

# OBLICZENIA

## DO PROJEKTU BUDOWLANEGO

BUDOWA PLACU PIKNIKOWEGO NA TERENIE OSIEDLA PRZYTÓR-ŁUNOWO  
Świnoujście, ul. Zalewowa,

### 1. Obciążenie dachu

#### 1.a. Obciążenia stałe

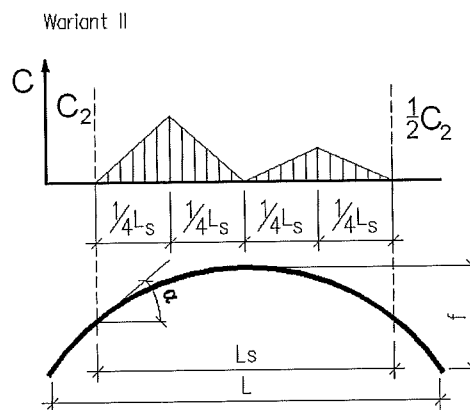
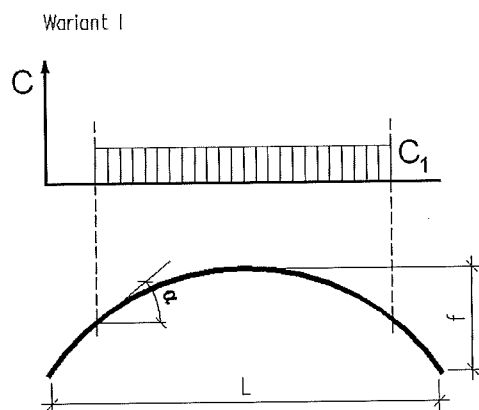
Lp.	Warstwa	Obliczenia	Wynik $\left[ \frac{kN}{m^2} \right]$
1	Papa asfaltowa podwójnie		0,20
2	Płyta OSB		0,20
		RAZEM	~0,50

#### 1.b. Obciążenie śnieg

$$S_k = Q_k \cdot C$$

$$Q_k = 0,9 \frac{kN}{m^2} \quad - \text{strefa II}$$

Współczynnik kształtu dachu



Wariant I

$$C_1 = 0,80$$

$$S_k = Q_k \cdot C_1 = 0,9 \cdot 0,8 = 0,72 \frac{kN}{m^2}$$

Współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_f = 1,5$

Wariant II

$$f = 0,9 \quad l = 12,0$$

$$C_2 = 0,30 + 10 \frac{f}{l} = 0,30 + 10 \cdot \frac{0,90}{12,0} = 1,05$$

$$S_k = Q_k \cdot C_2 = 0,9 \cdot 1,05 = 0,95 \frac{kN}{m^2}$$

(Wariant II pomijamy jako dający mniejsze wartości obciążenia na cały układ)

### 1.c. Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem zebrano jak dla wiaty

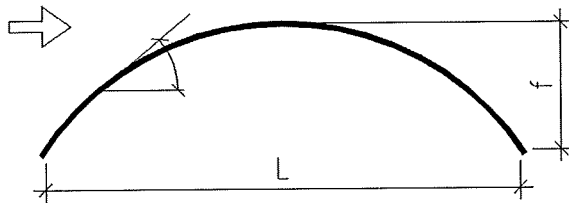
$$p_k = q_k \cdot C \cdot C_e \cdot \beta$$

$$q_k = 0,42 \frac{kN}{m^2} \quad - \text{strefa II}$$

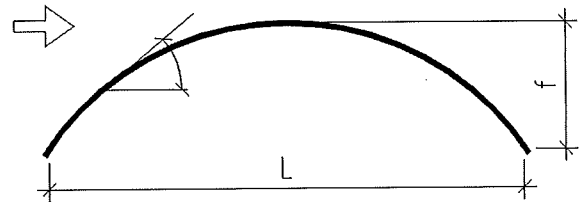
$$C_e = 0,95 - \text{teren B}$$

$$\beta = 1,80$$

Wariant I



Wariant II



Współczynnik kształtu dachu  $\alpha = 10$

$$C_{N_I} = 1 + 0,4 \cdot \alpha = 1 + 0,4 \cdot 10 = 1,40$$

$$C_{Z_I} = -1,0$$

$$C_{N_{II}} = 1 - 0,04 \cdot \alpha = 1 - 0,04 \cdot 10 = 0,60$$

$$C_{Z_{II}} = -1,0$$

Obciążenie powierzchniowe

$$p_{k_{N_I}} = 0,42 \cdot 1,0 \cdot 1,40 \cdot 1,80 = 1,06 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{k_{Z_I}} = -0,42 \cdot 1,0 \cdot 1,00 \cdot 1,80 = -0,76 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{k_{N_{II}}} = -0,42 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,80 = -0,45 \frac{kN}{m^2}$$

$$p_{k_{Z_{II}}} = -0,42 \cdot 1,0 \cdot 1,00 \cdot 1,80 = -0,76 \frac{kN}{m^2}$$

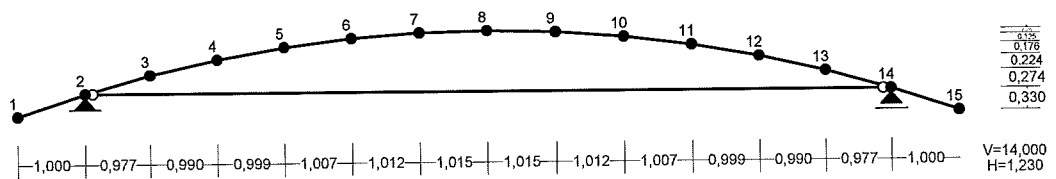
### 1.d. Zestawienie obciążeń

	$\left[ \frac{kN}{m^2} \right]$	$\gamma_f$	$\left[ \frac{kN}{m} \right]$	$\left[ \frac{kN}{m} \right]$	$\left[ \frac{kN}{m} \right]$
Szerokość pasma a=			1,4m	2,25m	4,10m
Stałe	0,50	1,35	0,70	1,13	2,05
Śnieg	0,72	1,8	1,01	1,62	2,95
Wiatr nawietrzna - WARIANT I	1,06	1,5	1,48	2,39	4,35
Wiatr zawietrzna - WARIANT I	-0,76	1,5	-1,06	-1,71	-3,12
Wiatr nawietrzna - WARIANT II	-0,45	1,5	-0,63	-1,01	-1,85
Wiatr zawietrzna - WARIANT II	-0,76	1,5	-1,06	-1,71	-3,12

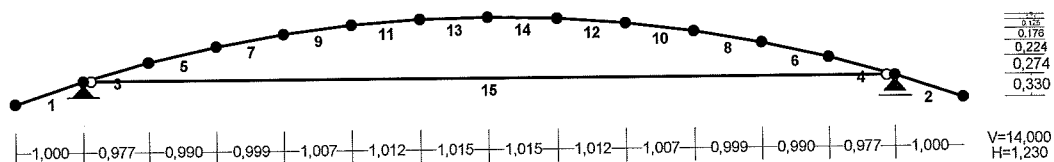
## 2. Poz\_1\_1 Łuk

### 2.a. Schemat statyczny

WĘZŁY:

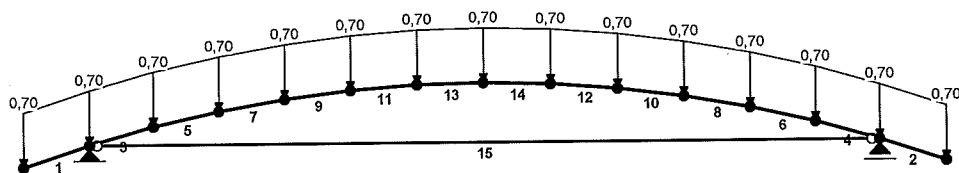


PRĘTY: Skala 1:100

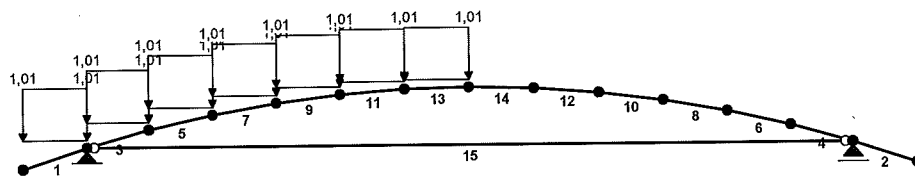


### 2.b. Obciążenia

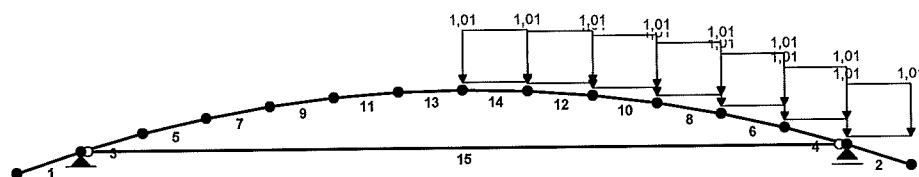
OBCIĄŻENIA: A "Stałe" Skala 1:100



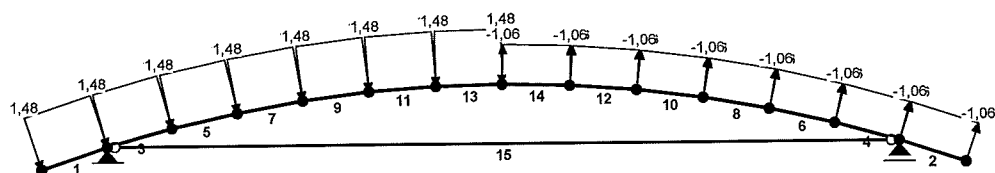
OBCIĄŻENIA: B "Śnieg Lewa" Skala 1:100



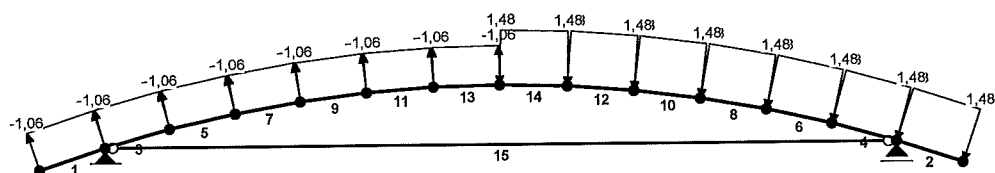
OBCIĄŻENIA: C "Śnieg prawa" Skala 1:100



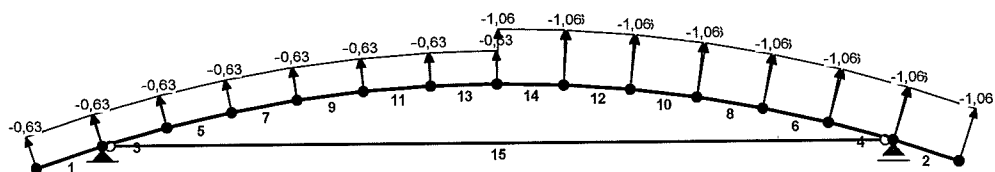
OBCIĄŻENIA: D "Wiatr I z lewej" Skala 1:100



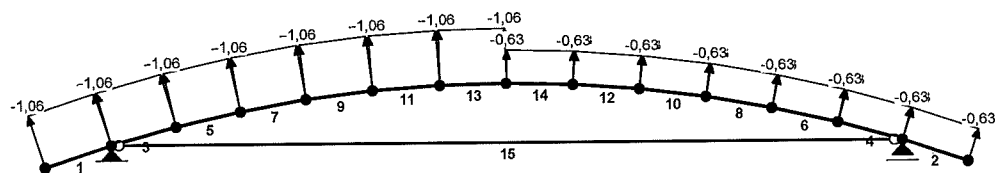
OBCIĄŻENIA: E "Wiatr I z prawej" Skala 1:100



OBCIĄŻENIA: F "Wiatr II z lewej" Skala 1:100

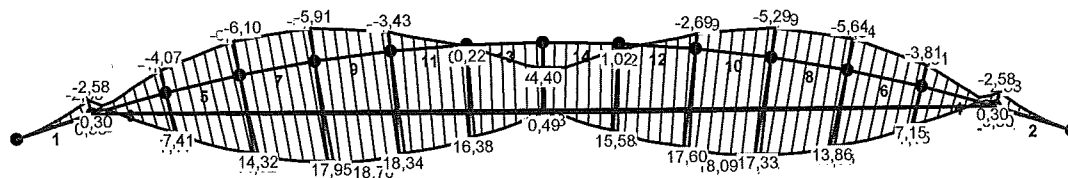


OBCIĄŻENIA: G "Wiatr II z prawej" Skala 1:100

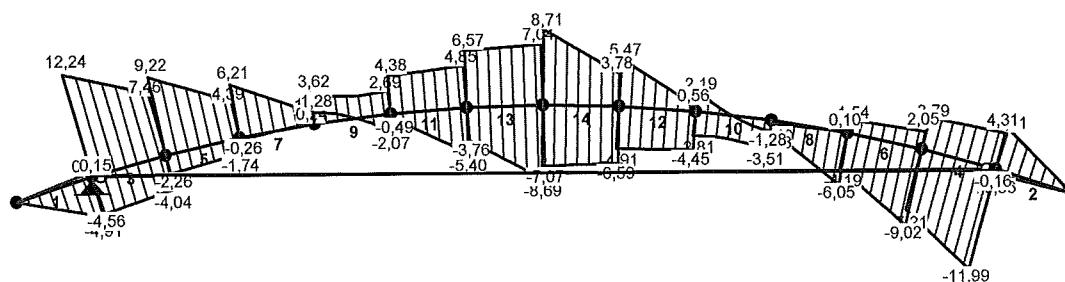


## 2.c. Siły wewnętrzne

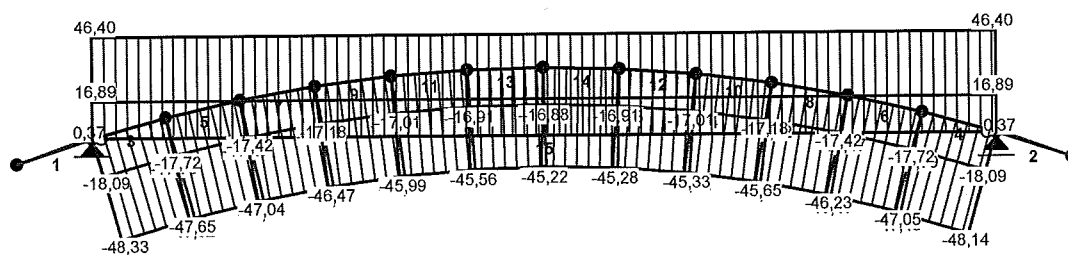
MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:100



TNĄCE-OBWIEDNIE: Skala 1:100



NORMALNE-OBWIEDNIE: Skala 1:100



## 2.d. Reakcje podporowe

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
2	4,69*	13,37	14,17		CW ABCE
	4,69*	2,63	5,38		cw AE
	-4,69*	28,71	29,09		CW ABCD
	-4,69*	17,97	18,57		cw AD
	-4,69	28,71*	29,09		CW ABCD
	4,69	2,63*	5,38		cw AE
	-4,69	28,71	29,09*		CW ABCD
14	0,00*	28,71	28,71		CW ABCE
	0,00*	2,63	2,63		cw AD
	0,00*	8,23	8,23		CW A
	0,00	28,71*	28,71		CW ABCE
	0,00	2,63*	2,63		cw AD
	0,00	28,71	28,71*		CW ABCE

\* = Wartości ekstremalne

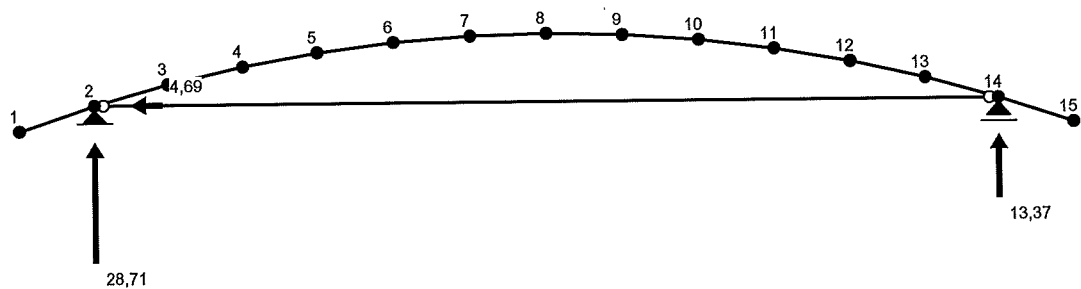
REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia char.: "Kombinacja obciążeń"

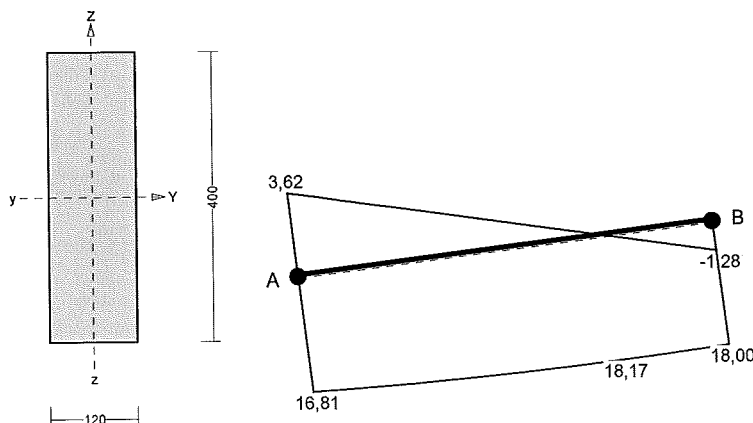
Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
2	3,12*	9,78	10,26		CW ABCE
	3,12*	2,71	4,13		CW AE
	-3,12*	20,00	20,24		CW ABCD
	-3,12*	12,93	13,30		CW AD
	-3,12	20,00*	20,24		CW ABCD
	3,12	2,71*	4,13		CW AE
	-3,12	20,00	20,24*		CW ABCD
14	0,00*	20,00	20,00		CW ABCE
	0,00*	2,71	2,71		CW AD
	0,00*	6,35	6,35		CW A
	0,00	20,00*	20,00		CW ABCE
	0,00	2,71*	2,71		CW AD
	0,00	20,00	20,00*		CW ABCE

\* = Wartości ekstremalne

Kombinacja: CW ABCD



## 2.e. Sprawdzenie nośności najbardziej wyężonego elementu



### Sprawdzenie nośności pręta nr 9

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,01$  m, przy obciążeniach „CW ABCE”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 46,47 / 480,00 \times 10 = \mathbf{0,97} < \mathbf{11,31} = 1,000 \times 11,31 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,74$  m;  $x_b=0,27$  m, przy obciążeniach „CW ABCD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,93}{1,011 \times 11,31} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} + \frac{5,68}{12,92} = \mathbf{0,520} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,93}{1,000 \times 11,31} + \frac{0,00}{12,92} + 0,7 \times \frac{5,68}{12,92} = \mathbf{0,389} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,58$  m;  $x_b=0,43$  m, przy obciążeniach „CW ABD”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 18,78 / 3200,00 \times 10^3 = \mathbf{5,87} < \mathbf{12,92} = 1,000 \times 12,92 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,01$  m, przy obciążeniach „cw AE”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,49}{12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} = \mathbf{0,115} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{1,49}{12,92} + \frac{0,00}{12,92} = \mathbf{0,081} < \mathbf{1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=0,58$  m;  $x_b=0,43$  m, przy obciążeniach „CW ABD”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,69^2}{11,31^2} + \frac{5,87}{12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} = \mathbf{0,458} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,69^2}{11,31^2} + 0,7 \times \frac{5,87}{12,92} + \frac{0,00}{12,92} = \mathbf{0,322} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,01$  m, przy obciążeniach „CW ABCD”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,11} < \mathbf{1,35} = 1,000 \times 1,35 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,51$  m;  $x_b=0,51$  m, przy obciążeniach „CW ABD” liczone od cięciwy pręta.

$$u_{z,fin} = -1,5 + 0,0 = \mathbf{1,5} < \mathbf{4,1} = u_{net,fin}$$

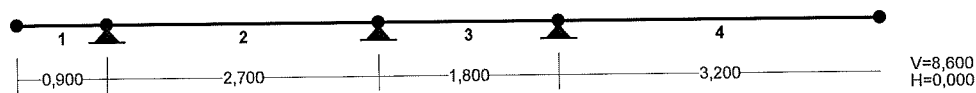
## 2.f. Wyężenie w prętych

Pręt nr	wyężenie	warunek
1	11%	ściananie
2	11%	ściananie
3	28%	ściananie
4	28%	ściananie
5	41%	ściskanie ze zginaniem
6	41%	ściskanie ze zginaniem
7	49%	ściskanie ze zginaniem
8	49%	ściskanie ze zginaniem
9	52%	ściskanie ze zginaniem
10	52%	ściskanie ze zginaniem
11	52%	ściskanie ze zginaniem
12	52%	ściskanie ze zginaniem
13	49%	ściskanie ze zginaniem
14	49%	ściskanie ze zginaniem

## 3. Poz.1.2 Belka oczepowa

### 3.a. Schemat statyczny

PRETY: Skala 1:75



### 3.b. Obciążenia

Obciążenie z łuków poz.1.1

Reakcje dla poz.1.1 obliczanej na pasmo 1,4 m

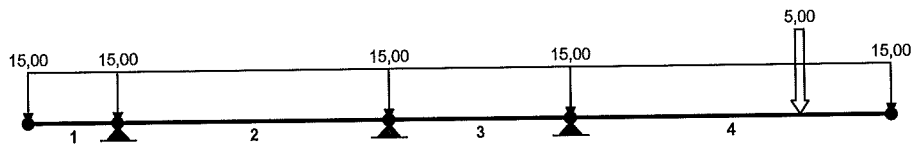
Char	Obl	
H=3,12 kN	H=4,69 kN	$\gamma_r=1,6$
V=20 kN	V=29 kN	$\gamma_r=1,5$

Obciążenie charakterystyczne w przeliczeniu na 1m

H=3 kN/m	$\gamma_r=1,5$
V=15 kN/m	$\gamma_r=1,5$

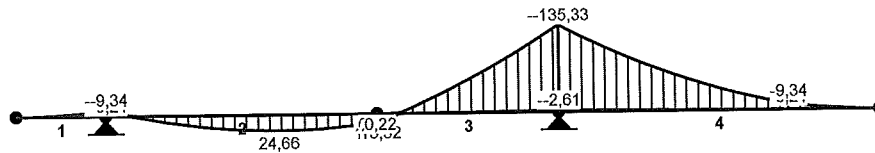
Dodatkowo przyjęto obciążenie od kratownicy stalowej pod oświetlenie 5kN

OBCIĄŻENIA: A "Pionowe" Skala 1:75

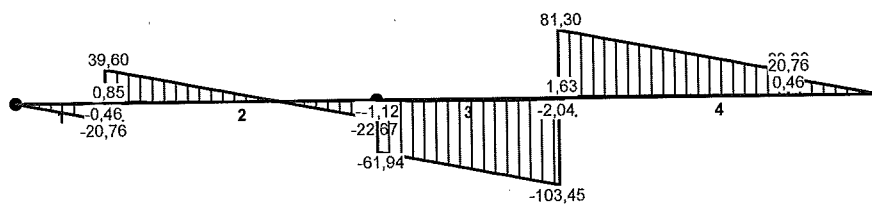


### 3.c. Siły wewnętrzne

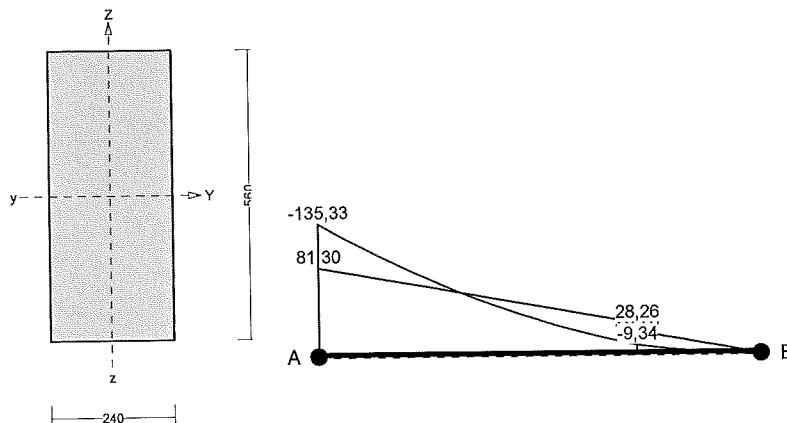
MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:75



SIŁY-OBWIEDNIE: Skala 1:75



### 3.d. Sprawdzenie nośności najbardziej wyciągniętego elementu



#### Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych  $M_a = 0,00$  i  $M_b = 0,00$  kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta  $q = 3,00$  kN/m. Przyjęto stały moment skręcający  $M_{tor} = 0,00$  kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1,50$ .

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 4

##### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a = 0,00$  m;  $x_b = 3,20$  m, przy obciążeniach „CW A”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 135,33 / 12544,00 \times 10^3 = 10,79 < 12,92 = 1,000 \times 12,92 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a = 0,00$  m;  $x_b = 3,20$  m, przy obciążeniach „CW A”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,79}{12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} = 0,835 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{10,79}{12,92} + \frac{0,00}{12,92} = 0,584 < 1$$



**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=3,20$  m, przy obciążeniach „CW A”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,91^2 + 0,08^2} = \mathbf{0,91} < \mathbf{1,45} = 1,000 \times 1,45 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Wyniki dla  $x_a=1,26$  m;  $x_b=1,94$  m, przy obciążeniach „CW A” liczone od cięciwy pręta.

$$u_{z,fin} = 2,3 + 0,0 = \mathbf{2,3} < \mathbf{12,8} = u_{net,fin}$$

$$u_{y,fin} = 0,0 + 0,9 = \mathbf{0,9} < \mathbf{12,8} = u_{net,fin}$$

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = \sqrt{1,5^2 + 0,8^2} = \mathbf{2,5} < \mathbf{12,8} = u_{net,fin}$$

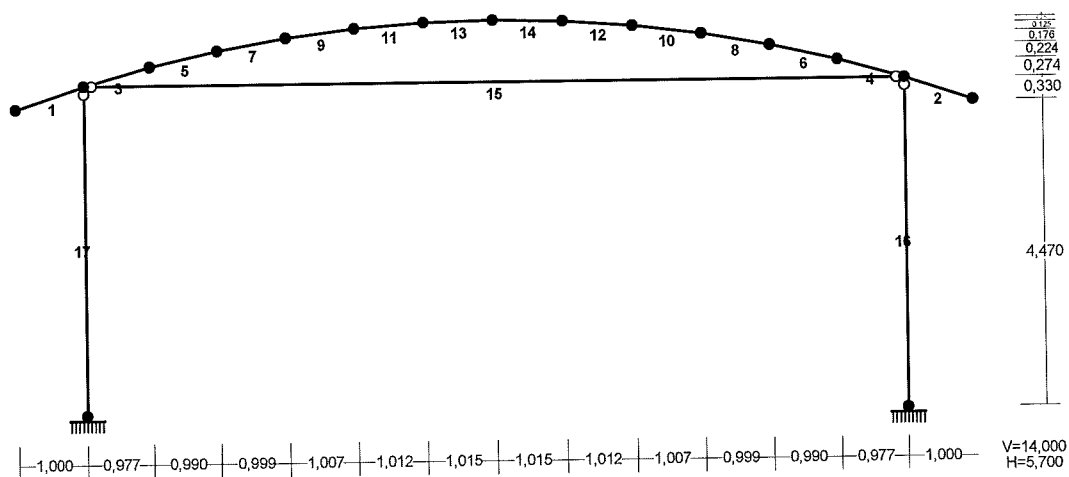
**3.e. Wytężenie w prętach**

Pręt nr	wytężenie	warunek
1	16%	ścinanie
2	16%	ścinanie
3	83%	zginanie
4	83%	zginanie

#### 4. Poz\_1\_3 Słup w osi B

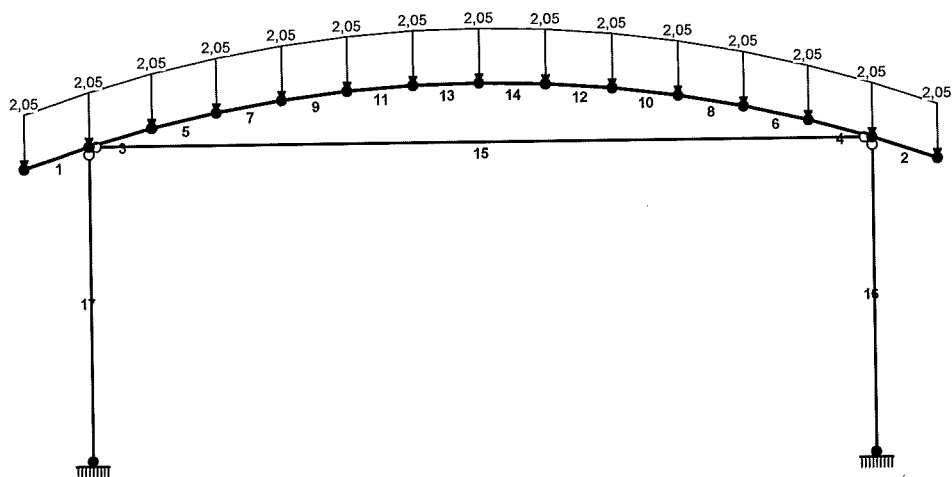
W celu zwymiarowania słupa w osi B zamodelowano układ dwóch słupów na których przegubowo oparto łuk obciążony z pasma 4,10m

#### 4.a. Schemat statyczny

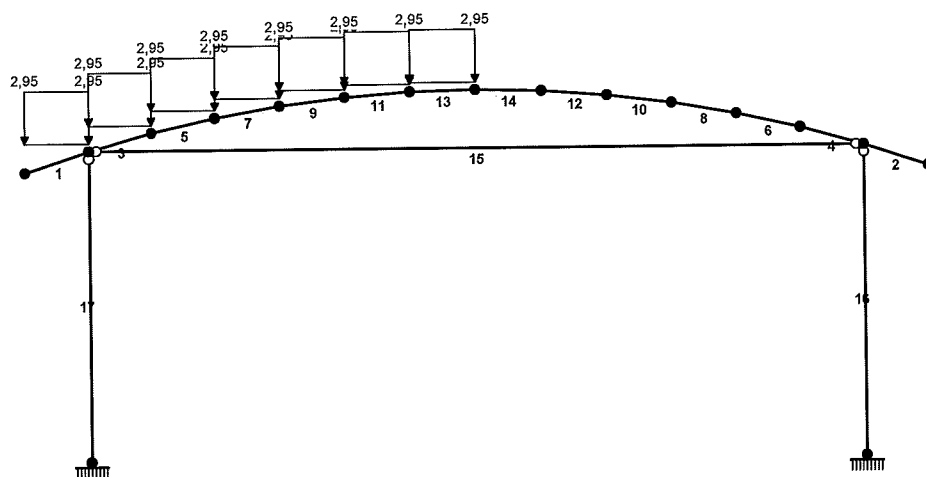


#### 4.b. Obciążenia

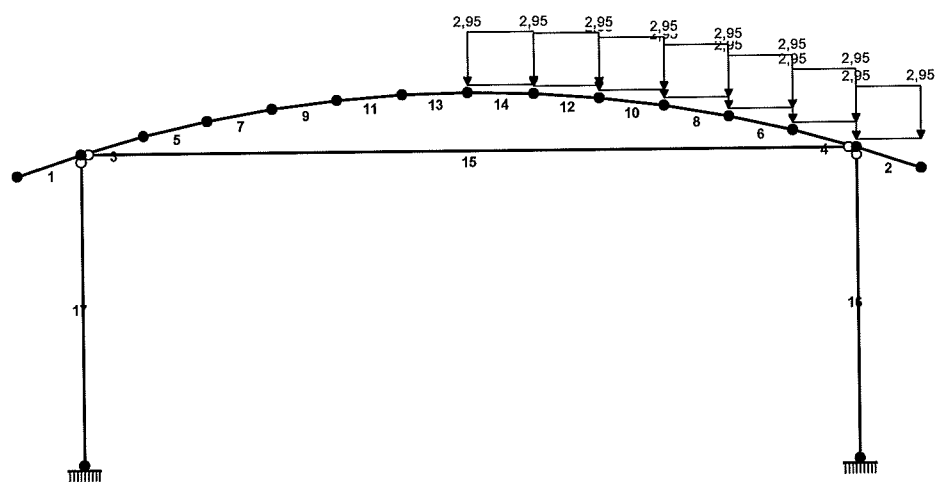
OBCIĄŻENIA: A "Stałe"



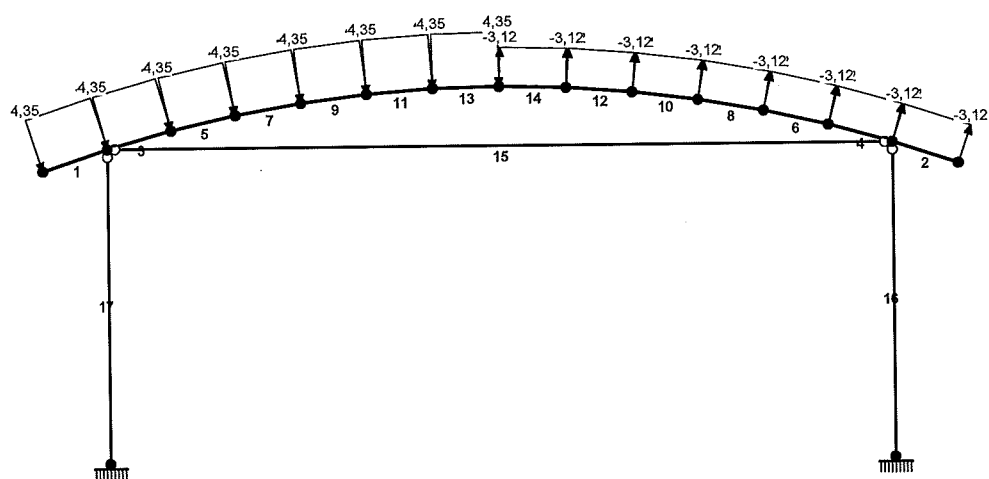
OBCIĄŻENIA: B "Śnieg Lewa"



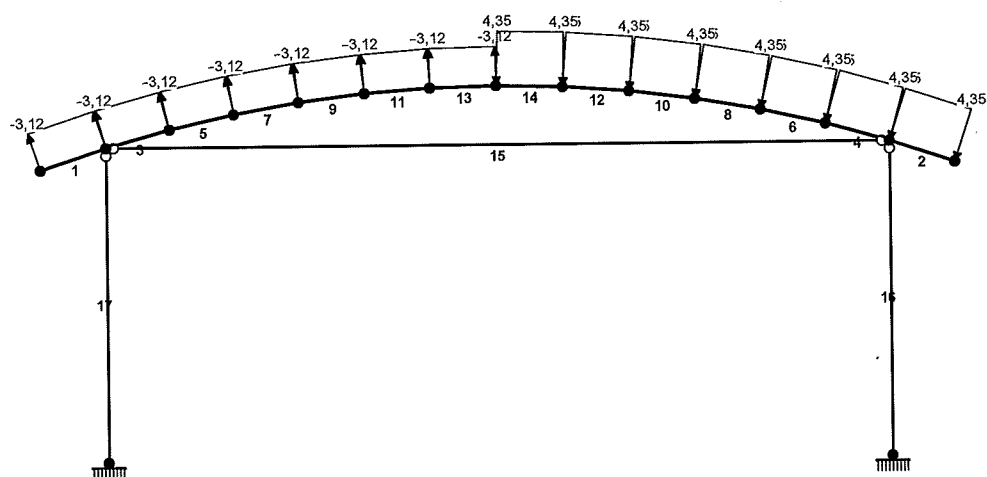
OBCIĄŻENIA: C "Śnieg prawa"



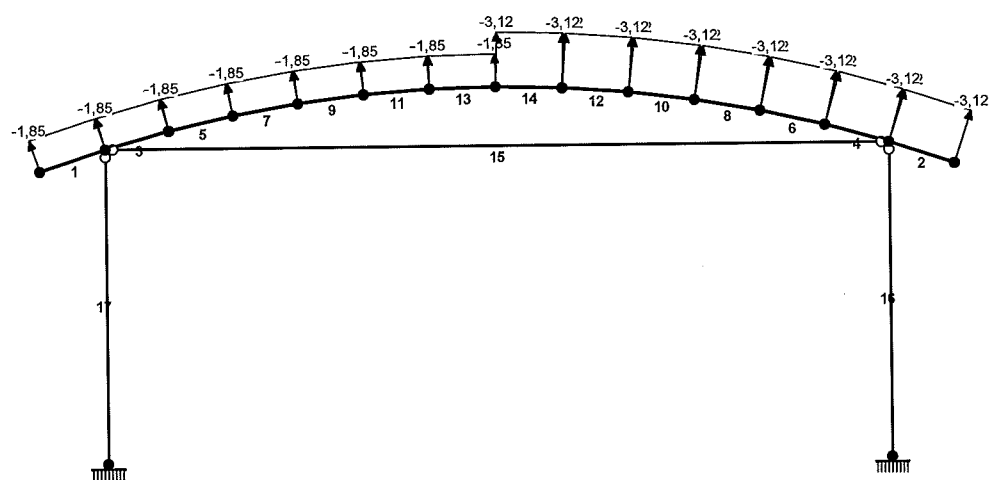
OBCIĄŻENIA: D "Wiatr I z lewej "



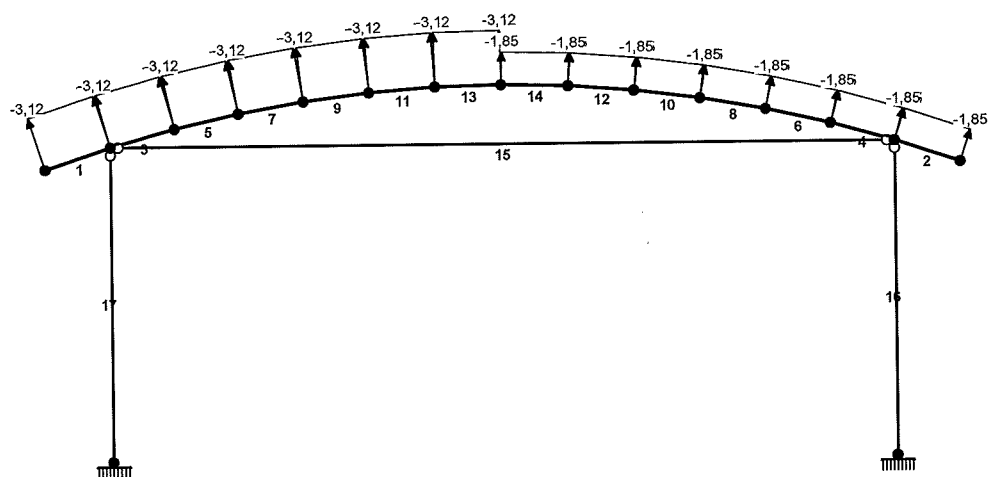
OBCIĄŻENIA: E "Wiatr I z prawej"



OBCIĄŻENIA: F "Wiatr II z lewej"

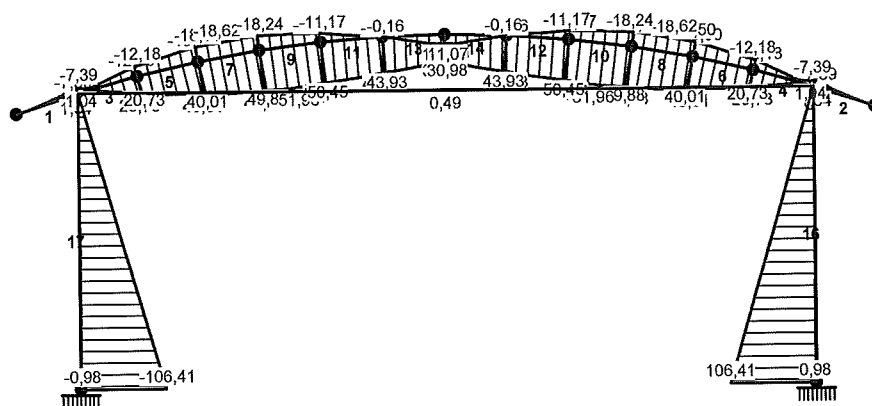


OBCIĄŻENIA: G "Wiatr II z prawej"

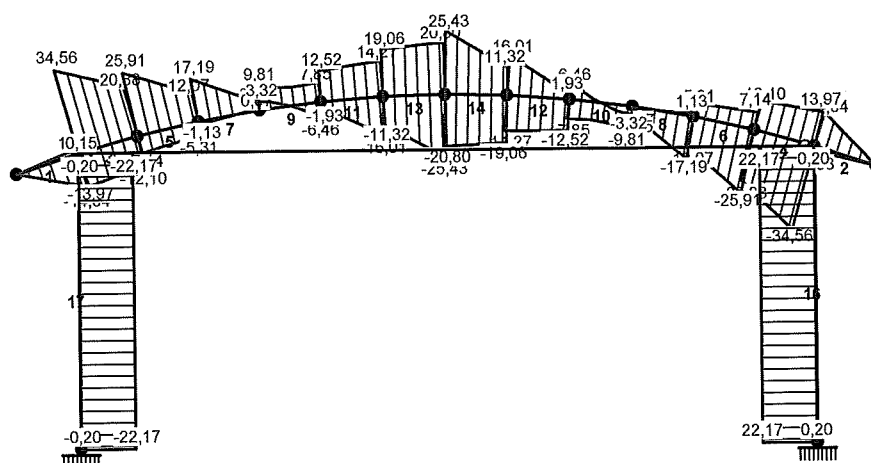


#### 4.c. Siły wewnętrzne

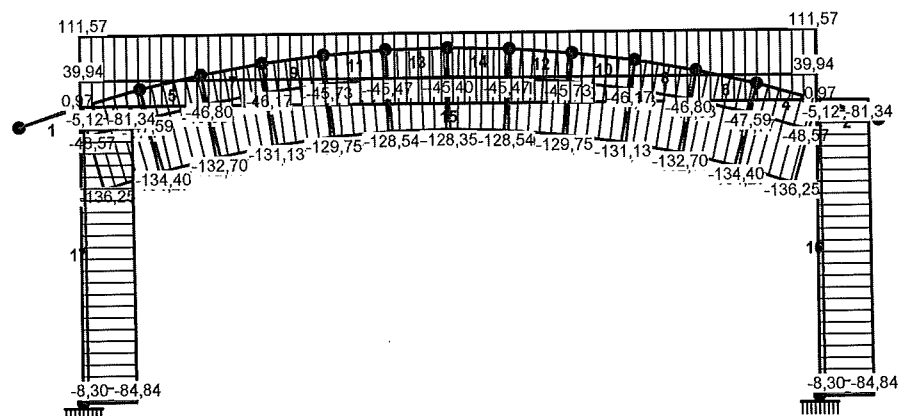
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:

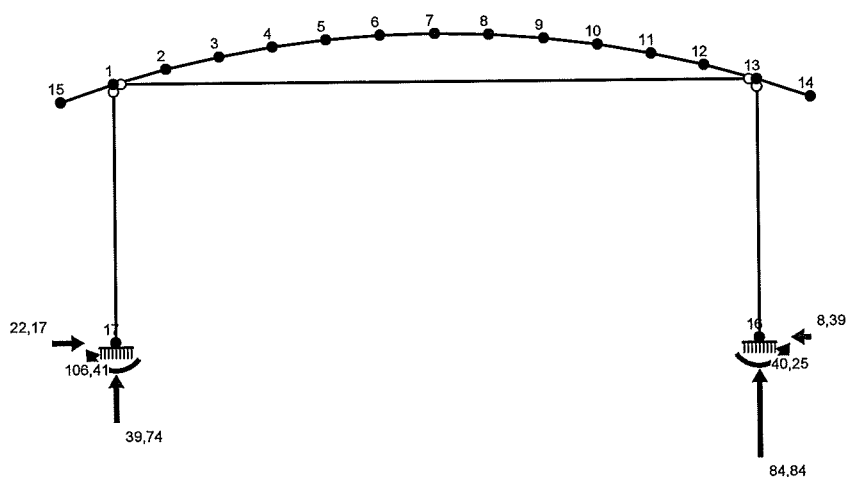


NORMALNE-OBWIEDNIE:



#### 4.d. Reakcje podporowe

REAKCJE PODPOROWE: dla kombinacji ABCE



REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
16	-0,20*	53,40	53,40	0,98	cw AE
	-22,17*	39,74	45,50	106,41	CW ABCD
	-8,39	84,84*	85,25	40,25	CW ABCE
	-13,99	8,30*	16,26	67,14	cw AD
	-8,39	84,84	85,25*	40,25	CW ABCE
	-22,17	39,74	45,50	106,41*	CW ABCD
	-0,20	53,40	53,40	0,98*	cw AE
17	22,17*	39,74	45,50	-106,41	CW ABCE
	0,20*	53,40	53,40	-0,98	cw AD
	8,39	84,84*	85,25	-40,25	CW ABCD
	13,99	8,30*	16,26	-67,14	cw AE
	8,39	84,84	85,25*	-40,25	CW ABCD
	0,20	53,40	53,40	-0,98*	cw AD
	22,17	39,74	45,50	-106,41*	CW ABCE

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

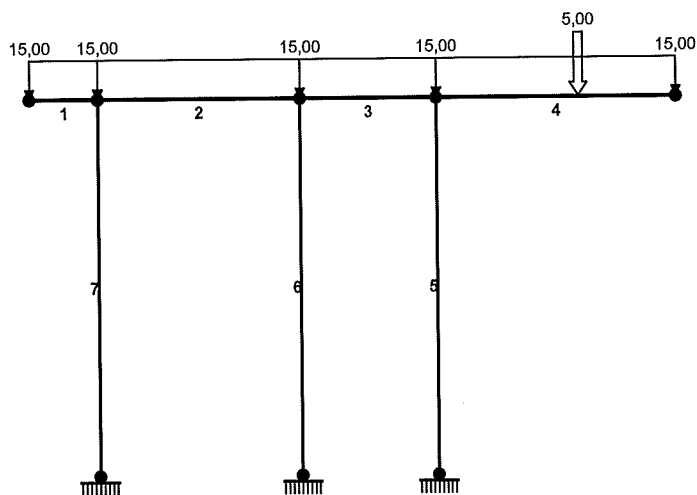
Obciążenia char.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
16	-0,63*	38,61	38,61	3,02	CW AE
	-15,25*	29,19	32,93	73,19	CW ABCD
	-6,06	59,26*	59,57	29,09	CW ABCE
	-9,82	8,54*	13,01	47,12	CW AD
	-6,06	59,26	59,57*	29,09	CW ABCE
	-15,25	29,19	32,93	73,19*	CW ABCD
	-0,63	38,61	38,61	3,02*	CW AE
17	15,25*	29,19	32,93	-73,19	CW ABCE
	0,63*	38,61	38,61	-3,02	CW AD
	6,06	59,26*	59,57	-29,09	CW ABCD
	9,82	8,54*	13,01	-47,12	CW AE
	6,06	59,26	59,57*	-29,09	CW ABCD
	0,63	38,61	38,61	-3,02*	CW AD
	15,25	29,19	32,93	-73,19*	CW ABCE

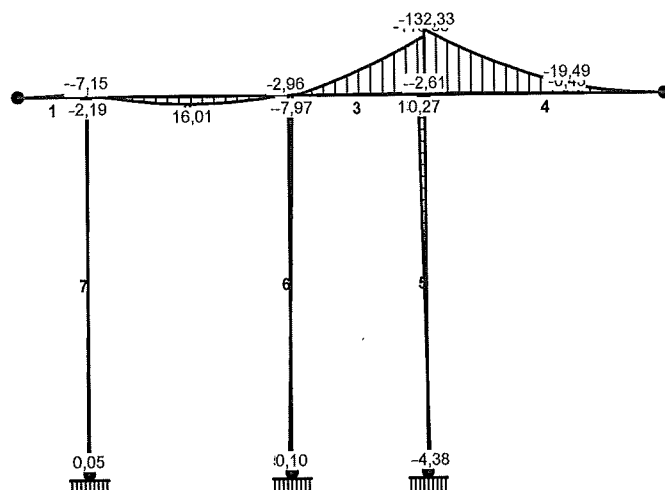
#### 4.e. Wyznaczenie momentu zginającego w kierunku prostopadłym

Z uwagi na pracę słupa w dwóch kierunkach wyznaczono siły wewnętrzne dla układu prostopadłego do zdefiniowanej ramy. W tym celu podparto belkę oczepową słupami w sposób sztywny i wyznaczono siły wewnętrzne.

OBCIĄŻENIA: A "Pionowe" Skala 1:100



MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:100



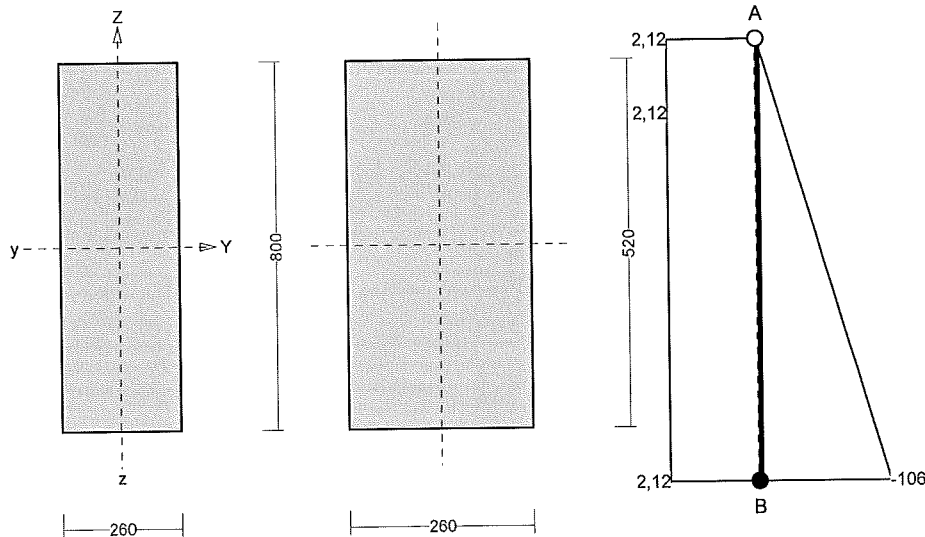
W słupie w osi B odczytano:

Charakterystyczny moment zginający  $M_y = 9,25 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment zginający  $M_y = 13,76 \text{ kNm}$

Wyznaczono współczynnik bezpieczeństwa  $\gamma_f = 1,5$

#### 4.f. Sprawdzenie nośności słupa w osi B



#### Obciążenie prostopadłe do płaszczyzny układu:

Do słupa przyłożono obciążenie prostopadłe wyznaczone z schematu statycznego pokazanego w pkt. 4.e

Przyjęto charakterystyczne wartości momentów przywęzłowych  $M_a = 0,00$  i  $M_b = 9,30$  kNm oraz obciążenia rozłożonego na całej długości pręta  $q = 0,00$  kN/m. Przyjęto stały moment skręcający  $M_{tor} = 0,00$  kNm. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi  $\gamma_f = 1,50$ .

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 17

##### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a = 4,80$  m;  $x_b = 0,00$  m, przy obciążeniach „CW ABCD”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 89,13 / 1352,00 \times 10 = \mathbf{0,66} < \mathbf{11,43} = 0,774 \times 14,77 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a = 4,80$  m;  $x_b = 0,00$  m, przy obciążeniach „CW ABCE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,33}{0,919 \times 14,77} + 0,7 \times \frac{2,38}{14,77} + \frac{9,06}{14,77} = \mathbf{0,750} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,33}{0,774 \times 14,77} + \frac{2,38}{14,77} + 0,7 \times \frac{9,06}{14,77} = \mathbf{0,619} < \mathbf{1}$$

##### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a = 4,80$  m;  $x_b = 0,00$  m, przy obciążeniach „CW ABCE”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 106,19 / 11717,33 \times 10^3 = \mathbf{9,06} < \mathbf{14,77} = 1,000 \times 14,77 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a = 4,80$  m;  $x_b = 0,00$  m, przy obciążeniach „cw AE”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{5,95}{14,77} + 0,7 \times \frac{2,38}{14,77} = \mathbf{0,516} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{5,95}{14,77} + \frac{2,38}{14,77} = \mathbf{0,443} < \mathbf{1}$$



Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=4,80$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW ABCE”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,33^2}{14,77^2} + \frac{9,06}{14,77} + 0,7 \times \frac{2,38}{14,77} = \mathbf{0,727 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,33^2}{14,77^2} + 0,7 \times \frac{9,06}{14,77} + \frac{2,38}{14,77} = \mathbf{0,591 < 1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=4,80$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CW ABCE”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,03^2} = \mathbf{0,25 < 1,66} = 1,000 \times 1,66 = k_v f_{v,d}$$

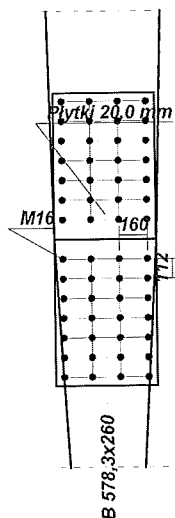
#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=2,97$  m;  $x_b=1,83$  m, przy obciążeniach „CW ABCE” liczone od cięciwy przęta.

$$u_{z,fin} = 6,3 + 0,0 = \mathbf{6,3 < 24,0} = u_{net,fin}$$

#### 4.g. Połączenie śrubowe w utwierdzeniu słupa

W celu wyznaczenia ilości śrub do zamocowania słupa w sposób sztywny zamodelowano dodatkowy węzeł w słupie i obliczono połączenie jako doczołowe skręcane z płytkami stalowymi. Położenie węzła dobrano tak, aby siły wewnętrzne były zbliżone do tych w utwierdzeniu oraz aby zmieściły się śruby – założono w odległości 0,5 m od podpory.



Moment zginający:  $M = 94,2$  kNm

Siła poprzeczna:  $Q = 21,9$  kN

Siła osiowa:  $N = -39,7$  kN

Obciążenia: „CW ABCD”.

Przyjęto połączenie z zastosowaniem płytek stalowych na dwucięte śruby o średnicy  $d = 16,0$  mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

#### Normowe wymagania dotyczące rozmieszczenia łączników (odległości minimalne):

- rozstaw łączników w szeregu:  $a_1 = 112,0$  mm,
- rozstaw łączników w rzędach:  $a_2 = 48,0$  mm,
- odległość od krawędzi czołowej:  $a_3 = 112,0$  mm.
- odległość od krawędzi bocznych:  $a_4 = 48,0$  mm,

Przyjęte rozstawy łączników:  $s_1 = 112,0$  mm,  $s_2 = 160,0$  mm,

#### Nośność łącznika na jedno cięcie:

$$f_{h,1,k} = 0,082 \times (1 - 0,01 \times 16,0) \times 380 = 26,17$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 d = 1,59$$

$$f_{h,a,k} = f_{h,1,k} / (k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha) = 26,17 / (1,59 \times \sin^2 90 + \cos^2 90) = 16,46$$

$$f_{h,1,d} = f_{h,a,k} k_{mod} / 1,3 = 16,46 \times 0,70 / 1,3 = 8,86 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{y,k} = 0,8 \times 300 \times 16,0^3 / 6 = 163840,00$$

$$M_{y,d} = M_{y,k} / 1,1 = 148945,45 \text{ Nmm}$$

Dla płytki stalowej  $t > d$

$$R_{d,1} = 0,5 f_{h,2,d} t_2 d = 0,5 \times 8,86 \times 260,0 \times 16,0 = 18437,3 \text{ N}$$

$$R_{d,2} = 1,5 \sqrt{2 M_{y,d} f_{h,2,d} d} = 1,5 \times \sqrt{2 \times 148945,45 \times 8,86 \times 16,0} = 9749,8 \text{ N}$$

Przyjęto  $R_d = 9749,8 \text{ N}$ .

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\max}}{\sum e_i^2} = \frac{94,2 \times 412,9}{2300928,0} \times 10^6 = 16911,8 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = -9829,8; \quad F_{y,M} = -13761,7$$

$$F_Q = Q / n = 21,9 / 28 \times 10^3 = 782,7 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 39,7 / 28 \times 10^3 = -1418,0 \text{ N}$$

**Warunek nośności połączenia:**

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{x,M} + F_N)^2 + (F_{y,M} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(-9829,8 + -1418,0)^2 + (-13761,7 + 782,7)^2} / 2 = 9193,1 < 9749,8 = R_d$$

**Nośność płytek:**

Naprężenia w płytkach stalowych o grubości  $t = 20,0 \text{ mm}$ , z uwzględnieniem osłabienia otworami:

$$\sigma = M / W_p + N / F_p = 94,2 / 1909,62 \times 10^3 + 39,7 / 203,20 \times 10 = 51,30 \text{ MPa}$$

$$\tau = Q / F_p = 21,9 / 203,20 \times 10 = 1,08 < 124,7 = 0,58 f_d$$

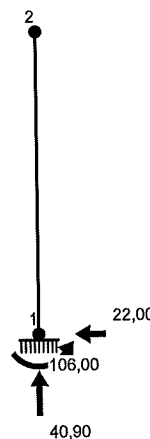
$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{51,30^2 + 3 \times 1,08^2} = 51,34 < 215 = f_d$$

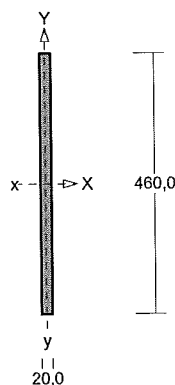
#### 4.h. Sprawdzenie nośności blachy pionowej w utwierdzeniu

W celu sprawdzenia nośności blachy pionowej w utwierdzeniu słupa zamodelowano wspornik obciążony w taki sposób, aby uzyskać takie same siły wewnętrzne jak w utwierdzeniu słupa.

OBCIĄŻENIA: A " " Skala 1:25

REAKCJE PODPOROWE: Skala 1:25





Wymiary przekroju:

$$h=460,0 \quad s=20,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=16222,7 \quad J_{yg}=30,7 \quad A=92,00 \quad i_x=13,3 \quad i_y=0,6$$

$$J_w=0,0 \quad J_t=122,7 \quad i_s=13,3.$$

Materiał: **St3S (X,Y,V,W)**. Wytrzymałość  **$f_d=205$**  MPa dla  **$g=20,0$** .

## NOŚNOŚĆ BLACHY

### Siły przekrojowe:

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

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **CW A**

$$M_x = 106,00 \text{ kNm}, \quad V_y = 22,00 \text{ kN}, \quad N = -40,79 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 145,8 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -154,7 \text{ MPa}$ .

### Stateczność lokalna.

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

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki  $a = 1000,0 \text{ mm}$ .

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:

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

$$\text{- dla ściskania: } \psi_o = \varphi_p = 1,000$$

### Naprężenia:

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

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 145,8 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -154,7 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

$$\text{- normalne: } \sigma = -4,4 \quad \Delta\sigma = 150,3 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y: } A_v = 92,00 \text{ cm}^2 \quad \tau = 2,4 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 4,4 / 1,000 + 150,3 = 154,7 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 2,4 / 1,000 = 2,4 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{154,7^2 + 3 \times 2,4^2} = 154,8 < 205 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

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

Siła osiowa:  $N = -40,79 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 92,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 92,00 \times 205 \times 10^{-1} = 1886,00 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 40,79 < 1886,00 = N_{Rt}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 0,500 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_o = 1,000$$
$$l_w = 2,484 \times 1,000 = 2,484 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

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

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

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 16222,7}{2,484^2} 10^{-2} = 53195,23 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 30,7}{1,000^2} 10^{-2} = 620,47 \text{ kN}$$

$$N_z = \frac{1}{i_s^2} \left( \frac{\pi^2 EJ_\omega}{l_\omega^2} + GJ_T \right) = \frac{1}{13,3^2} \left( \frac{3,14^2 \times 205 \times 0,0}{1,000^2} 10^{-2} + 80 \times 122,7 \times 10^2 \right) = 5554,72 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,000$ :

$$N_{RC} = \psi A f_d = 1,000 \times 92,0 \times 205 \times 10^{-1} = 1886,00 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

- dla  $N_x$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{1886,00 / 53195,23} = 0,217 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,979$

- dla  $N_y$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{1886,00 / 620,47} = 2,005 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,215$

- dla  $N_z$   $\bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_z} = 1,15 \times \sqrt{1886,00 / 5554,72} = 0,670 \Rightarrow \text{Tab.11 c} \Rightarrow \varphi = 0,763$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,215$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{40,79}{0,215 \times 1886,00} = 0,101 < 1$$

### Zwicherung:

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

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

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

$$0,000 \times 620,47 + \sqrt{(0,000 \times 620,47)^2 + 0,000^2 \times 0,133^2 \times 620,47 \times 5554,72} = 0,00$$

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

### Nośność przekroju na zginanie:

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

- względem osi X

$$M_R = \psi W_e f_d = 1,000 \times 705,3 \times 205 \times 10^{-3} = 144,59 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Re}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{40,79}{1886,00} + \frac{106,00}{1,000 \times 144,59} = 0,755 < 1$$

### Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = 106,00 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Re}} = 1,25 \times 0,979 \times 0,217^2 \times \frac{1,000 \times 106,00}{144,59} \times \frac{40,79}{1886,00} = 0,001$$

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

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Re}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{40,79}{0,979 \times 1886,00} + \frac{1,000 \times 106,00}{1,000 \times 144,59} = 0,755 < 0,999 = 1 - 0,001$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Re}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{40,79}{0,215 \times 1886,00} + \frac{1,000 \times 106,00}{1,000 \times 144,59} = 0,834 < 1,000 = 1 - 0,000$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

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

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 1,000 \times 82,8 \times 205 \times 10^{-1} = 984,49 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 295,35 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 22,00 < 984,49 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

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

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 22,00 < 295,35 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 144,59 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Re}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{40,79}{1886,00} + \frac{106,00}{144,59} = 0,755 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

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

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 22,00 < 984,26 = 984,49 \times \sqrt{1 - (40,79 / 1886,00)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Re})^2} = V_{R,N}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 250 = 1000 / 250 = 4,0 \text{ mm}$$

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

### POŁĄCZENIE DOCZOŁOWE SPAWANE

Siły przekrojowe w odległości  $l_0 = 0$  mm od węzła:

$$M = -106,00 \text{ kNm}, \quad V = -22,00 \text{ kN}, \quad N = -40,79 \text{ kN}.$$

Przyjęto blachę czołową o wymiarach  $120 \times 560$  mm i grubości  $t = 20$  mm ze stali St3S (X,Y,V,W).

### Nośność spoin:

Przyjęto spoiny o grubości  $a = 8$  mm

Kład spoin daje następujące wielkości:

$$A = 73,60 \text{ cm}^2, \quad A_v = 73,60 \text{ cm}^2, \quad I_x = 12978,1 \text{ cm}^4, \quad I_y = 148,2 \text{ cm}^4.$$

Naprężenia:

$$\tau_{\parallel} = V / A_v = (22,00 / 73,60) \times 10 = 3,0 \text{ MPa},$$

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{106,00 \times -23,0 \times 10^3}{12978,1} + \frac{-40,79 \times 10}{73,60} = -193,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -193,4 \times \cos(45,0) = -136,8 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma \sin(\gamma) = -193,4 \times \sin(45,0) = -136,8 \text{ MPa}$$

Dla  $R_e = 225$  MPa, współczynnik  $\chi$  wynosi 0,70.

### Naprężenia zredukowane:

W miejscu występowania największych naprężeń zredukowanych  $\tau_{\parallel} = 3,0$  MPa.

$$\chi \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)} = 0,70 \times \sqrt{136,8^2 + 3 \times (3,0^2 + 136,8^2)} = 191,5 < 205 = f_d$$

### Największe naprężenia prostopadłe:

$$\sigma = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{N}{A} = \frac{106,00 \times -23,0 \times 10^3}{12978,1} + \frac{-40,79 \times 10}{73,60} = -193,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = \sigma \cos(\gamma) = -193,4 \times \cos(45,0) = 136,8 < 205 = f_d$$

#### 4.i. Nośność kotew fajkowych w fundamencie

$$S_R = \min(S_{Rt}, S_{Ra})$$

$$S_{Rt} := 120 \text{ kN} \quad - \text{nośność śruby na rozciąganie dla kl.5.8}$$

$$S_{Ra} = \pi d \cdot l_a \cdot f_{bd} \quad - \text{nośność zakotwienia}$$

$$f_{bd} = 0.24 \cdot \sqrt{f_{ck}} \quad - \text{wytrzymałość obliczeniowa ze wzg. na przyczepność pręta gładkiego do betonu}$$

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa} \quad - \text{wytrzymałość charakterystyczna betonu dla klasy C30/37}$$

$$d := 0.024 \text{ m} \quad - \text{średnica śruby}$$

$$l_a := 1.10 \text{ m} \quad - \text{długość zakotwienia}$$

$$f_{bd} := 0.24 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^3 = 1315 \text{ kPa}$$

$$S_{Ra} := \pi d \cdot l_a \cdot 0.24 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot 10^3 = 3.14 \cdot 0.024 \cdot 1.1 \cdot 1315 = 109 \text{ kN}$$

#### Nośność śruby na wrywanie

$$S_R := \min(S_{Rt}, S_{Ra}) = \min(120, 109) = 109 \text{ kN}$$

#### Obliczenie sił działających na śrubę

$$M := 106 \text{ kNm} \quad - \text{moment zginający w utwierdzeniu}$$

$$a := 0.65 \text{ m} \quad - \text{rozstaw kotew}$$

Przyjęto 6 kotew fajkowych po 3 na każdej stronie

Siła działająca na jedną śrubę:

$$V := \frac{M}{3a} = \frac{106}{3 \cdot 0.6} = 59 \text{ kN}$$

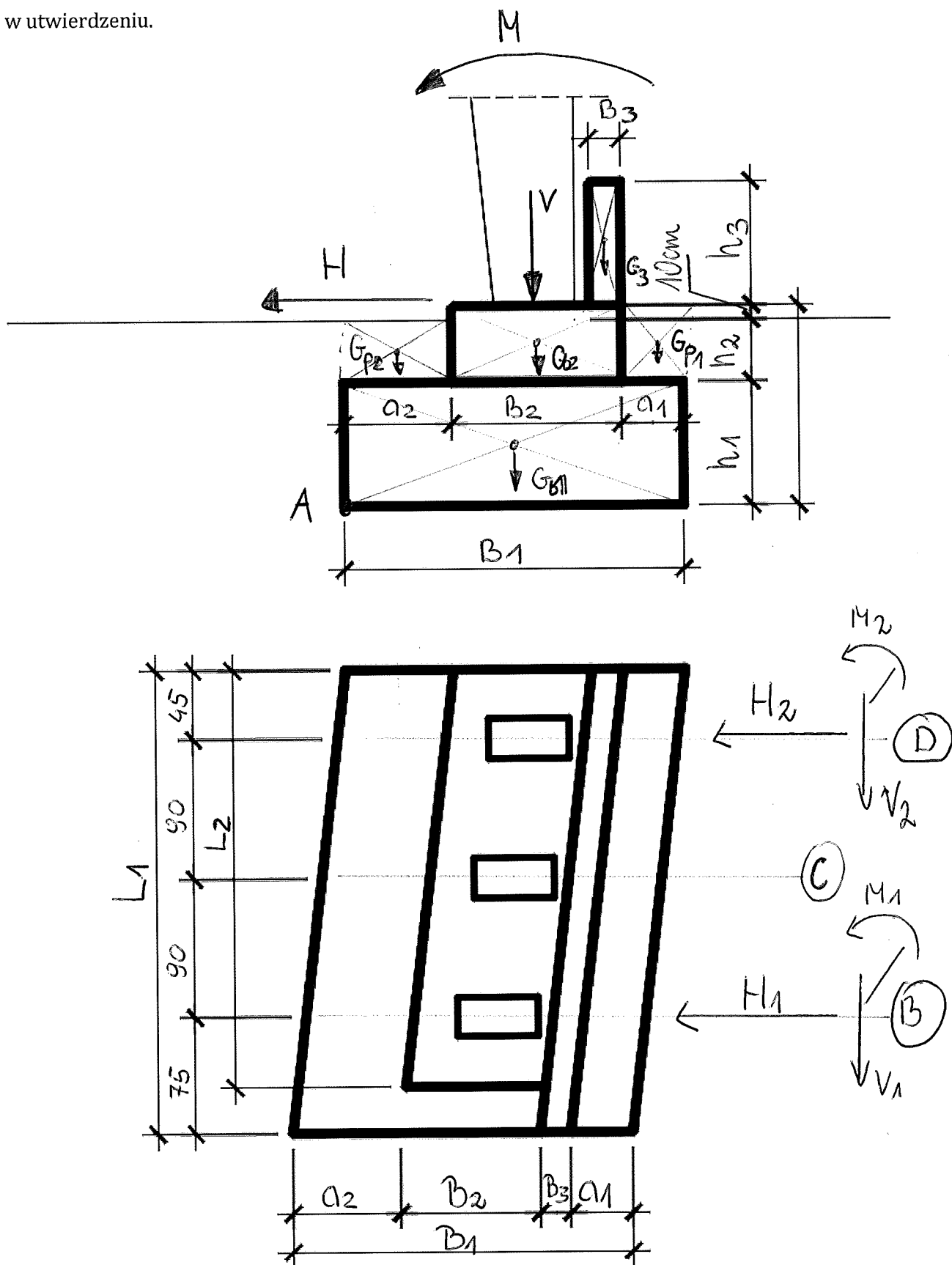
#### Warunek nośności

$$V = 54 \text{ kN} < S_R = 109 \text{ kN}$$

$$\frac{V}{S_R} = 0.50$$

## 5. Stopa fundamentowa ST-1

W celu obliczenia nośności gruntu i stateczności stopy ze względu na obrót i przesunięcie zdefiniowano analogiczny układ w osi D i odczytano wartości sił wewnętrznych działających w utwierdzeniu.



Stop w osi C pominięto jako element nieobciążający.



## OBCIĄŻENIA

### układ w osi B

siły charak.	siły oblicz.
$H_{k1} := 15.3 \text{ kN}$	$H_{o1} := 22.1 \text{ kN}$
$V_{k1} := 32.4 \text{ kN}$	$V_{o1} := 44.0 \text{ kN}$
$M_{k1} := 73.3 \text{ kNm}$	$M_{o1} := 106.2 \text{ kNm}$

### układ w osi D

siły charak.	siły oblicz.	
$H_{k2} := 8.1$	$H_{o2} := 11.7$	- siła pozioma
$V_{k2} := 18.2$	$V_{o2} := 23.7$	- siła pionowa
$M_{k2} := 38.9$	$M_{o2} := 56.2$	- moment

siły charakterystyczne

$$H_k := H_{k1} + H_{k2}$$

$$V_k := V_{k1} + V_{k2}$$

$$M_k := M_{k1} + M_{k2}$$

siły obliczeniowe

$$H_o := H_{o1} + H_{o2}$$

$$V_o := V_{o1} + V_{o2}$$

$$M_o := M_{o1} + M_{o2}$$

### Geometria i ciężar blok fundamentowego

$\gamma_b := 24 \text{ kN/m}^3$  - ciężar objętościowy betonu

stopa

$$B_1 := 2.2 \text{ m}$$

$$L_1 := 3.0 \text{ m}$$

$$h_1 := 0.8 \text{ m}$$

$$G_{b1} := (B_1 \cdot L_1 \cdot h_1) \cdot \gamma_b$$

$$G_{b1} = 126.72 \text{ kN}$$

cokół

$$B_2 := 1.1 \text{ m}$$

$$L_2 := 2.7 \text{ m}$$

$$h_2 := 0.4 \text{ m}$$

$$G_{b2} := (B_2 \cdot L_2 \cdot h_2) \cdot \gamma_b$$

$$G_{b2} = 28.51 \text{ kN}$$

ścianka

$$B_3 := 0.2 \text{ m} \quad - \text{ szerokość}$$

$$L_3 := L_2 \text{ m} \quad - \text{ długość}$$

$$h_3 := 0.8 \text{ m} \quad - \text{ wysokość}$$

$$G_{b3} := (B_3 \cdot L_3 \cdot h_3) \cdot \gamma_b$$

$$G_{b3} = 10.37 \text{ kN}$$

### Ciężar gruntu

$\gamma_p := 18.5 \text{ kN/m}^3$  - ciężar objętościowy piachu

odsadzka wewnętrzna

$$a_1 := 0.4 \text{ m}$$

$$G_{p1} := (a_1 \cdot h_2 \cdot L_1) \cdot \gamma_p$$

$$G_{p1} = 8.88 \text{ kN}$$

odsadzka wewnętrzna

$$a_2 := B_1 - B_2 - a_1 \quad a_2 = 700 \times 10^{-3}$$

$$G_{p2} := (a_2 \cdot L_2 \cdot h_1) \cdot \gamma_b$$

$$G_{p2} = 36.29 \text{ kN}$$

### Moment obracający

wartość od obciążeń obliczeniowych

$$M_{ob} := H_o \cdot (h_1 + h_2 + 0.1) + M_o = (22.1 + 11.7) \cdot (0.8 + 0.4 + 0.1) + 106.2 + 56.2 = 206.34$$

$$M_{ob} = 206.34 \text{ kNm}$$

### Moment utrzymujący

Obciążenia pionowe utrzymujące i ich odległość od punktu obrotu

$V_k = 50.6$	$x_k := a_2 + 0.5 \cdot B_2$	$x_k = 1.25$
$G_{b1} = 126.7$	$x_1 := 0.5B_1$	$x_1 = 1.1$
$G_{b2} = 28.5$	$x_2 := a_2 + 0.5B_2$	$x_2 = 1.25$
$G_{b3} = 10.4$	$x_3 := a_2 + B_2 - 0.5B_3$	$x_3 = 1.7$
$G_{p1} = 8.9$	$x_4 := B_1 - 0.5a_1$	$x_4 = 2$
$G_{p2} = 36.3$	$x_5 := 0.5a_2$	$x_5 = 350 \times 10^{-3}$

Wartość od obciążeń pionowych charakterystycznych pomnożonych przez współczynnik 0,9

$$M_{ut} := (V_k \cdot x_k + G_{b1} \cdot x_1 + G_{b2} \cdot x_2 + G_{b3} \cdot x_3 + G_{p1} \cdot x_4 + G_{p2} \cdot x_5) \cdot 0.9$$

$$M_{ut} = 257.73 \quad \text{kNm}$$

### WARUNEK STATECZNOŚCI NA OBRÓT WZG PUNKTU A

$$M_{ob} < m_o \cdot M_{ut}$$

$$m_o := 0.90$$

$$M_{ob} = 206.34 < m_o \cdot M_{ut} = 231.96$$

$$\frac{M_{ob}}{m_o M_{ut}} = 0.89$$

### SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI NA PRZESUNIĘCIE

$$Q_{tr} < m_t \cdot Q_{tf}$$

$$\mu := 0.55 \quad \text{współczynnik tarcia dla ścian chropowatych}$$

$$m_t := 0.95$$

$$Q_{tf} := \mu \cdot (V_k + G_{b1} + G_{b2} + G_{b3}) \cdot 0.9 \quad Q_{tf} = 107.02$$

$$Q_{tr} := H_o \quad Q_{tr} = 33.8$$

$$Q_{tr} = 33.8 < m_t \cdot Q_{tf} = 101.67$$

$$\frac{Q_{tr}}{m_t \cdot Q_{tf}} = 0.33$$

## SPRAWDZENIE I STANU GRANICZNEGO NOŚNOŚCI PODŁOŻA

WARUNEK OBLICZENIOWY

$$Q_r \leq m \cdot Q_{fNB}$$

Parametry geotechniczne charakterystyczne warstwy w poziomie posadowienia:

$$P_s \quad I_D = 0.5, \text{ szg w}$$

$$\phi_{u_n} := 33 \quad - \text{wartość charakterystyczna kąta tarcia wewnętrznego} \quad \phi_{u_r} := \phi_{u_n} \cdot 0.9$$

$$C_{u_n} := 0 \quad - \text{wartość charakterystyczna spójności gruntu} \quad C_{u_r} := C_{u_n} \cdot 0.9$$

$$\rho_{nb} := 1.0 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3} \quad - \text{wartość charakterystyczna gęstości objętościowej poniżej poziomu posadowienia}$$

$$\rho_{nd} := 1.8 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3} \quad - \text{wartość charakterystyczna gęstości objętościowej powyżej poziomu posadowienia}$$

Obliczenie  $N_C$ ,  $N_D$ ,  $N_B$ :

$$N_D := \exp\left(\pi \cdot \tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg})\right) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_{u_r} \cdot \text{deg}}{2}\right)^2 \quad N_D = 17.79$$

$$N_B := 0.75 \cdot (N_D - 1) \cdot \tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg}) \quad N_B = 7.18$$

Określenie wartości obliczeniowej średniej gęstości objętościowej gruntów powyżej poziomu posadowienia:

- powyżej poziomu posadowienia:  $\rho_{D_r} := \rho_{nd} \cdot 0.9 \quad \rho_{D_r} = 1.62$
- poniżej poziomu posadowienia:  $\rho_{B_r} := \rho_{nb} \cdot 0.9 \quad \rho_{B_r} = 0.9$

Określenie współczynników wpływu nachylenia wypadkowej obciążenia  $i_C$ ,  $i_D$ ,  $i_B$  zależnych od kąta nachylenia wypadkowej obciążenia  $\delta_B$  oraz od kąta tarcia wewnętrznego  $\phi^{(r)}$  gruntu w poziomie posadowienia

$$T_{rB} := H_{o1} + H_{o2} \quad T_{rB} = 33.8$$

$$Q_r := V_{o1} + V_{o2} + G_{b1} + G_{b2} + G_{b3} \quad Q_r = 233.3$$

$$\text{tg} \delta_B := \frac{T_{rB}}{Q_r}$$

$$\tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg}) = 570.39 \times 10^{-3}$$

$$\frac{\text{tg} \delta_B}{\tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg})} = 254 \times 10^{-3}$$

Wartości współczynników  $i_C$ ,  $i_D$ ,  $i_B$  odczytujemy z nomogramów zawartych w normie.

$$i_B := 0.5 \quad i_D := 0.70$$

Wyznaczenie mimośrodów działania wypadkowej

$$e_o = 0.5 \cdot B - \frac{M_{ut} - M_{ob}}{Q_r}$$

$$M_{ut} := V_k \cdot x_k + G_{b1} \cdot x_1 + G_{b2} \cdot x_2 + G_{b3} \cdot x_3 + G_{p1} \cdot x_4 + G_{p2} \cdot x_5 \quad M_{ut} = 286.37 \text{ kNm}$$

$$M_{ob} = 206.34 \text{ kNm}$$

$$e_B := 0.5 \cdot B_1 - \frac{M_{ut} - M_{ob}}{Q_r} \quad e_B = 756.97 \text{ m} \cdot 10^{-3}$$

$$e_L := 0.2 \quad \text{mimośród działania siły na drugim kierunku (złożony)}$$

Obliczenie wartości obliczeniowej składowej pionowej granicznego oporu podłoża gruntowego w poziomie posadowienia

$$Q_{fNB} = \bar{B} \cdot \bar{L} \cdot \left[ \left( 1 + 0.3 \cdot \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) \cdot N_C \cdot C_u^{(r)} \cdot i_C + \left( 1 + 1.5 \cdot \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) \cdot N_D \cdot \rho_D^{(r)} \cdot g \cdot D_{min} \cdot i_D + \left( 1 - 0.25 \cdot \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) \cdot N_B \cdot \rho_B^{(r)} \cdot g \cdot \bar{B} \cdot \right]$$

$$B_z := B_1 - 2 \cdot e_B \quad B_z = 686.06 \text{ m} \cdot 10^{-3} \text{ szerokość zastępcza}$$

$$L_z := L_1 - 2 \cdot e_L \quad L_z = 2.6 \text{ m} \quad \text{- szerokość zastępcza}$$

$$D_{min} := 1.2 \text{ m} \quad \text{- głębokość posadowienia}$$

$$g := 10 \quad \text{- przyspieszenie ziemskie}$$

$$m := 0.81 \quad \text{- współczynnik korekcyjny.}$$

$$Q_{fNB} := B_z \cdot L_z \cdot \left[ \left( 1 + 1.5 \cdot \frac{B_z}{L_z} \right) \cdot N_D \cdot \rho_{D_r} \cdot g \cdot D_{min} \cdot i_D + \left( 1 - 0.25 \cdot \frac{B_z}{L_z} \right) \cdot N_B \cdot \rho_{B_r} \cdot g \cdot B_z \cdot i_B \right]$$

$$Q_{fNB} = 640 \text{ kN}$$

$$m \cdot Q_{fNB} = 518 \text{ kN}$$

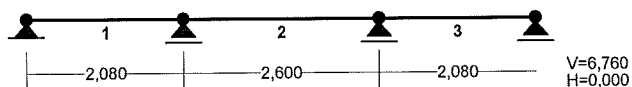
$$Q_r = 233.3 < m \cdot Q_{fNB} = 518$$

$$\frac{Q_r}{m \cdot Q_{fNB}} = 0.45$$

## 6. Belka B-1 - drewniana nośna sceny

### 6.a. Schemat statyczny

PRĘTY: Skala 1:100



### 6.b. Obciążenia

Stałe:

Deski drewniane grub. 5cm

$$0,05 \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 0,28 \frac{kN}{m^2}$$

Legary drewniane 10×14cm

$$\frac{0,10m \cdot 0,14m}{0,8m} \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 0,10 \frac{kN}{m^2}$$

---

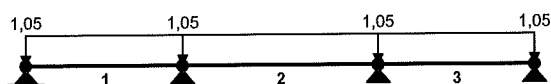
$$\text{RAZEM} \quad \sim 0,50 \frac{kN}{m^2}$$

Zmienne:

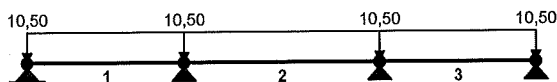
Obciążenie użytkowe wg PN-82/B-02003 tablica 1 pkt A.8:  $5,0 \frac{kN}{m^2}$

Rozmieszczenie belek drewnianych przyjęto co 2,1m

OBCIĄŻENIA: A "Stałe" Skala 1:100

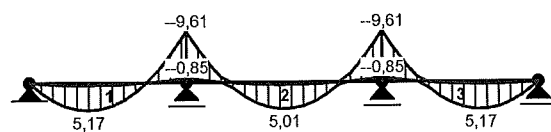


OBCIĄŻENIA: B "Użytkowe" Skala 1:100

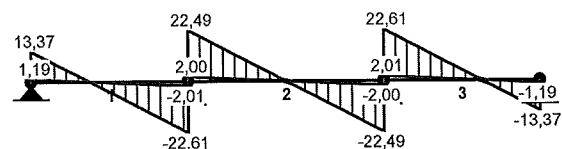


### 6.c. Siły wewnętrzne

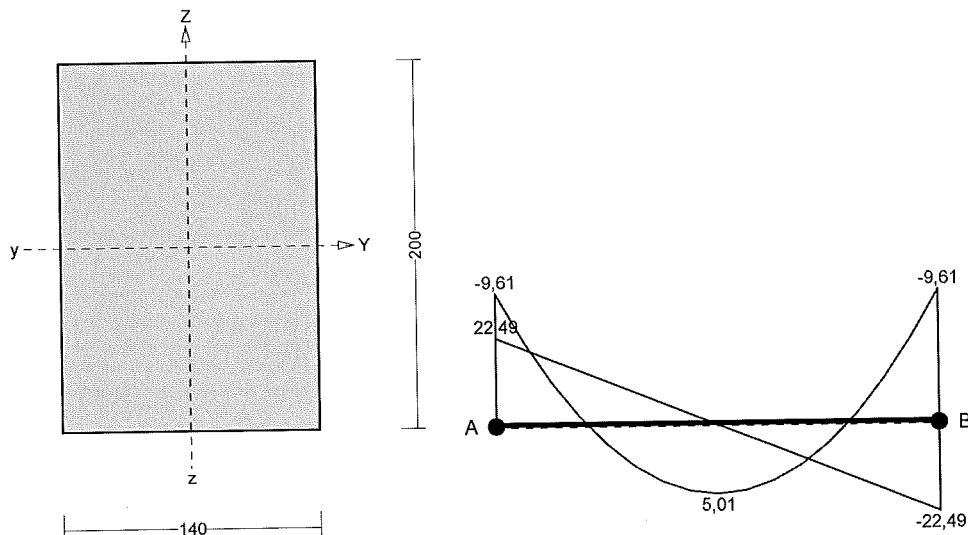
MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:100



TNĄCE-OBWIEDNIE: Skala 1:100



## 6.d. Sprawdzenie nośności belki



### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,60$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 9,61 / 933,33 \times 10^3 = 10,29 < 12,92 = 1,000 \times 12,92 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,60$  m, przy obciążeniach „CW AB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,29}{12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} = 0,797 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{10,29}{12,92} + \frac{0,00}{12,92} = 0,558 < 1$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,60$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{1,20^2 + 0,00^2} = 1,20 < 1,35 = 1,000 \times 1,35 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

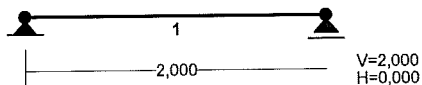
Wyniki dla  $x_a=1,30$  m;  $x_b=1,30$  m, przy obciążeniach „CW AB” liczone od cięciwy przęta.

$$u_{z,fin} = -2,5 + 0,0 = 2,5 < 10,4 = u_{net,fin}$$

## 7. Belka B-2 - legar drewniany sceny

### 7.a. Schematy statyczny

PRĘTY: Skala 1:50



### 7.b. Obciążenia

Stałe:

Deski drewniane grub. 5cm

$$0,05 \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 0,28 \frac{kN}{m^2}$$

Legary drewniane 10×14cm

$$\frac{0,10m \cdot 0,14m}{0,8m} \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 0,10 \frac{kN}{m^2}$$

---

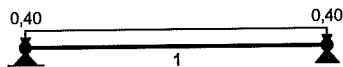
$$\text{RAZEM} \quad \sim 0,50 \frac{kN}{m^2}$$

Zmienne:

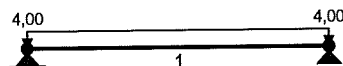
Obciążenie użytkowe wg PN-82/B-02003 tablica 1 pkt A.8:  $5,0 \frac{kN}{m^2}$

Rozmieszczenie legarów drewnianych przyjęto co 0,8m

OBCIĄŻENIA: A "Stałe" Skala 1:50



OBCIĄŻENIA: B "Użytkowe" Skala 1:50

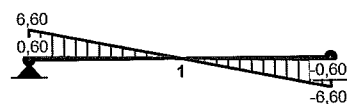


### 7.c. Siły wewnętrzne

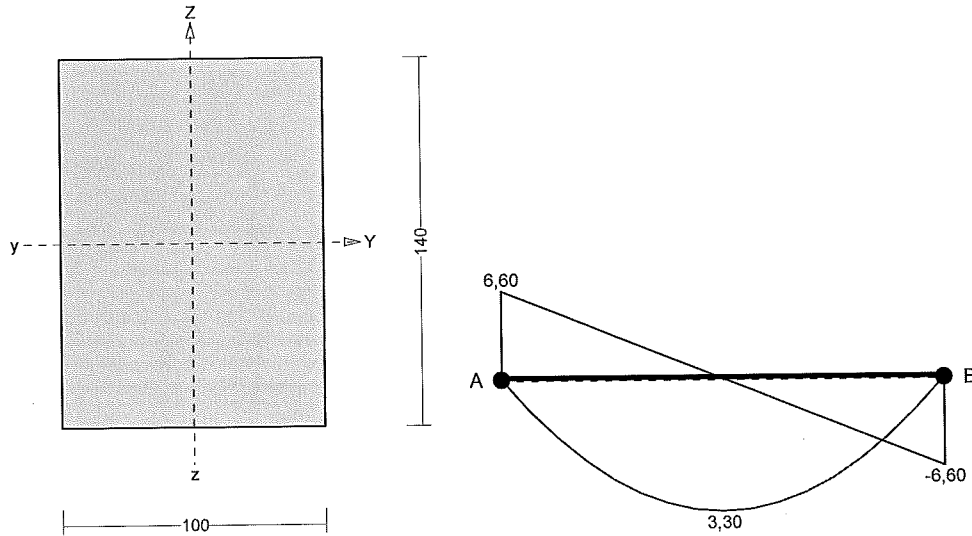
MOMENTY-OBWIEDNIE: Skala 1:50



TNĄCE-OBWIEDNIE: Skala 1:50



## 7.d. Sprawdzenie nośności belki



### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,00$  m;  $x_b=1,00$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 3,30 / 326,67 \times 10^3 = 10,11 < 12,92 = 1,000 \times 12,92 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,00$  m;  $x_b=1,00$  m, przy obciążeniach „CW AB”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{10,11}{12,92} + 0,7 \times \frac{0,00}{12,92} = 0,782 < 1$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{10,11}{12,92} + \frac{0,00}{12,92} = 0,548 < 1$$

### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=2,00$  m, przy obciążeniach „CW AB”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,71^2 + 0,00^2} = 0,71 < 1,35 = 1,000 \times 1,35 = k_v f_{v,d}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,00$  m;  $x_b=1,00$  m, przy obciążeniach „CW AB” liczone od cięciwy pręta.

$$u_{z,fin} = -6,5 + 0,0 = 6,5 < 8,0 = u_{net,fin}$$



## 8. Obciążenie na ławy fundamentowe

### Obciążenie na fundament pośredni:

Obciążenie ze sceny  $5,5 \frac{kN}{m^2}$

Pasmo  $a=2,4m$

Obciążenie na 1m bieżący  $2,4 \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 13,2 \frac{kN}{m}$   $\gamma_f=1,5$

Obciążenie od ściany fundamentowej żelbetowej  $25 \frac{kN}{m^3}$

Grubość ściany 0,24m; wysokość ściany 1,30m

Obciążenie na 1m bieżący  $0,24 \cdot 1,30 \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 7,8 \frac{kN}{m}$   $\gamma_f=1,35$

OBCIĄŻENIE ŁĄCZNE:  $q_k = 21 kN/m$   $\gamma_f=1,5$   $q_o = 32 kN/m$

### Obciążenie na fundament pod ścianę żelbetową:

Obciążenie ze sceny  $5,5 \frac{kN}{m^2}$

Pasmo obciążenia ze sceny  $1,1m$

Obciążenie na 1m bieżący  $1,1 \cdot 5,5 \frac{kN}{m^3} = 6,10 \frac{kN}{m}$   $\gamma_f=1,5$

Obciążenie os ściany żelbetowej  $25 \frac{kN}{m^3}$

Grubość ściany 0,24m; wysokość ściany 5,60m

Obciążenie na 1m bieżący  $0,24 \cdot 5,60 \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 33,6 \frac{kN}{m}$   $\gamma_f=1,35$

OBCIĄŻENIE ŁĄCZNE:  $q_k = 40 kN/m$   $\gamma_f=1,5$   $q_o = 60 kN/m$

## Ława fundamentowa Ł-1

### SPRAWDZENIE I STANU GRANICZNEGO NOŚNOŚCI PODŁOŻA

WARUNEK OBLICZENIOWY  $Q_r \leq m \cdot Q_{fNB}$

Parametry geotechniczne charakterystyczne warstwy w poziomie posadowienia:

$P_s \quad I_D = 0.5$ , szg w

- $\phi_{u_n} := 33$  - wartość charakterystyczna kąta tarcia wewnętrznego  $\phi_{u_r} := \phi_{u_n} \cdot 0.9$   
 $\rho_{nb} := 1.0 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$  - wartość charakterystyczna gęstości objętościowej poniżej poziomu posadowienia  
 $\rho_{nd} := 2.0 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}$  - wartość charakterystyczna gęstości objętościowej powyżej poziomu posadowienia

Obliczenie  $N_C, N_D, N_B$ :

$$N_D := \exp(\pi \cdot \tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg})) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_{u_r} \cdot \text{deg}}{2}\right)^2 \quad N_D = 17.79$$

$$N_B := 0.75 \cdot (N_D - 1) \cdot \tan(\phi_{u_r} \cdot \text{deg}) \quad N_B = 7.18$$

Określenie wartości obliczeniowej średniej gęstości objętościowej gruntów powyżej poziomu posadowienia:

- powyżej poziomu posadowienia:  $\rho_{D_r} := \rho_{nd} \cdot 0.9 \quad \rho_{D_r} = 1.8$
- poniżej poziomu posadowienia:  $\rho_{B_r} := \rho_{nb} \cdot 0.9 \quad \rho_{B_r} = 0.9$

Określenie współczynników wpływu nachylenia wypadkowej obciążenia  $i_C, i_D, i_B$  zależnych od kąta nachylenia wypadkowej obciążenia  $\delta_B$  oraz od kąta tarcia wewnętrznego  $\phi^{(r)}$  gruntu w poziomie posadowienia.

$$i_B := 1 \quad i_D := 1 \quad i_C := 0$$

Obliczenie wartości obliczeniowej składowej pionowej granicznego oporu podłoża gruntowego w poziomie posadowienia

$$Q_{fNB} = B \cdot L \cdot \left[ \left( 1 + 0.3 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot N_C \cdot C_u^{(r)} \cdot i_C + \left( 1 + 1.5 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot N_D \cdot \rho_D^{(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + \left( 1 - 0.25 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot N_B \cdot \rho_B^{(r)} \cdot g \cdot B \cdot i_B \right]$$

$B := 0.4 \text{ m}$  - szerokość ławy

Dla ław przyjmujemy  $B/L = 0$

$D_{\min} := 0.8 \text{ m}$  - głębokość posadowienia

$g := 10$  - przyspieszenie ziemskie

$m := 0.81$  - współczynnik korekcyjny.

$$Q_{fNB} := B \cdot (N_D \cdot \rho_{D_r} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + N_B \cdot \rho_{B_r} \cdot g \cdot B \cdot i_B) \quad Q_{fNB} = 113 \text{ kN}$$

$$m \cdot Q_{fNB} = 91 \text{ kN}$$

Koniec obliczeń  
Anna Olbrycht