

OPIS TECHNICZNY DO PROJEKTU BUDOWLANEGO KONSTRUKCJI

1. DANE OGÓLNE

- 1.1. Inwestor : MIASTO I GMINA WRONKI,
UL.RATUSZOWA 5, 64-510 WRONKI
- 1.2. Adres budowy : OS. BOREK , WRONKI, GM.WRONKI

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

- 2.1. Obowiązujące normy państwowe PN/B i literatura techniczna.

PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości.
PN-82/B-02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
PN-82/B-02003 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne.
PN-80/B-02010 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia śniegiem.
PN-77/B-02011 Obciążenia w obliczeniach statycznych. Obciążenia wiatrem.
PN-B-03264: 2002/Ap1 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-B-03150: 2000/Az1/Az2 Konstrukcje drewniane. Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-B-03002: 1999/Ap1/Az1/Az2 Konstrukcje murowe nie zbrojone. Projektowanie i obliczanie.
PN-81/B-03020 Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie.
PN-90/B-03000 Projekty budowlane. Obliczenia statyczne.

- 2.2. Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonano przy pomocy programów komputerowych SPECBUD.

3. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany pawilonu z płyty obornickiej na konstrukcji stalowej.

4. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Budynek zaprojektowano w technologii stalowej z zastosowaniem drobnowymiarowych elementów stalowych.

5. WARUNKI GRUNTOWO – WODNE

Pod projektowaną inwestycję nie wykonano badań geotechnicznych podłoża.

Projektując fundamenty przyjęto następujące założenia:

- w poziomie posadowienia projektowanych fundamentów zalegają grunty rodzime, nienaruszone;
- do obliczeń przyjęto parametry geotechniczne charakterystyczne dla piasków średnich i grubych o
średnim stopniu zagęszczenia $ca ID = 0,6$;
- zwierciadło wody gruntowej poniżej poziomu posadowienia

- W przypadku natrafienia w wykopach na stare fundamenty, fragmenty ścian i związane z nimi strefy niekontrolowanego nasypu, należy usunąć je spod projektowanych ław do poziomu gruntów rodzimych, nienaruszonych i zastąpić chudym betonem lub piaskiem o stopniu zagęszczenia $ID = 0,6$.

6. ZAŁOŻENIA PROJEKTOWE

6.1. Obciążenia

- Śniegiem wg PN-80/B-02010 – $Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$ – II strefa
- Wiatrem wg PN-77/B-02011 – $q_k = 300 \text{ kPa}$ – I strefa
- Stałe wg PN-82/B-02001
- Zmienne wg PN-82/B-02003;
- Głębokość przemarzania gruntu $h_z = 1,0 \text{ m p.p.t.}$

6.2. Materiały konstrukcyjne użyte do budowy obiektu :

- Beton monolityczny – C20/25 (słupki fundamentowe)
- Chudy beton na podbudowę – C8/10
- Stal zbrojeniowa A-IIIIN (RB500) – oznaczenie #,

7. OPIS ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH BUDYNKU

7.1 Fundamenty

Zaprojektowano posadowienie bezpośrednie na ławach żelbetowych. Pod ławami pawilonu należy wykonać podkład gr. 10 cm z chudego betonu klasy C8/10.

UWAGA!!Należy zachować ostrożność przy wykonywaniu wykopów z uwagi na możliwość występowania nie zinwentaryzowanych instalacji podziemnych.

7.2 Układ nośny budynku

Zaprojektowano konstrukcję nośną budynku z profili walcowanych na gorąco – RK 100x100x5. Konstrukcję podłogową stanowi płyta betonowa zbrojona gr. 10 cm.

Przekrycie ścian ostonowych jak i dachu stanowią płyty warstwowe gr. 150 mm. Płyty mocować do profili nośnych oraz wymianów stalowych zamocowanych między profilami głównymi. Wymiany wykonać z ceowników lub kątowników. Łącznik płyty powinien być mocowany zgodnie z wytycznymi producenta danej firmy. Ma to na celu uniknięcie błędów wykonawczych. Łącznik może być w postaci śruby bądź wkrętu samogwintującego.

Układ nośny dachu stanowią rury kwadratowe RK100x100x4 połączone ze sobą spoinami pachwinowymi.

Słupy konstrukcji zaprojektowano jako stalowe z profili walcowanych RK 100x100x4. Przestrzenny układ stalowego pawilonu dodatkowo zostanie usztywniony przez oryglowanie nadokienne oraz podłogowe.

Wszystkie profile zabezpieczyć antykorozyjnie poprzez wykonanie malowania farbami na bazie minii.

7.3 Wymagania wykonawcze dotyczące konstrukcji stalowej

Ustala się następujące zasady obowiązujące Wykonawcę:

- Roboty spawalnicze należy prowadzić i odbierać zgodnie z wymaganiami zawartymi w PN-B-06200: 2002 oraz w WTWiO – tom III „Konstrukcje stalowe” (rozdział 2.7 w

wydaniu z 1989 r.)

- Klasyfikacja konstrukcji stalowej wg PN-B-06200:2002 – konstrukcja klasy „3”
 - Poziom jakości wg niezgodności spawalniczych w złączach spawanych przyjąć wg PN-EN 25817
 - Śruby wg PN-EN ISO 4014:2004 (lub wg DIN)
 - Nakrętki wg PN-EN ISO: 4032:2004 (lub wg DIN) – klasa własności mechanicznych odpowiada klasie śrub; wykonanie średniokładne (B)
 - Podkładki wg PN-EN ISO 7089:2004 (lub wg DIN)
 - Dopuszczalne odchyłki przygotowania brzegów do spawania powinny być przyjmowane wg PN-EN ISO 9692-1:2005, PN-EN ISO 9692-2:2002 i PN-EN ISO 5817: 2005
 - Wszystkie materiały muszą posiadać atest 3.1B wg PN-EN 10204
 - Klasa złącz spawanych wg PN-M-69011:
- doczołowych ze spoinami czołowymi „C”
- teowych, krzyżowych ze spoinami pachwinowymi „D”

8. OBLICZENIA STATYCZNE

OBCIĄŻENIA PRZYJĘTE DO PROJEKTU

Tablica 1. Pokrycie dachu

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	g _r	Obc. obl. kN/m ²
1.	Płyta warstwowa [0,120kN/m ²]	0,12	1,20	0,14
	S:	0,12	1,20	0,14

Tablica 2. Obciążenia zmienne – śnieg

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	g _r	Obc. obl. kN/m ²
1.	Obciążenie śniegiem połaci dachu jednospadowego wg PN-80/B-02010/Az1/Z1-1 (strefa 2 -> Q _k = 0,9 kN/m ² , nachylenie połaci 2,9 st. -> C ₁ =0,8) [0,720kN/m ²]	0,72	1,50	1,08
	S:	0,72	1,50	1,08
	$q_{\perp} = q \cdot \cos^2 2,9^\circ =$	0,72		1,08
	$q_{\parallel} = q \cdot \sin 2,9^\circ \cdot \cos 2,9^\circ =$	0,04		0,05

Tablica 3. Obciążenia zmienne – wiatr – strona nawietrzna

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	g _r	Obc. obl. kN/m ²
1.	Obciążenie wiatrem ściany nawietrznej wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-1 (strefa I, H=300 m n.p.m. -> q _k = 0,30kN/m ² , teren A, z=H=3,0 m, -> C _e =0,65, budowla zamknięta, wymiary budynku H=3,0 m, B=6,0 m, L=13,0 m -> wsp. aerodyn. C=0,7, beta=1,80) [0,246kN/m ²]	0,25	1,50	0,38
	S:	0,25	1,50	0,38

Tablica 4. Obciążenia zmienne – wiatr – strona zawietrzna

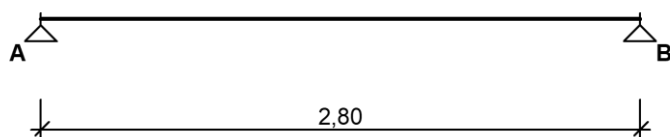
Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	g_f	Obc. obl. kN/m ²
1.	Obciążenie wiatrem ściany zawietrznej wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-1 (strefa I, H=300 m n.p.m. → $q_k = 0,30\text{kN/m}^2$, teren A, $z=H=3,0$ m, → $C_e=0,65$, budowla zamknięta, wymiary budynku H=3,0 m, B=6,0 m, L=13,0 m → wsp. aerodyn. $C=-0,4$, $\beta=1,80$) [$-0,140\text{kN/m}^2$]	-0,14	1,50	-0,21
S:		-0,14		-0,21

Tablica 5. Obciążenia zmienne – wiatr na dachu – strona nawietrzna

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m ²	g_f	Obc. obl. kN/m ²
1.	Obciążenie wiatrem dolnej połaci nawietrznej dachu jednospadowego wg PN-B-02011:1977/Az1/Z1-2 (strefa I, H=300 m n.p.m. → $q_k = 0,30\text{kN/m}^2$, teren A, $z=H=6,0$ m, → $C_e=0,80$, budowla zamknięta, wymiary budynku H=6,0 m, B=14,5 m, L=10,0 m, kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha = 2,9$ st. → wsp. aerodyn. $C=-0,9$, $\beta=1,80$) [$-0,389\text{kN/m}^2$]	-0,39	1,50	-0,59
S:		-0,39		-0,58

PŁATEW DACHOWA

SCHEMAT BELKI



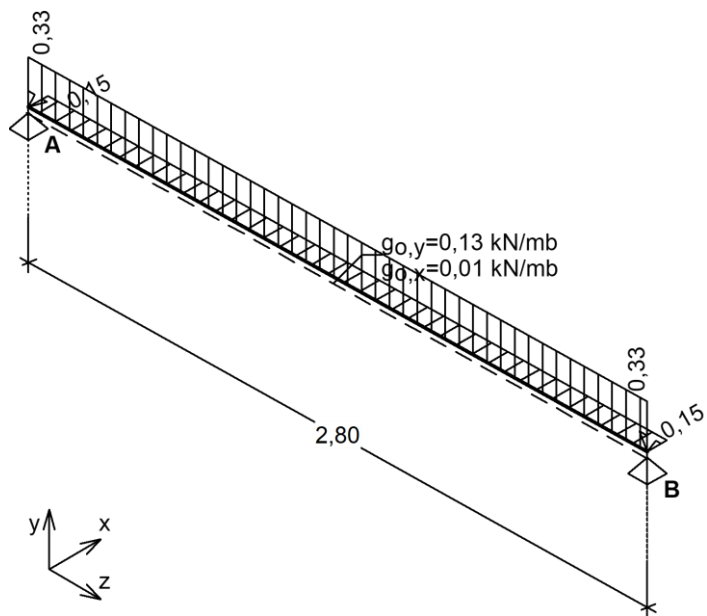
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $g_f = 1,10$
- udział ciężaru własnego na kierunkach wg kąta odchylenia przekroju od pionu ($\alpha = 2,86^\circ$):
 - składowa pionowa = 99,9%, składowa pozioma = 5,0%

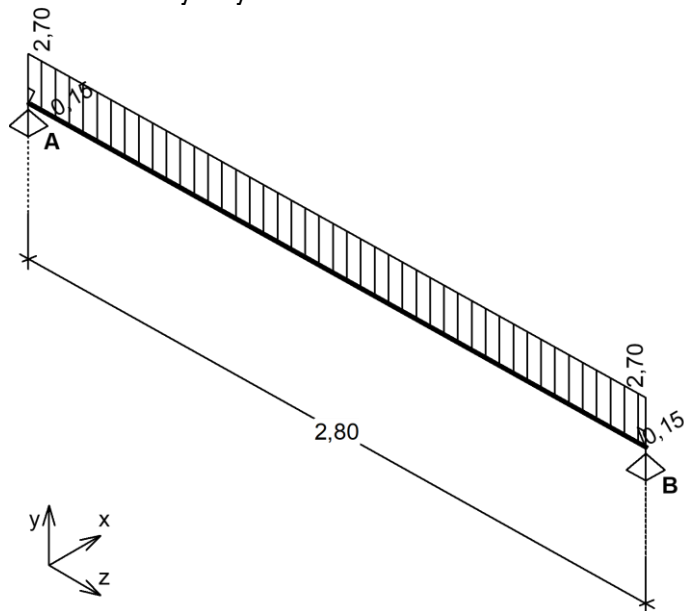
OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Przypadek **P1: obc.stałe** ($g_f = 1,20$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



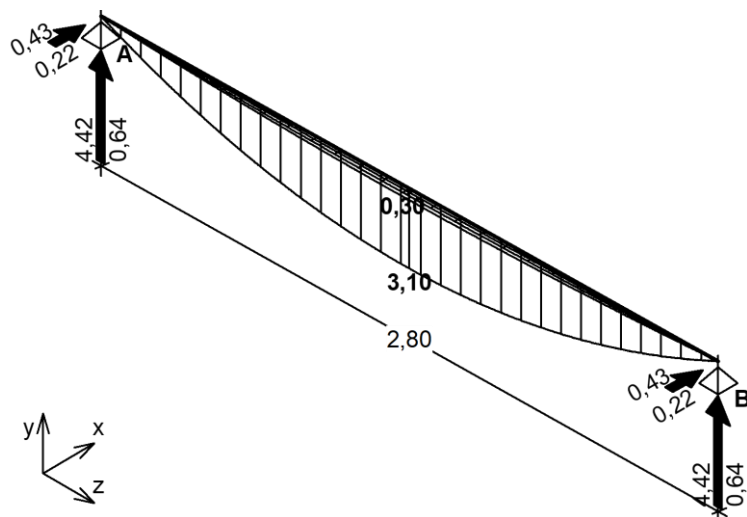
Przypadek P2: obc.zmienne przęsło A - B ($g_f = 1,5$)
 Schemat statyczny:



WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające M_x i M_y [kNm]:



ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

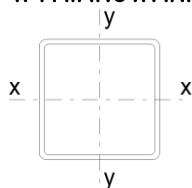
Belka zginana dwukierunkowo

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwiczenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: 100x100x4,0

$$A_{vy} = 7,68 \text{ cm}^2, \quad A_{vx} = 7,68 \text{ cm}^2, \quad m = 11,9 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 232 \text{ cm}^4, \quad J_y = 232 \text{ cm}^4, \quad J_w = 0,00 \text{ cm}^6, \quad J_T = 361 \text{ cm}^4, \quad W_x = 46,4 \text{ cm}^3, \quad W_y$$

$$= 46,4 \text{ cm}^3,$$

Stal: St3

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: dla M_x □ klasa przekroju 2 ($a_p = 1,096$) $M_{Rx} = 10,94 \text{ kNm}$
dla M_y □ klasa przekroju 2 ($a_p = 1,096$) $M_{Ry} = 10,94 \text{ kNm}$
- ścinanie: dla V_y □ klasa przekroju 1 $V_{Ry} = 95,77 \text{ kN}$
dla V_x □ klasa przekroju 1 $V_{Rx} = 95,77 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój z = 1,40 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

Współczynnik zwiczenia $j_L = 1,000$

Momenty maksymalne $M_{x,max} = 3,10 \text{ kNm}$, $M_{y,max} = 0,30 \text{ kNm}$

$$(54) \quad M_{x,max} / (j_L \cdot M_{Rx}) + M_{y,max} / M_{Ry} = 0,283 + 0,027 = 0,310 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój z = 0,00 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{y,max} = 4,42 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{y,max} / V_{Ry} = 0,046 < 1$$

Przekrój z = 2,80 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

Maksymalna siła poprzeczna $V_{x,max} = -0,43 \text{ kN}$

$$(53) \quad V_{x,max} / V_{Rx} = 0,004 < 1$$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

Przekrój z = 0,00 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

$V_{y,max} = 4,42 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_{Ry} = 28,73 \text{ kN}$ □ warunek niemiarodajny

Przekrój z = 2,80 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

$V_{x,max} = (-)0,43 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_{Rx} = 28,73 \text{ kN}$ □ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój z = 1,40 m (K2: 1,0·P1+1,0·P2)

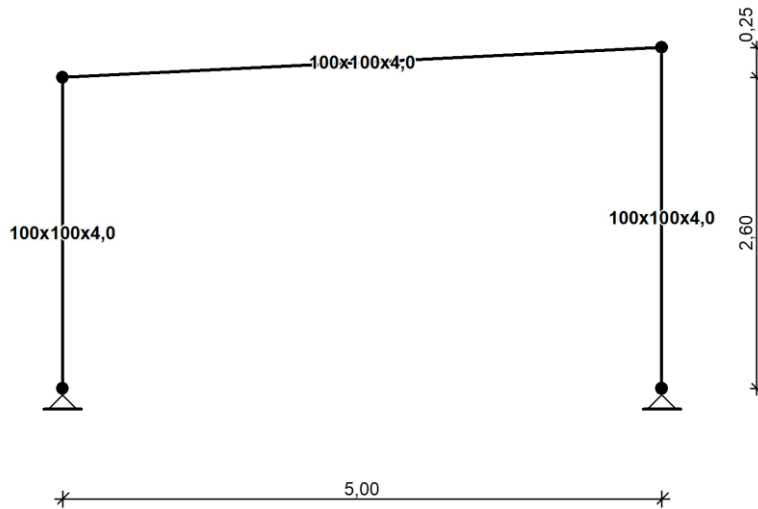
Ugięcia maksymalne $f_{k,y,max} = 3,69 \text{ mm}$, $f_{k,x,max} = 0,39 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 250 = 11,20 \text{ mm}$

$$f_{k,max} = (f_{k,y,max}^2 + f_{k,x,max}^2)^{0,5} = 3,71 \text{ mm} < f_{gr} = 11,20 \text{ mm} \quad (33,1\%)$$

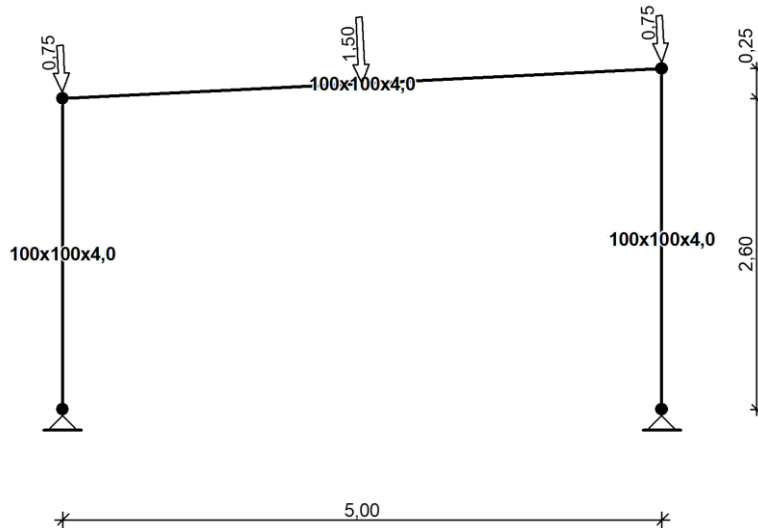
RAMA POPRZECZNA

SCHEMAT RAMY

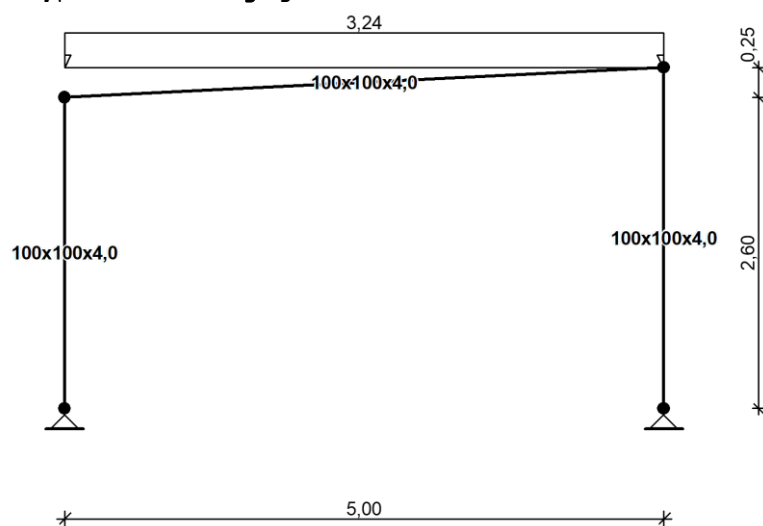


OBCIĄŻENIA: (wartości obliczeniowe)

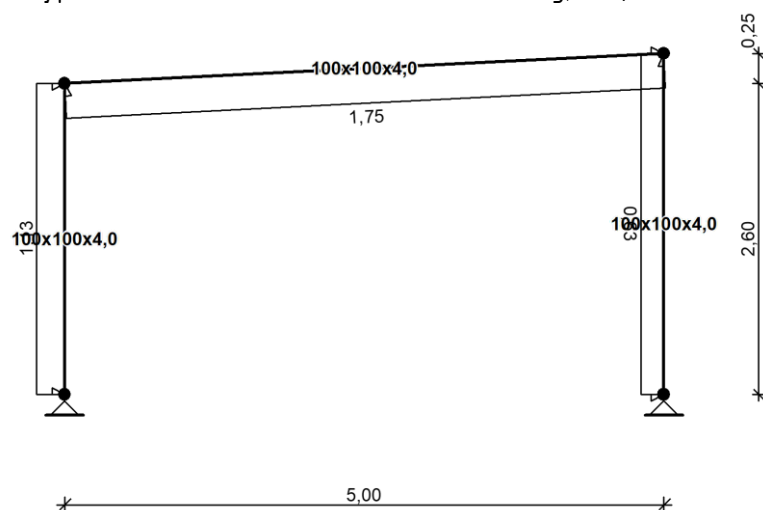
Przypadek P1: Stałe ($g_f = 1,20$)



Przypadek P2: Śnieg ($g_f = 1,5$)



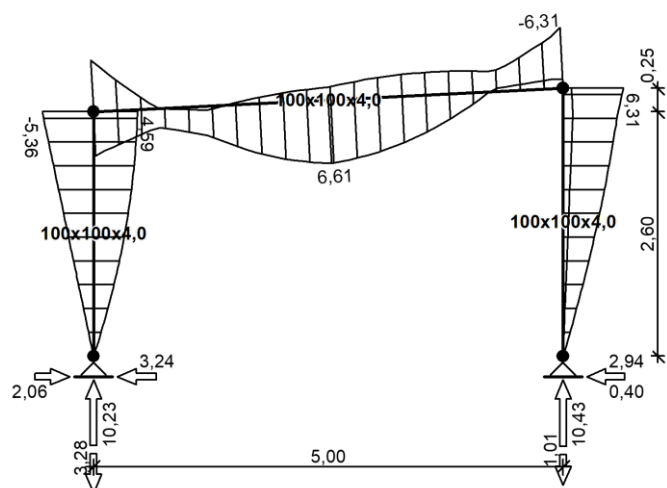
Przypadek P3: Wiatr - strona nawietrzna ($g_f = 1,5$)



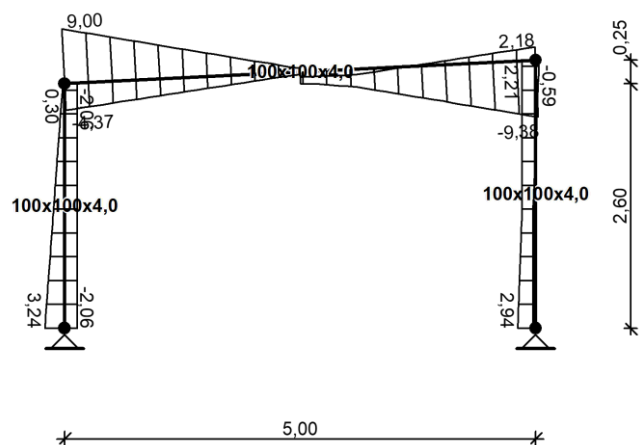
WYNIKI:

Obwiednia sił wewnętrznych

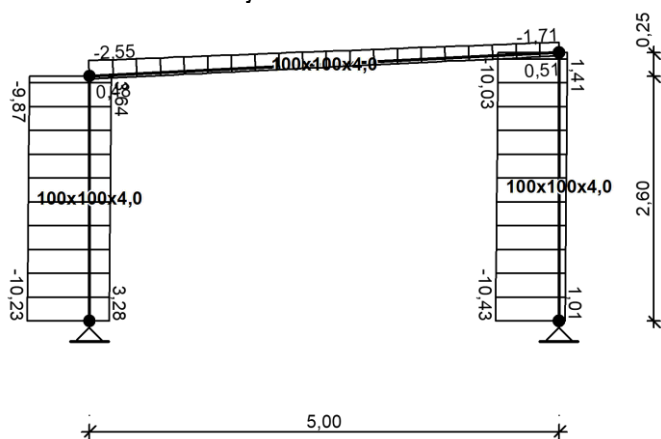
Obwiednia momentów zginających:



Obwiednia sił tnących:



Obwiednia sił osiowych:

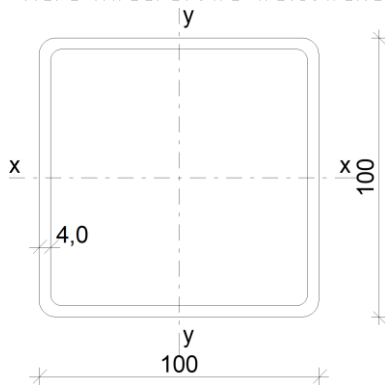


Ekstremalne siły wewnętrzne:

pręt	x [m]	M [kNm]	N [kN]	T [kN]	kombinacja SGN
1	2,50	6,61	-2,13	-0,94	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	5,01	-6,31	-1,71	-9,38	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	0,00	-5,36	-2,55	9,00	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	5,01	-0,89	0,51	2,18	K4: 1,0·P1+1,0·P3
2	2,60	4,59	3,64	0,30	K4: 1,0·P1+1,0·P3
	2,60	-5,36	-9,87	-2,06	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	0,00	0,00	-10,23	-2,06	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	0,00	0,00	3,28	3,24	K4: 1,0·P1+1,0·P3
3	2,85	6,31	-10,03	2,21	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	0,00	0,00	-10,43	2,21	K2: 1,0·P1+1,0·P2
	2,85	0,89	1,41	-0,59	K4: 1,0·P1+1,0·P3
	0,00	0,00	-7,43	2,94	K3: 1,0·P1+1,0·P2+0,90·P3

RYGIEL DACHOWY

Rura kwadratowa walcowana 100x100x4,0 (wg PN-EN 10210-2:2000)



Wymiary przekroju

$h = 100 \text{ mm}$, $t = 4,0 \text{ mm}$

$r_i = 4,0 \text{ mm}$, $r_o = 6,0 \text{ mm}$

Cechy geometryczne przekroju

$A = 15,20 \text{ cm}^2$, $A_v = 7,680 \text{ cm}^2$

$J = 232,0 \text{ cm}^4$

$W = 46,40 \text{ cm}^3$

$i = 3,910 \text{ cm}$

$J_T = 361,1 \text{ cm}^4$, $W_T = 68,15 \text{ cm}^3$

$A_L = 0,390 \text{ m}^2/\text{m}$, $A_G = 32,75 \text{ m}^2/\text{m}$

$U/A = 256,4 \text{ m}^{-1}$, $m = 11,90 \text{ kg/m}$

Stal: St3, $f_d = 215 \text{ MPa}$, $l_p = 84,0$;

Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$N_{Rt} = 326,8 \text{ kN}$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 326,8 \text{ kN}$ (klasa: 1, $\gamma = 1,000$)

· wyboczenie giętne względem osi x-x

$l_{ex} = 5,00 \text{ m}$, $l_x = 127,9$, $N_{cr,x} = 187,8 \text{ kN}$, $\lambda_x = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 1,522$ wg "a" $\square j_x = 0,396$

$j_x \cdot N_{Rc} = 129,5 \text{ kN}$

· wyboczenie giętne względem osi y-y

$l_{ey} = 2,50 \text{ m}$, $l_y = 63,9$, $N_{cr,y} = 751,0 \text{ kN}$, $\lambda_y = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,y}} = 0,761$ wg "a" $\square j_y = 0,865$

$j_y \cdot N_{Rc} = 282,8 \text{ kN}$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$M_R = 10,94 \text{ kNm}$ (klasa: 1, $a_p = 1,096$)

· ustalenie współczynnika zwichrzenia

element o przekroju rurowym $\square j_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$V_R = 95,77 \text{ kN}$ (klasa: 1, $j_{pv} = 1,000$)

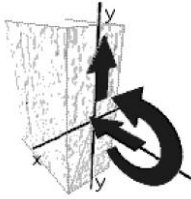
Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$$V_y = 9,500 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 28,73 \text{ kN} \quad \square \quad M_{R_x,V} = M_{R_x}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 28,73 \text{ kN} \quad \square \quad M_{R_y,V} = M_{R_y}$$

Obciążenie elementu

$$N = 3,000 \text{ kN}, \quad M_x = 7,000 \text{ kNm}, \quad V_y = 9,500 \text{ kN}$$



Warunki nośności elementu

$$(57) \quad D_x = 0,007; \quad \text{założono } b_x = 1,0$$

$$(58) \quad N / (j_x \cdot N_{Rc}) + b_x \cdot M_x / M_{R_x} + D_x = 0,023 + 0,640 + 0,007 = 0,670 < 1$$

$$(39) \quad N / (j_y \cdot N_{Rc}) = 0,011 < 1$$

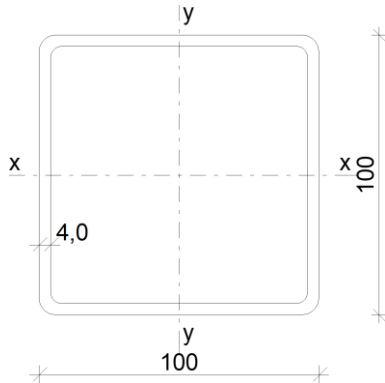
$$(55) \quad N / N_{Rc} + M_x / M_{R_x,V} = 0,009 + 0,640 = 0,649 < 1$$

$$(53) \quad V_y / V_{R_y} = 0,099 < 1$$

$$(56) \quad V_y = 9,500 \text{ kN} < V_{R_y,N} = V_{R_y} \cdot \sqrt{1 - (N/N_{Rc})^2} = 95,77 \text{ kN} \quad (9,9\%)$$

SŁUP

Rura kwadratowa walcowana 100x100x4,0 (wg PN-EN 10210-2:2000)



Wymiary przekroju

$$h = 100 \text{ mm}, \quad t = 4,0 \text{ mm}$$

$$r_i = 4,0 \text{ mm}, \quad r_o = 6,0 \text{ mm}$$

Cechy geometryczne przekroju

$$A = 15,20 \text{ cm}^2, \quad A_v = 7,680 \text{ cm}^2$$

$$J = 232,0 \text{ cm}^4$$

$$W = 46,40 \text{ cm}^3$$

$$i = 3,910 \text{ cm}$$

$$J_T = 361,1 \text{ cm}^4, \quad W_T = 68,15 \text{ cm}^3$$

$$A_L = 0,390 \text{ m}^2/\text{m}, \quad A_G = 32,75 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$U/A = 256,4 \text{ m}^{-1}, \quad m = 11,90 \text{ kg/m}$$

Stal: St3, $f_d = 215 \text{ MPa}$, $l_p = 84,0$;

Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$$N_{Rt} = 326,8 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$$N_{Rc} = 326,8 \text{ kN} \quad (\text{klasa: 1, } \gamma = 1,000)$$

· wyboczenie giętne względem osi x-x

$$l_{ex} = 2,85 \text{ m}, \quad l_x = 72,9, \quad N_{cr,x} = 577,9 \text{ kN}, \quad \lambda_x = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 0,868 \quad \text{wg "a"} \quad \lambda_x \leq j_x = 0,799$$

$$j_x \cdot N_{Rc} = 261,1 \text{ kN}$$

· wyboczenie giętne względem osi y-y

$$l_{ey} = 2,85 \text{ m}, \quad l_y = 72,9, \quad N_{cr,y} = 577,9 \text{ kN}, \quad \lambda_y = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,y}} = 0,868 \quad \text{wg "a"} \quad \lambda_y \leq j_y = 0,799$$

$$j_y \cdot N_{Rc} = 261,1 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$$M_R = 10,94 \text{ kNm} \quad (\text{klasa: 1, } a_p = 1,096)$$

· ustalenie współczynnika zwężenia

element o przekroju rurowym $\lambda_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$$V_R = 95,77 \text{ kN} \quad (\text{klasa: 1, } j_{pv} = 1,000)$$

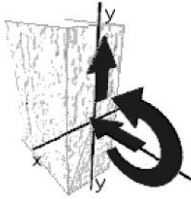
Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$$V_y = 3,000 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 28,73 \text{ kN} \quad \square \quad M_{Rx,V} = M_{Rx}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 28,73 \text{ kN} \quad \square \quad M_{Ry,V} = M_{Ry}$$

Obciążenie elementu

$$N = 11,00 \text{ kN}, \quad M_x = 6,500 \text{ kNm}, \quad V_y = 3,000 \text{ kN}$$



Warunki nośności elementu

$$(57) \quad D_x = 0,015; \quad \text{założono } b_x = 1,0$$

$$(58) \quad N / (j_x \cdot N_{Rc}) + b_x \cdot M_x / M_{Rx} + D_x = 0,042 + 0,594 + 0,015 = 0,652 < 1$$

$$(39) \quad N / (j_y \cdot N_{Rc}) = 0,042 < 1$$

$$(55) \quad N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,034 + 0,594 = 0,628 < 1$$

$$(53) \quad V_y / V_{Ry} = 0,031 < 1$$

$$(56) \quad V_y = 3,000 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \sqrt{1 - (N/N_{Rc})^2} = 95,72 \text{ kN} \quad (3,1\%)$$