: CW+A Kombinacja charakterystyczna

Ugięcia względem osi Z liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 11,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = 1 / 250 = 7200 / 250 = 28,8 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 11,3 < 28,8 = a_{\text{gr}}$$

Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = 11,332 \text{ mm}; \quad L / a = 7200,0 / 11,332 = 635,4$$