



**KOSZT-BUD**  
ZAKŁAD USŁUG  
PROJEKTOWO-KOSZTORYSOWYCH  
I NADZORU INWESTORSKIEGO

***Dariusz Majer***

**KOSZT - BUD**  
ZAKŁAD USŁUG  
PROJEKTOWO –  
KOSZTORYSOWYCH  
**DARIUSZ MAJER**

44-196 Knurów, ul. Dworcowa  
tel./fax: (0-32) 236-01-61  
tel. kom.: 0 792-041-270  
majerd@poczta.onet.pl;  
koszt\_bud@interia.pl

## **ZAŁĄCZNIK DO**

**PROJEKTU BUDOWLANO-ARCHITEKTONICZNEGO  
BUDOWY ŻŁOBKA WRAZ Z INFRASTRUKTURĄ  
W KNUROWIE PRZY UL. GEN. ZIĘTKA**

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE**

**OBIEKT:** Żłobek wraz z infrastrukturą w Knurowie przy ul. Gen. Ziętki  
Nr działki: 3537/58

**TEMAT:** Budowa żłobka  
Budowa przyłączy  
Zagospodarowanie terenu

**INWESTOR:** Żłobek Publiczny w Knurowie  
ul. Lotników 3  
44-196 Knurów

# SPIS TREŚCI

<b>1.</b>	<b>OBLICZENIA ŻELBETOWEGO WSPORNIKA (BALKONU NA STROPODACHU).....</b>	<b>4</b>
1.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE .....	4
1.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	4
1.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	5
1.1.3.	WYNIKI.....	6
<b>2.</b>	<b>OBLICZENIA NADPROŻA 1 WRAZ Z RDZENIEM.....</b>	<b>12</b>
2.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 1 .....	12
2.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	12
2.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	13
2.1.3.	WYNIKI.....	15
2.2.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE RDZENIA ŻELBETOWEGO .....	20
2.2.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	20
2.2.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	21
2.2.3.	WYNIKI.....	22
<b>3.</b>	<b>OBLICZENIA NADPROŻA 2 .....</b>	<b>25</b>
3.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE .....	25
3.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	25
3.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	26
3.1.3.	WYNIKI.....	29
<b>4.</b>	<b>OBLICZENIA NADPROŻA 3 .....</b>	<b>34</b>
4.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 3 .....	34
4.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	34
4.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	35
4.1.3.	WYNIKI.....	37
<b>5.</b>	<b>OBLICZENIA NADPROŻA 4 .....</b>	<b>43</b>
5.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 4 .....	43
5.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	43
5.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	44
5.1.3.	WYNIKI.....	46
<b>6.</b>	<b>OBLICZENIA NADPROŻA 5 .....</b>	<b>52</b>
6.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 5 .....	52
6.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	52
6.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	52
6.1.3.	WYNIKI.....	54
<b>7.</b>	<b>OBLICZENIA STROPU ŻELBETOWEGO W MIEJSCACH WYŁAZU DACHOWEGO I ŚWIETLIKÓW .....</b>	<b>61</b>
7.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WYMIANU.....	61
7.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	61
7.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	61
7.1.3.	WYNIKI.....	63
7.2.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PODCIĄGU.....	68
7.2.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	68
7.2.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	68
7.2.3.	WYNIKI.....	70
<b>8.</b>	<b>OBLICZENIA KONSTRUKCJI BUDYNKU NA ODPADY .....</b>	<b>76</b>
8.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BLACHY TRAPEZOWEJ .....	76
8.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	76
8.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	76
8.1.3.	WYNIKI.....	77
8.2.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PŁATWI .....	77
8.2.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	77
8.2.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	78

8.2.3.	WYNIKI.....	80
8.3.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE SŁUPA .....	82
8.3.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	82
8.3.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	82
8.3.3.	WYNIKI.....	84
9.	OBLICZENIA KONSTRUKCJI DREWNIANEJ ALTANY .....	86
9.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PŁATWI .....	86
9.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	86
9.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	86
9.1.3.	WYNIKI.....	88
9.2.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE SŁUPA .....	90
9.2.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	90
9.2.2.	SCHEMAT STATYCZNY .....	90
9.2.3.	WYNIKI.....	92
10.	OBLICZENIA ŁAWY FUNDAMENTOWEJ .....	94
10.1.	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE .....	94
10.1.1.	ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ.....	94
10.1.2.	SCHEMAT STATYCZNY.....	94
10.1.3.	WYNIKI .....	95

# 1. OBLICZENIA ŻELBETOWEGO WSPORNIKA (BALKONU NA STROPODACHU)

## 1.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

### 1.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

CieŜar własny przyjęty w programie Rm-Win.

Zebranie obciąŜeń stałych rozłoŜonych równomiernie na wsporniku

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*1,0	0,15	1,2
Styropapa 0,08*1,0	0,08	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*1,0	0,08	1,2
Papa perforowana 0,15*1,0	0,15	1,2
Styropian 0,45*0,1*1,0	0,045	1,2

Zebranie obciąŜeń stałych na końcu wspornika

	Wart.charakterystyczna [kN]	Współczynnik obciążenia
Styropian 0,45*0,15*1,0*1,0	0,07	1,2
Ogniomur 18,0*1,0*0,9*0,25	4,05	1,1

Zebranie obciąŜeń zmiennych użytkowych od wspornika

$$q=1,0*1,0=1 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciąŜeń od śniegu (II strefa)

$$C_1=0,8$$

$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k*C_1=0,9*0,8*1,0=0,72 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,5$$

### 1.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

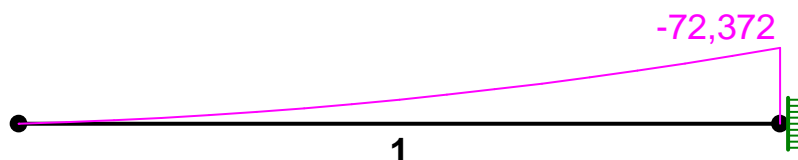


OBCIĄŻENIA:

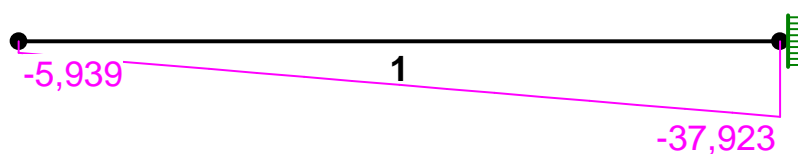
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "St_1,2"			Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	0,510	0,510	0,00	3,30
1	Skupione	0,0	0,070		0,00	
Grupa:	B "St_1,1"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
1	Skupione	0,0	4,050		0,00	
Grupa:	C "Zm_1,4"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Liniowe	0,0	1,000	1,000	0,00	3,30
1	Skupione	0,0	1,000		0,00	
Grupa:	D "Zm_1,5"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	0,720	0,720	0,00	3,30

MOMENTY:



TNĄCE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD

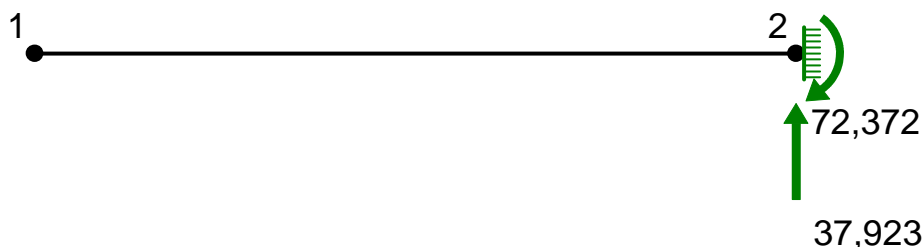
Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
-------	------	-------	---------	--------	--------

1	0,00	0,000	0,000	-5,939	0,000
	1,00	3,300	-72,372	-37,923	0,000

---

\* = Wartości ekstremalne

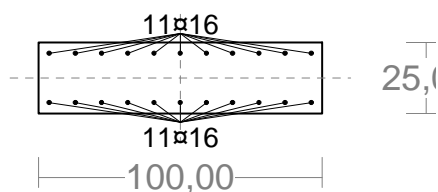
REAKCJE PODPOROWE:



### 1.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=3,30$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=25,0$ ,  $b=100,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=2500$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=130208$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=2083333$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIIN (RB 500)**

$f_{yk}=500$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=420$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$

$00)=0,625$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=44,23$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 44,23/2500=1,77$  %,

$J_{sx}=3348$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=37766$  cm<sup>4</sup>.

#### Siły przekrojowe:

przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=3,30$  m

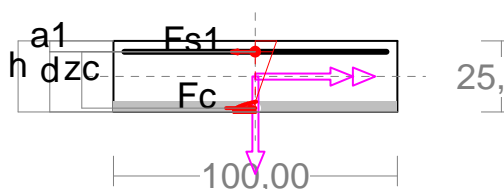
Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCD**

Momenty zginające:  $M_x = -0,000$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = -5,939$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N = 0,000$  kN =  $N_{sd}$ .

(przekrój:  $x_a=3,15$  m,  $x_b=0,15$  m)



$$a_1=3,8, a_c=1,4, z_c=19,8, A_{cc}=370 \text{ cm}^2, \\ \varepsilon_c=-2,12 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -337,376, F_{s1} = 337,376,$$

$$M_c = 37,441, M_{s1} = 29,352,$$

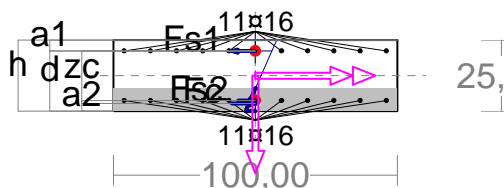
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -337,376 + (337,376) = -0,000 \text{ kN} \text{ (} N_{sd} = 0,000 \text{ kN)}$$

$$M_c + M_{s1} = 37,441 + (29,352) = 66,792 \text{ kNm} \text{ (} M_{sd} = 66,792 \text{ kNm).}$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

przekrój:  $x_a=3,15$  m,  $x_b=0,15$  m



Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -249,676, F_{s1} = 368,718, F_{s2} = -119,042,$$

$$M_c = 24,357, M_{s1} = 32,078, M_{s2} = 10,357,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 170,788 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 24,357 + (32,078) + (10,357) = 66,792 \text{ kNm}.$$

Wielkości obliczeniowe:

$$\begin{aligned} N_{Sd} &= 0,000 \text{ kN}, \\ M_{Sd} &= \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(66,792^2 + 0,000^2)} \\ &= 66,792 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 8,03 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 8,03 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 8,03 / 2500 = 0,32 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=25,0, \quad d=21,2, \quad x=3,7 \quad (\xi=0,175),$$

Wielkości obliczeniowe:

$$\begin{aligned} N_{Sd} &= 0,000 \text{ kN}, \\ M_{Sd} &= \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(66,792^2 + 0,000^2)} \\ &= 66.792 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1} = 22,12 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=22,12 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 44,23 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 44.23 / 2500 = 1.77 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

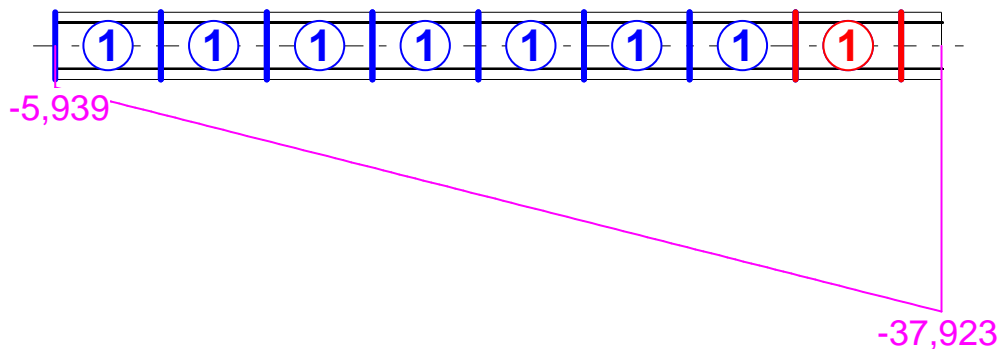
$$h=25,0, \quad d=21,2, \quad x=8,0 \quad (\xi=0,380),$$

$$a_1=3,8, a_2=3,8, a_c=2,7, z_c=18,5, A_{cc}=805 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,51 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,27 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 0,83 \text{ ‰},$$

## Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 275,6$   $x_b = 315,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$V_{Sd \max} = -36,469$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -36,469$  kN

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{22,12}{100,0 \times 21,2} = 0,01043; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 2794,89 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,39 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,000] \times 100,0 \times 21,2 \times 10^{-1} = \end{aligned}$$

165,021 kN

$$V_{Sd} = 36,469 < 165,021 = V_{Rd1}$$

### Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{36,469} < \mathbf{165,021} = V_{Rd1}$$

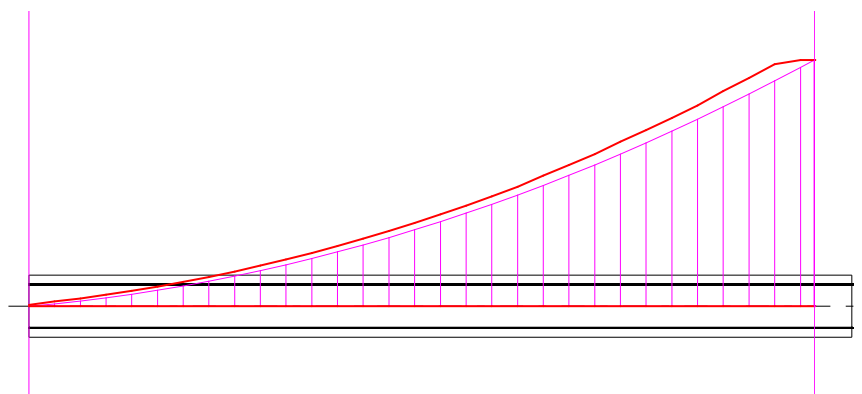
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 100,0 \times 19,1 \times 10^{-1} = 700,389 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{36,469} < \mathbf{700,389} = V_{Rd2}$$



## Nośność zbrojenia podłużnego



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 3,094$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times -35,924 \times (1,440) = 25,857 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 357,408 + 25,857 = 383,264 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 368,718 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 368,718 \text{ kN}$

$$F_{td} = 368,718 < 928,906 = 22,12 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 3,150 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -56,959 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = -31,044 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 25,0 - 3,8 = 21,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 2500 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 10417 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1250 / 240 = 4,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 22,12 > 4,58 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 10417 \times 10^{-3} = 22,917 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 56,959 > 22,917 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 22,12 / 551 = 0,04011$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,04011 = 89,89$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 142,899 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (22,917 / 56,959)^2] = 0,00066 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 89,89 \times 0,00066 = 0,10 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,10 < 0,3 = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 10417 \times 10^{-3} = 22,917 \text{ kNm}$$

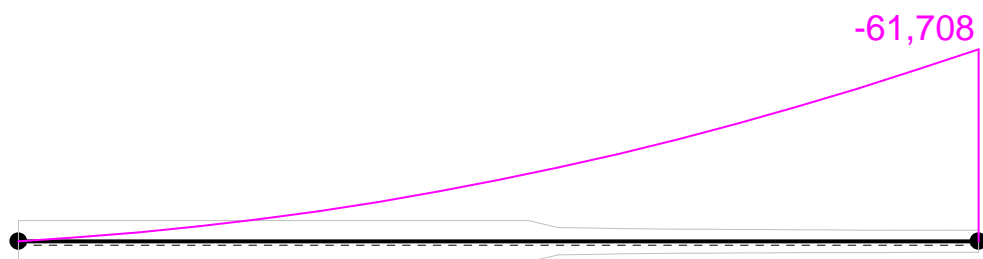
Całkowity moment zginający  $M_{sd} = -61,708 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

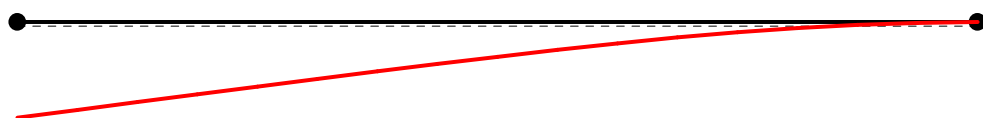
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = -61,708 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 12,5 \text{ cm}$   $I_I = 197169 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 8,5 \text{ cm}$   $I_{II} = 101583 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{10000 \times 101583}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (22,917 / 61,708)^2 \times (1 - 101583 / 197169)} \times 10^{-5} = 10510 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 0,000$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 15,8 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{15,8} < \mathbf{16,5} = a_{\text{lim}}$$

## 2. OBLICZENIA NADPROŻA 1 WRAZ Z RDZENIEM

### 2.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 1

#### 2.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*1,6	3,84	1,1

Zebranie obciążeń stałych od stropu

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*3,0	0,45	1,2
Styropapa 0,08*3,0	0,24	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*3,0	0,24	1,2
Papa perforowana 0,15*3,0	0,45	1,2
Strop gęstożebrowy RECTOR 4,5*3,0	13,5	1,1
Tynk gipsowy na siatce 0,22*3,0	0,66	1,3
Sufit podwieszany 0,3*3,0	0,90	1,2

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od stropu

$$q=1,0*3,0=3 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na stropie (II strefa)

$$C_1=0,8$$

$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k*C_1=0,9*0,8*3,0=2,16 \text{ kN/m}$$

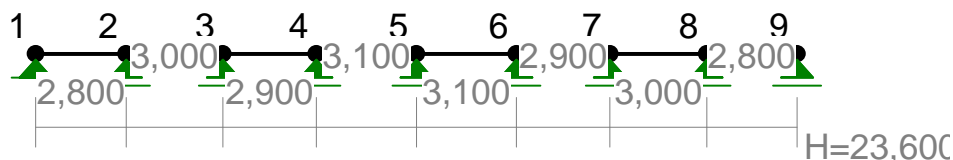
$$\gamma=1,5$$

## Zebranie obciążeń od wspornika

$q=37,9 \text{ kN/m}$

### 2.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

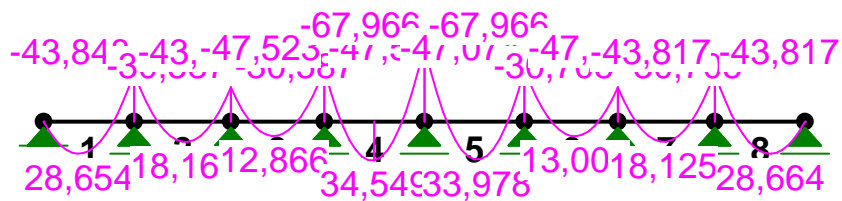


OBCIĄŻENIA:

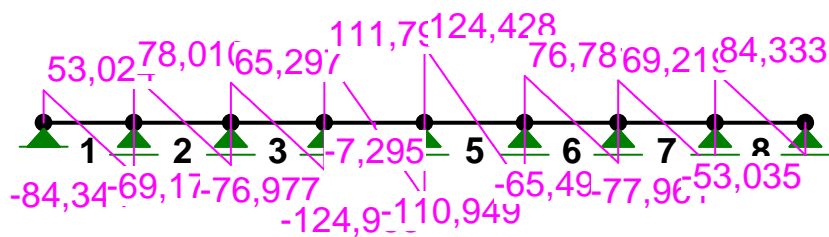
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa: A	"Strop_st_1,1"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
4	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,10
5	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,10
Grupa: B	"Strop_st_1,2"			Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
4	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,10
5	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,10
Grupa: C	"Strop_st_1,3"			Stałe	$\gamma_f = 1,30$	
4	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,10
5	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,10
Grupa: D	"Strop_zm_1,4"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
4	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,10
4	Skupione	0,0	1,000		1,55	
5	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,10
Grupa: E	"Snieg_1,5"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,80
2	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,90
4	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,10
5	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,10
6	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,90
7	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,80
Grupa: F	"Wspornik_st"			Stałe	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
2	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,90
4	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	3,10
5	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	3,10
6	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,90
7	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
-----						

## MOMENTY:



## TNĄCE:



## SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

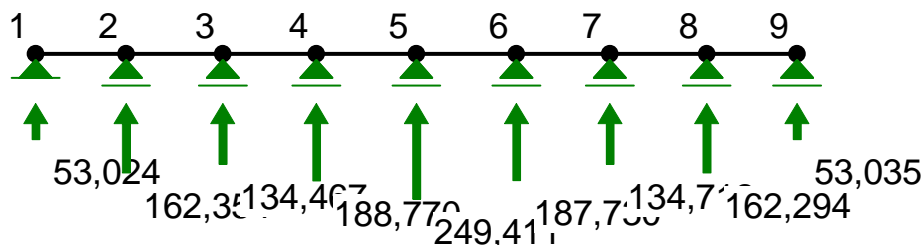
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDEF

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	53,024	0,000
	0,39	1,083	<b>28,654*</b>	-0,099	0,000
	1,00	2,800	-43,848	-84,344	0,000
2	0,00	0,000	-43,848	78,010	0,000
	0,53	1,594	<b>18,174*</b>	-0,179	0,000
	1,00	3,000	-30,587	-69,170	0,000
3	0,00	0,000	-30,587	65,297	0,000
	0,46	1,325	<b>12,866*</b>	0,273	0,000
	1,00	2,900	-47,523	-76,977	0,000
4	0,00	0,000	-47,523	111,794	0,000
	0,48	1,477	<b>34,777*</b>	-0,378	0,000
	1,00	3,100	-67,966	-124,983	0,000
5	0,00	0,000	-67,966	124,428	0,000
	0,53	1,635	<b>33,987*</b>	0,304	0,000
	1,00	3,100	-47,074	-110,949	0,000
6	0,00	0,000	-47,074	76,781	0,000
	0,54	1,563	<b>13,010*</b>	0,087	0,000
	1,00	2,900	-30,705	-65,493	0,000
7	0,00	0,000	-30,705	69,219	0,000
	0,47	1,406	<b>18,125*</b>	0,229	0,000
	1,00	3,000	-43,817	-77,961	0,000

8	0,00	0,000	-43,817	84,333	0,000
	0,61	1,717	<b>28,666*</b>	0,088	0,000
	1,00	2,800	0,000	-53,035	0,000

\* = Wartości ekstremalne

### REAKCJE PODPOROWE:



T.I rzędu

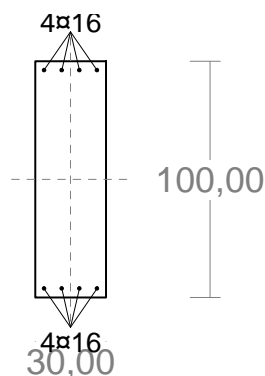
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDEF

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	53,024	53,024	
2	0,000	162,354	162,354	
3	0,000	134,467	134,467	
4	0,000	188,770	188,770	
5	0,000	249,411	249,411	
6	0,000	187,730	187,730	
7	0,000	134,712	134,712	
8	0,000	162,294	162,294	
9	0,000	53,035	53,035	

### 2.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

pręt nr 4, przekrój:  $x_a=1,55$  m,  $x_b=1,55$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=100,0$ ,  $b=30,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=3000$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=2500000$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=225000$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIN (RB 500)**

$f_{yk}=500$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=420$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000$

$00)=0,625$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=16,08$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 16,08/3000=0,54$  %,

$J_{sx}=34332$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=1121$  cm<sup>4</sup>,

### Siły przekrojowe:

pręt nr 4, przekrój:  $x_a=1,55$  m,  $x_b=1,55$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDEF**

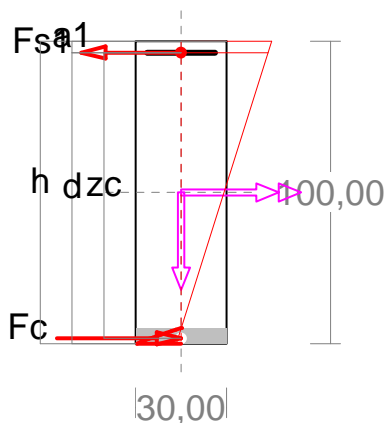
Momenty zginające:  $M_x = -34,549$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = -5,895$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N = 0,000$  kN =  $N_{sd}$ .

### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 4, przekrój:  $x_a=2,95$  m,  $x_b=0,15$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(50,073^2 + 0,000^2)} = 50,073 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=1,26 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,26 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 1,26/3000=0,04 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, d=96,2, x=5,2 (\xi=0,054), \\ a_1=3,8, a_c=1,8, z_c=94,4, A_{cc}=155 \text{ cm}^2, \\ \epsilon_c=-0,57 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -53,026, F_{s1} = 53,026, \\ M_c = 25,575, M_{s1} = 24,498,$$

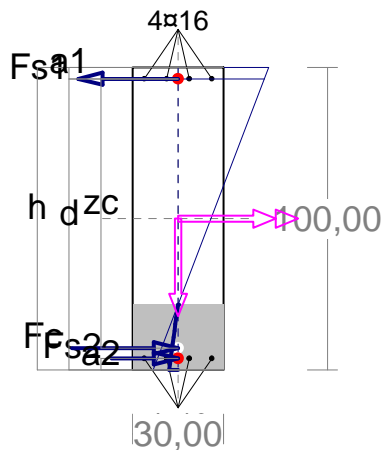
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -53,026 + (53,026) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd}=0,000 \text{ kN}) \\ M_c + M_{s1} = 25,575 + (24,498) = 50,073 \text{ kNm} (M_{sd}=50,073 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 4, przekrój:  $x_a=2,95$  m,  $x_b=0,15$  m





Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(50,073^2 + 0,000^2)} = 50,073 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=8,04 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2}=8,04 \text{ cm}^2,$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=16,08 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 16,08/3000=0,54 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, d=96,2, x=21,6 (\xi=0,224),$$

$$a_1=3,8, a_2=3,8, a_c=7,2, z_c=89,0, A_{cc}=648 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,10 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,08 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=0,35 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -42,473, F_{s1} = 55,766, F_{s2} = -13,294,$$

$$M_c = 18,167, M_{s1} = 25,764, M_{s2} = 6,142,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 312,158 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 18,167 + (25,764) + (6,142) = 50,073 \text{ kNm}$$

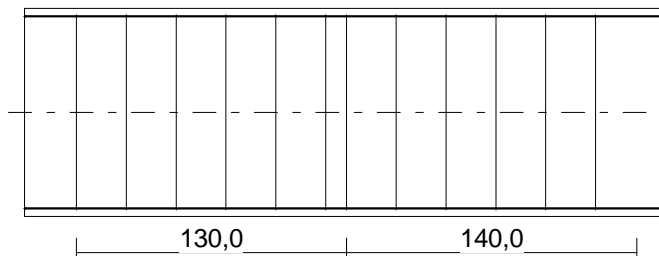
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 4

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8$  mm ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 25,0 \quad x_b = 155,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{\max} = 400 \text{ mm.}$$

$$\text{Ze względu na pręty ściskane } s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm.}$$

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = 0,00140 > 0,00072 = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 155,0 \quad x_b = 295,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400 \text{ mm}$ .

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemię 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

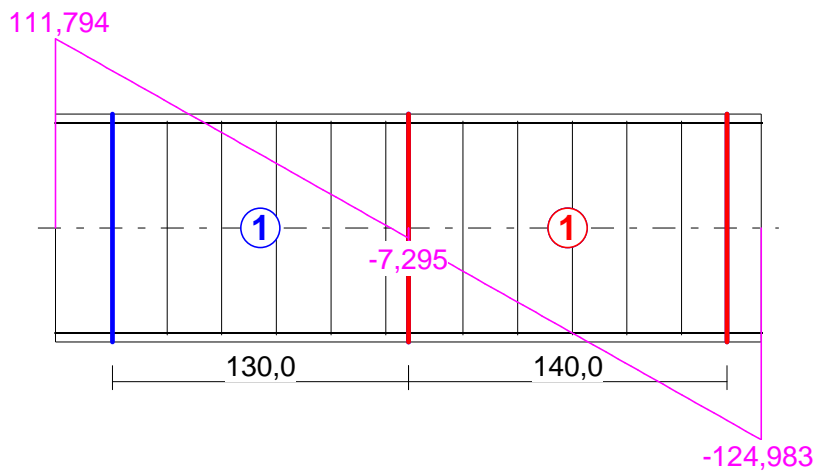
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00140} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

pręt nr 4.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 155,0 \quad x_b = 295,0 \text{ cm}$

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$$V_{Sd \max} = -113,594 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -113,594 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0 \times 96,2} = 0,00279; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00279$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 3107,23 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000 \text{ MPa}$ .

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00279) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 96,2 \times 10^{-1} = \\ &132,471 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 113,594 < 132,471 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{113,594} < \mathbf{132,471} = V_{Rd1}$$

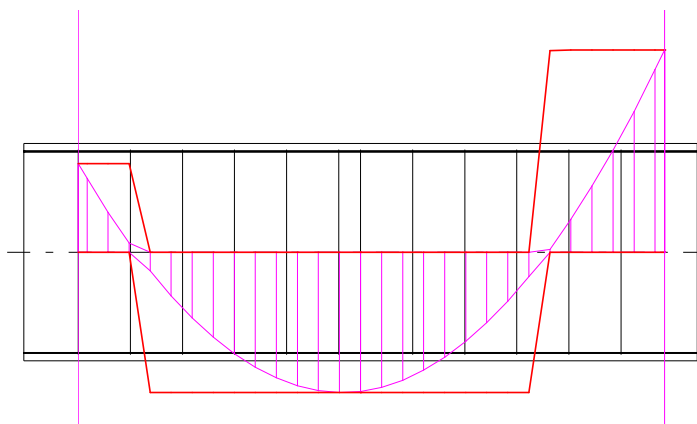
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 86,6 \times 10^{-1} = 953,454 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{113,594} < \mathbf{953,454} = V_{Rd2}$$

## Nośność zbrojenia podłużnego

pręt nr 4.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,519$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times -80,850 \times (1,492) = 60,295 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 9,068 + 60,295 = 69,363 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 55,766 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 55,766 \text{ kN}$

$$F_{td} = 55,766 < 337,784 = 8,04 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

pręt nr 4,

Położenie przekroju:

$$x = 2,519 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -7,447 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = -74,665 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 100,0 - 3,8 = 96,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 3000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 50000 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1500 / 240 = 5,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 8,04 > 5,50 = A_s$$

## Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 7,447 < 110,000 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

## Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

pręt nr 4

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

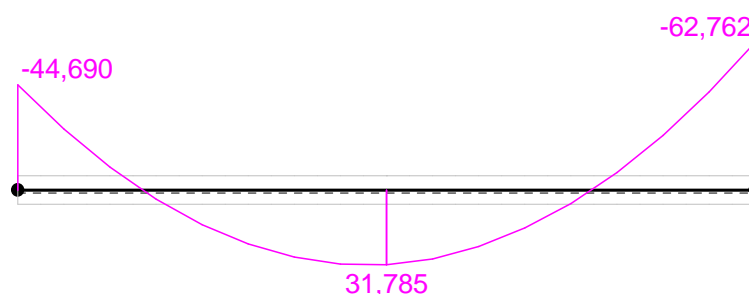
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -62,762 \text{ kNm}$  nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

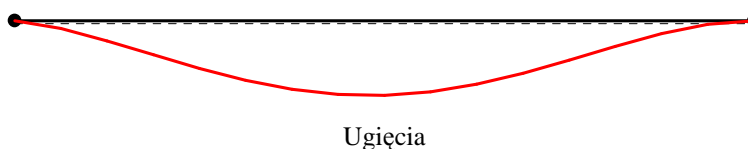
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -62,762 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 50,0 \text{ cm}$   $I_I = 3186647 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_I = 10000 \times 3186647 \times 10^{-5} = 318665 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,550 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 15,5 = a_{lim}$$

## 2.2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE RDZENIA ŻELBETOWEGO

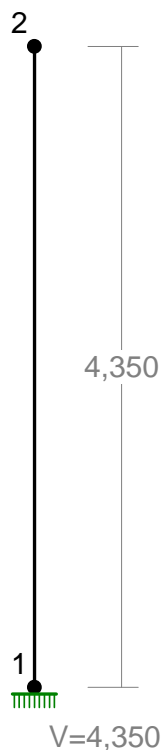
### 2.2.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Reakcja od belki:

$$R = 249,4 \text{ kN}$$

## 2.2.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

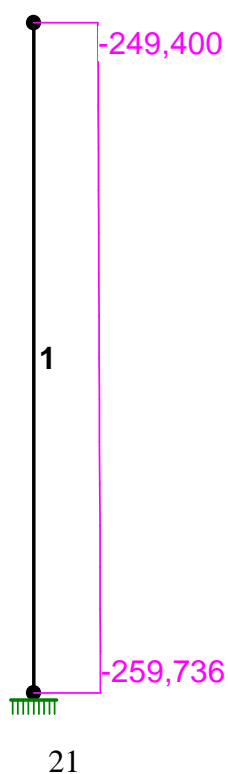


OBCIĄŻENIA:

( [ kN ] , [ kNm ] , [ kN/m ] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A "			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Skupione	0,0	249,400		4,35	

NORMALNE:



## SIŁY PRZEKROJOWE

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	0,000	-259,736
	1,00	4,350	0,000	0,000	-249,400

\* = Wartości ekstremalne

## REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

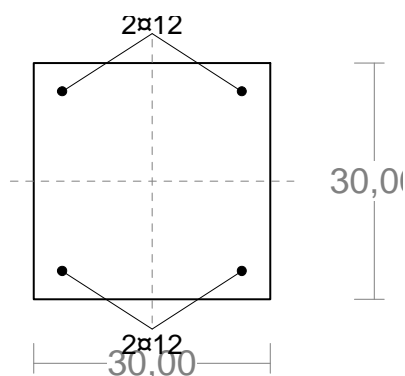
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	259,736	259,736	0,000

## 2.2.3. WYNIKI

### Cechy przekroju:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,17$  m,  $x_b=2,17$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=30,0$ ,  $b=30,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=900$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=67500$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=67500$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIIN (RB 500)**

$f_{yk}=500$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=420$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000$

$00)=0,625$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=4,52$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 4,52/900=0,50$  %,

$J_{sx}=588$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=588$  cm<sup>4</sup>,

### Siły przekrojowe:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,17$  m,  $x_b=2,17$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

Momenty zginające:  $M_x=0,000$  kNm,

$M_y=0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y=0,000$  kN,

$V_x=0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N=-254,568$  kN =  $N_{sd}$ ,

Uwzględnienie smukłości pręta:

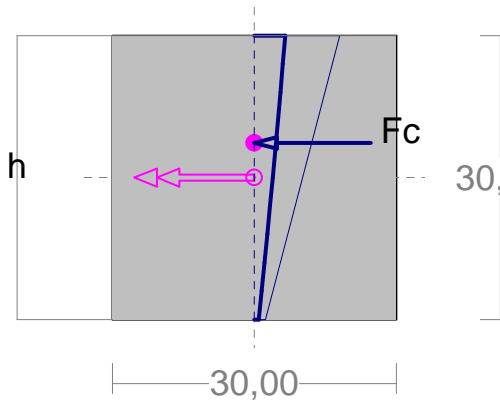
- w płaszczyźnie ustroju:

$e_{ey}=M_x/N=(0,000)/(-254,568)=0,000$  m,

$$M_{Sdx} = \eta_x (e_{ay} + e_{ey}) N = 1,826 \times (0,020 + 0,000) \times (-254,568) = -9,298 \text{ kNm},$$

### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,17 \text{ m}$ ,  $x_b=2,17 \text{ m}$ )



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -254,568 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-9,298^2 + 0,000^2)} = 9,298 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Dodatkowe zbrojenie mniej ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=30,0, \quad x=39,2 \quad (\xi=1,308), \quad a_c=11,3,$$

$$A_{cc}=900 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,40 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -254,561,$$

$$M_c = 9,297,$$

Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c = -254,561 = -254,561 \text{ kN} \quad (N_{Sd} = -254,568 \text{ kN})$$

$$M_c = 9,297 = 9,297 \text{ kNm} \quad (M_{Sd} = 9,298 \text{ kNm})$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

pręt nr 1

#### - przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta jednostronnie zamocowanego w układzie przesuwym

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 4,350 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 0,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = \infty, \quad \kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\Rightarrow \beta = 2 + 1/(3k) = 2 + 1/(3 \times \infty) \Rightarrow l_o = 2,000 \times 4,350 = 8,700 \text{ m}$$

#### - przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

podatności węzłów ustalone według załącznika C normy, współczynnik  $\beta$  obliczono jak dla pręta swobodnego:

$$\text{ze wzoru (C.1)} \quad l_o = \beta l_{col}, \quad l_{col} = 4,350 \text{ m},$$

$$\text{podatności węzłów: } \kappa_a = 1,000 \Rightarrow k_A = (1/\kappa_a - 1) = 0,000, \quad \kappa_b = 1,000 \Rightarrow k_B = (1/\kappa_b - 1) = 0,000,$$

$$\beta = 1,000 \Rightarrow l_o = 1,000 \times 4,350 = 4,350 \text{ m}$$

### Uwzględnienie wpływu smukłości pręta:

zadanie KN-rdzen1, pręt nr 1

#### - w płaszczyźnie ustroju:

mimośród niezamierzony: ( $l_{col}=4,350 \text{ m}$ ,  $h=0,300 \text{ m}$ ,  $n=1$ )

$$e_a = \max \left\langle \frac{l_{col}}{600} \left( 1 + \frac{1}{n} \right), \frac{h}{30}, 0,01 \right\rangle = \max \langle 0,015, 0,010, 0,010 \rangle = 0,015 \text{ m, przyjęto:}$$

$$e_a = 0,020 \text{ m,}$$

$$\text{mimośród statyczny: } M_{\max} = 0,000 \text{ kNm, } N_{Sd} = -259,736 \text{ kN} \Rightarrow e_e = |M_{\max}/N| = |0,000/(-259,736)| = 0,000 \text{ m,}$$

$$\text{mimośród początkowy: } e_o = e_a + e_e = 0,020 + 0,000 = 0,020 \text{ m,}$$

obliczenie siły krytycznej:

- długość wyboczeniowa:  $l_o = 8,700 \text{ m}$  (obliczona wg PN),

- moduł sprężystości betonu:  $E_{cm} = 30,0 \cdot 10^6 \text{ kPa}$ ,

- momenty bezwładności:  $I_c = 6,7500 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ ,

$$I_s = 0,0588 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4 \text{ (dla zbrojenia rzeczywistego)}$$

-  $e_o/h = \max \langle (e_a + e_e)/h, 0,05, 0,5 - 0,01(l_o/h + f_{cd}) \rangle = \max \langle 0,067, 0,05, 0,077 \rangle = 0,077$ ,

-  $k_{lt} = 1 + 0,5 (N_{Sd,lt}/N_{Sd}) \phi_{(t,t_0)} = 1 + 0,5 \times 1,000 \times 2,00 = 2,000$ ,

$$N_{crit} = \frac{9}{l_o^2} \left[ \frac{E_{cm} I_c}{2k_{lt}} \left( \frac{0,11}{0,1 + \frac{e_o}{h}} + 0,1 \right) + E_s I_s \right] =$$

$$\frac{9}{8,700^2} \left[ \frac{3,000 \cdot 10^7 \times 6,750 \cdot 10^{-4}}{2 \times 2,000} \left( \frac{0,11}{0,1 + 0,077} + 0,1 \right) + 2,0 \cdot 10^8 \times 5,879 \cdot 10^{-6} \right] = 574,113 \text{ kN}$$

współczynnik zwiększający mimośród początkowy:

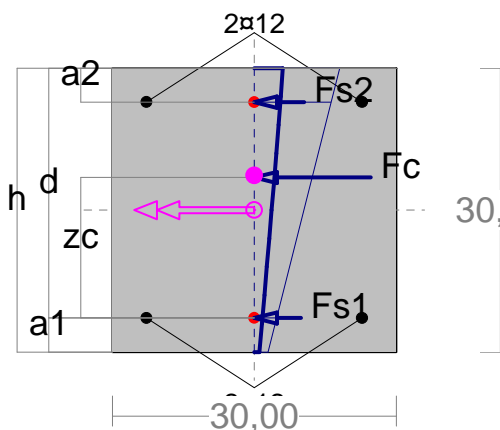
$$\eta = \frac{1}{1 - N_{Sd}/N_{crit}} = \frac{1}{1 - (259,736 / 574,113)} = 1,826$$

#### - w płaszczyźnie prostopadłej do ustroju:

uwzględnienie wpływu smukłości zaniechano

#### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 0,00 \text{ m}$ ,  $x_b = 4,35 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = -259,736 \text{ kN,}$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-9,487^2 + 0,000^2)} = 9,487 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa, } f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie mniej ściskane: } A_{s1} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 4,52 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 4,52 / 900 = 0,50 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 30,0, d = 26,4, x = 35,8 (\xi = 1,355),$$

$$a_1 = 3,6, a_2 = 3,6, a_c = 11,6, z_c = 14,8, A_{cc} = 900 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,37 \text{ ‰, } \epsilon_{s2} = -0,33 \text{ ‰, } \epsilon_{s1} = -0,10 \text{ ‰,}$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -240,349, F_{s1} = -4,370, F_{s2} = -15,016,$$

$$M_c = 8,273, M_{s1} = -0,498, M_{s2} = 1,712,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = -1034,508 \text{ kN} > N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = -240,349 + (-4,370) + (-15,016) = -259,736 \text{ kN}$$



### 3. OBLICZENIA NADPROŻA 2

#### 3.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

##### 3.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*1,6	3,84	1,1

Zebranie obciążeń stałych od stropu

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*4,5	0,68	1,2
Styropapa 0,08*4,5	0,36	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*4,5	0,36	1,2
Papa perforowana 0,15*4,5	0,68	1,2
Strop gęstożebrowy RECTOR 5,0*4,5	3,68	1,1
Tynk gipsowy na siatce 0,22*4,5	0,99	1,3
Sufit podwieszany 0,3*4,5	1,35	1,2

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od stropu

$$q=1,0*4,5=4,5 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na stropie (II strefa)

$$C_1=0,8$$

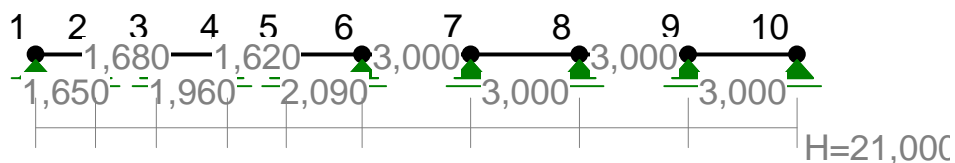
$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k= Q_k * C_1 = 0,9 * 0,8 * 4,5 = 3,24 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,5$$

### 3.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:



OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	A "St_1,1"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
1	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	1,65
2	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	1,68
3	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	1,96
4	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	1,62
5	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	2,09
6	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	3,00
7	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	3,00
9	Liniowe	0,0	26,340	26,340	0,00	3,00
Grupa:	B "St_1,2"			Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	1,65
2	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	1,68
3	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	1,96
4	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	1,62
5	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	2,09
6	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	3,00
7	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	3,00
9	Liniowe	0,0	3,430	3,430	0,00	3,00
Grupa:	C "St_1,3"			Stałe	$\gamma_f = 1,30$	
1	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	1,65
2	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	1,68
3	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	1,96
4	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	1,62
5	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	2,09
6	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	3,00
7	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	3,00
9	Liniowe	0,0	0,990	0,990	0,00	3,00
Grupa:	D "Zm_1,4"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	1,65
2	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	1,68
3	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	1,96
4	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	1,62
5	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	2,09
6	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	3,00
7	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	3,00
8	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	3,00
9	Liniowe	0,0	4,500	4,500	0,00	3,00

**MOMENTY:**

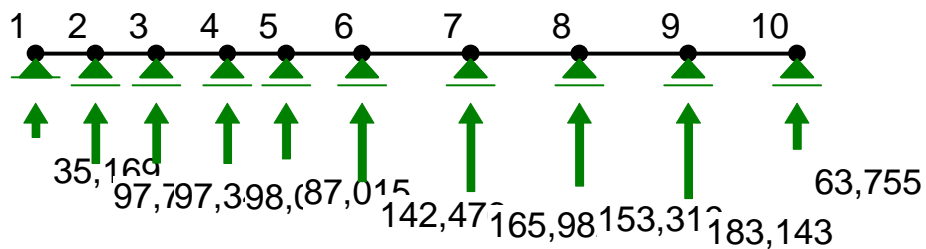


27

6	0,00	0,000	-32,397	76,685	0,000
	0,48	1,430	<b>22,605*</b>	0,258	0,000
	1,00	3,000	-42,898	-83,686	0,000
7	0,00	0,000	-42,898	82,296	0,000
	0,51	1,535	<b>20,448*</b>	0,231	0,000
	1,00	3,000	-36,567	-78,075	0,000
8	0,00	0,000	-36,567	75,244	0,000
	0,47	1,406	<b>16,388*</b>	0,070	0,000
	1,00	3,000	-51,391	-85,127	0,000
9	0,00	0,000	-51,391	98,016	0,000
	0,60	1,805	<b>38,018*</b>	0,143	0,000
	1,00	3,000	0,000	-63,755	0,000

\* = Wartości ekstremalne

#### REAKCJE PODPOROWE:



T.I rzędu

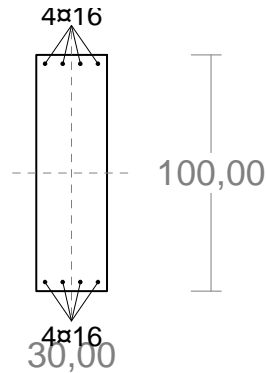
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDE

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	35,169	35,169	
2	0,000	97,771	97,771	
3	0,000	97,347	97,347	
4	0,000	98,020	98,020	
5	0,000	87,015	87,015	
6	0,000	142,476	142,476	
7	0,000	165,982	165,982	
8	0,000	153,319	153,319	
9	0,000	183,143	183,143	
10	0,000	63,755	63,755	

### 3.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

pręt nr 9, przekrój:  $x_a=1,50$  m,  $x_b=1,50$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=100,0, \quad b=30,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck}=20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=3000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=2500000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=225000 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIIN (RB 500)**

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$$

$$00)=0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=16,08 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 16,08/3000=0,54 \%,$$

$$J_{sx}=34332 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=1121 \text{ cm}^4,$$

#### Siły przekrojowe:

pręt nr 9, przekrój:  $x_a=1,50$  m,  $x_b=1,50$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDE**

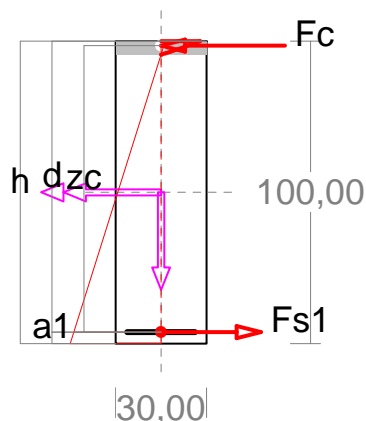
$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -35,494 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = 17,830 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd},$$

#### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 9, przekrój:  $x_a=1,82$  m,  $x_b=1,18$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-38,011)^2 + 0,000^2} = 38,011 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=0,96 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=0,96 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 0,96/3000=0,03 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, \quad d=96,2, \quad x=4,5 \quad (\xi=0,047),$$

$$a_1=3,8, \quad a_c=1,5, \quad z_c=94,7, \quad A_{cc}=134 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,49 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -40,150, \quad F_{s1} = 40,150,$$

$$M_c = 19,462, M_{s1} = 18,549,$$

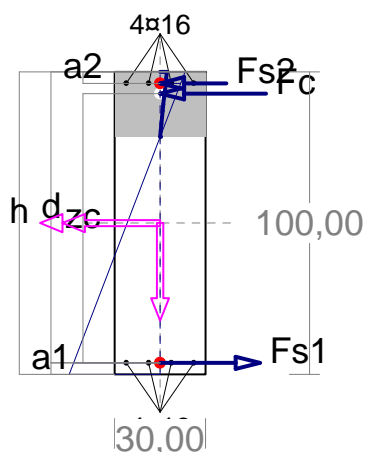
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -40,150 + (40,150) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 19,462 + (18,549) = 38,011 \text{ kNm} (M_{sd} = 38,011 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 9, przekrój:  $x_a = 1,82 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,18 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = 0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-38,011^2 + 0,000^2)} = 38,011 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 16,08 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 16,08 / 3000 = 0,54 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 100,0, d = 96,2, x = 21,6 (\xi = 0,224),$$

$$a_1 = 3,8, a_2 = 3,8, a_c = 7,2, z_c = 89,0, A_{cc} = 647 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,08 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,06 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 0,26 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -32,260, F_{s1} = 42,327, F_{s2} = -10,067,$$

$$M_c = 13,805, M_{s1} = 19,555, M_{s2} = 4,651,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 312,158 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 13,805 + (19,555) + (4,651) = 38,011 \text{ kNm}$$

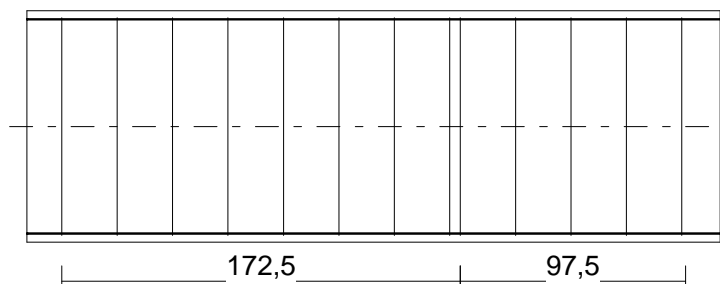
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 9

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 15,0 \text{ } x_b = 187,5 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \text{ } s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400 \text{ mm}$ .

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00140} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 187,5 \quad x_b = 285,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 400 \text{ mm}$ .

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

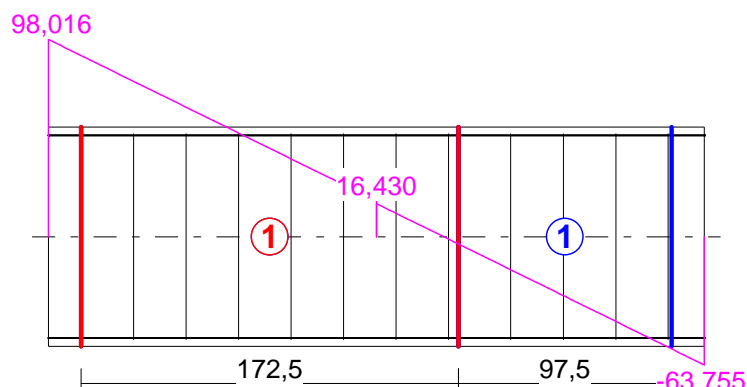
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00140} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

## **Ścinanie**

pręt nr 9.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 15,0 \quad x_b = 187,5 \text{ cm}$

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$$V_{Sd \max} = 89,997 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 89,997 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0 \times 96,2} = 0,00279; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00279$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 3107,23 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000 \text{ MPa}$ .

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d =$$

$$= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00279) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 96,2 \times 10^{-1} = 132,471 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 89,997 < 132,471 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{89,997} < \mathbf{132,471} = V_{Rd1}$$

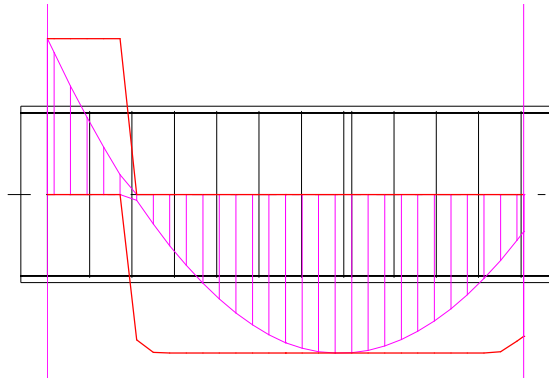
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 86,6 \times 10^{-1} = 953,454 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{89,997} < \mathbf{953,454} = V_{Rd2}$$

## Nośność zbrojenia podłużnego

pręt nr 9.



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,844 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 52,912 \times (1,182) = 31,263 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 13,672 + 31,263 = 44,935 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 42,315 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 42,315 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{42,315} < \mathbf{337,784} = 8,04 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

pręt nr 9,

Położenie przekroju:

$$x = 0,844 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 10,459 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 45,115 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 100,0 - 3,8 = 96,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 3000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 50000 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych pryzycznymi zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$



$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1500 / 240 = 5,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 8,04 > 5,50 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 10,459 < 110,000 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

pręt nr 9

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

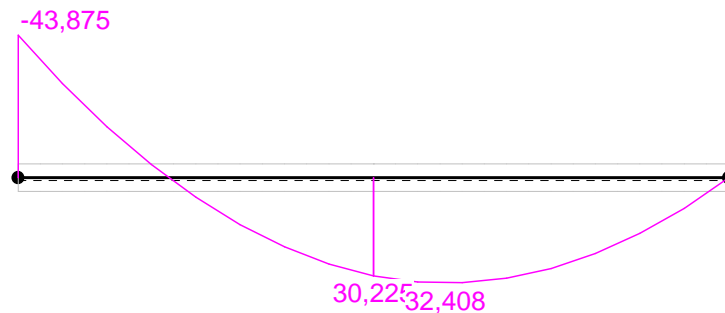
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -43,875 \text{ kN}$  nie powoduje zarysowania przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

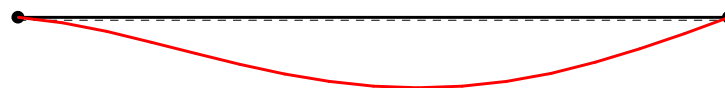
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -43,875 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 50,0 \text{ cm}$   $I_I = 3186647 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_I = 10000 \times 3186647 \times 10^{-5} = 318665 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,688 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 15,0 = a_{lim}$$

## 4. OBLICZENIA NADPROŻA 3

### 4.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 3

#### 4.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*1,6	3,84	1,1

Zebranie obciążeń stałych od stropu

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*3,0	0,45	1,2
Styropapa 0,08*3,0	0,24	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*3,0	0,24	1,2
Papa perforowana 0,15*3,0	0,45	1,2
Strop gęstożebrowy RECTOR 4,5*3,0	13,5	1,1
Tynk gipsowy na siatce 0,22*3,0	0,66	1,3
Sufit podwieszany 0,3*3,0	0,90	1,2

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od stropu

$$q=1,0*3,0=3 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na stropie (II strefa)

$$C_1=0,8$$

$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k*C_1=0,9*0,8*3,0=2,16 \text{ kN/m}$$

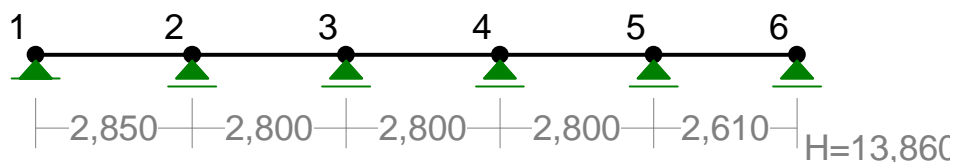
$$\gamma=1,5$$

## Zebranie obciążeń od wspornika

$q=37,9 \text{ kN/m}$

### 4.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:



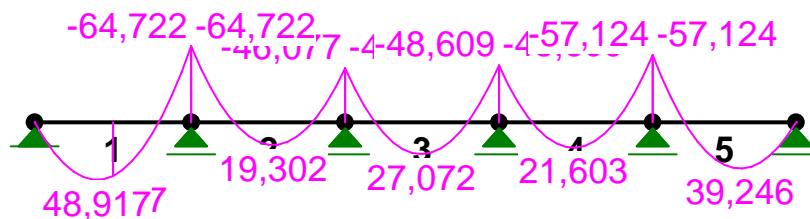
OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

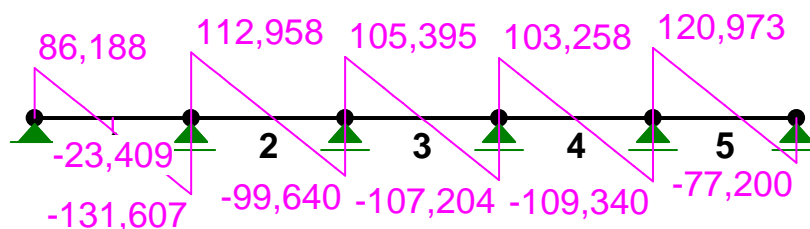
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa: A	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
1	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	2,85
2	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	2,61
Grupa: B	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	2,85
2	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	2,61
Grupa: C	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
1	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	2,85
2	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	2,61
Grupa: D	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,85
2	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,61
Grupa: E	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	2,85
1	Skupione	0,0	1,000		1,43	
2	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	2,61
Grupa: F	" "			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	

1	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,85
2	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,80
3	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,80
4	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,80
5	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	2,61

#### MOMENTY:



#### TNĄCE:



#### SIŁY PRZEKROJOWE:

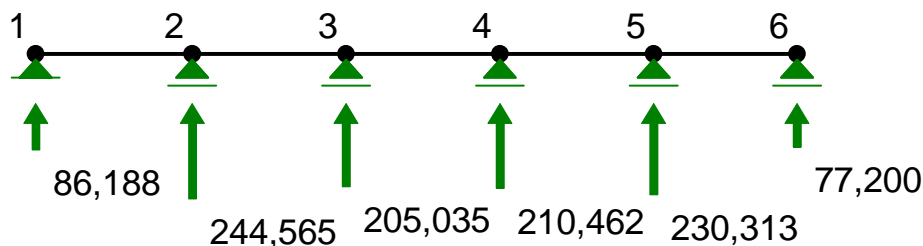
T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDEF

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	86,188	0,000
	0,40	1,136	<b>48,917*</b>	-0,032	0,000
	1,00	2,850	-64,722	-131,607	0,000
2	0,00	0,000	-64,722	112,958	0,000
	0,53	1,487	<b>19,302*</b>	0,015	0,000
	1,00	2,800	-46,077	-99,640	0,000
3	0,00	0,000	-46,077	105,395	0,000
	0,50	1,389	<b>27,072*</b>	-0,074	0,000
	1,00	2,800	-48,609	-107,204	0,000
4	0,00	0,000	-48,609	103,258	0,000
	0,48	1,356	<b>21,603*</b>	0,281	0,000
	1,00	2,800	-57,124	-109,340	0,000
5	0,00	0,000	-57,124	120,973	0,000
	0,61	1,590	<b>39,246*</b>	0,211	0,000
	1,00	2,610	-0,000	-77,200	0,000

\* = Wartości ekstremalne

## REAKCJE PODPOROWE:



T.I rzędu

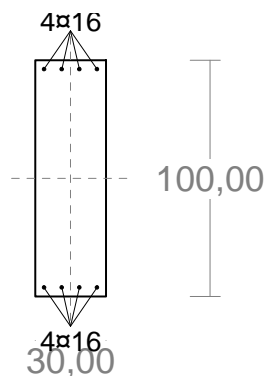
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDEF

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	86,188	86,188	
2	0,000	244,565	244,565	
3	0,000	205,035	205,035	
4	0,000	210,462	210,462	
5	0,000	230,313	230,313	
6	0,000	77,200	77,200	

### 4.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,42$  m,  $x_b=1,43$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=100,0$ ,  $b=30,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=3000$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=2500000$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=225000$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIN (RB 500)**

$f_{yk}=500$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=420$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000$

$00)=0,625$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=16,08$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 16,08/3000=0,54$  %,

$J_{sx}=34332$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=1121$  cm<sup>4</sup>,

#### Siły przekrojowe:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,42$  m,  $x_b=1,43$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDEF**

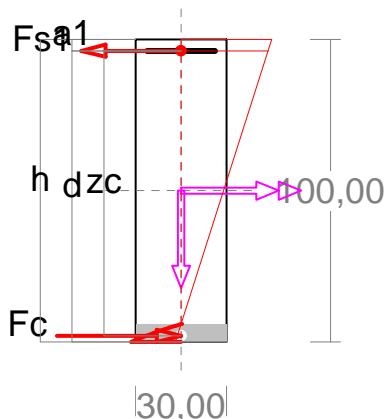
Momenty zginające:  $M_x = -45,727$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = -22,009$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd}, .$

### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,85 \text{ m}$ ,  $x_b=0,00 \text{ m}$ )



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(64,722^2 + 0,000^2)} = 64,722 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=1,64 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \Rightarrow (3 \times 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,64 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 1,64/3000=0,05 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, d=96,2, x=5,9 (\xi=0,061), \\ a_1=3,8, a_c=2,0, z_c=94,2, A_{cc}=177 \text{ cm}^2, \\ \epsilon_c=-0,65 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -68,729, F_{s1} = 68,729,$$

$$M_c = 32,969, M_{s1} = 31,753,$$

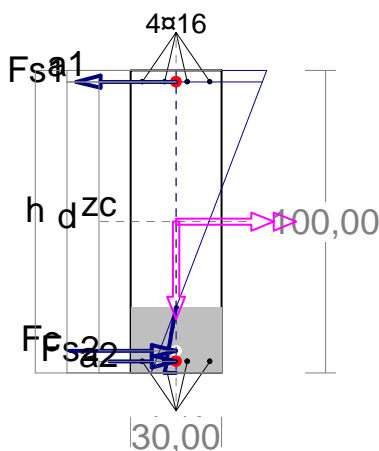
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -68,729 + (68,729) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 32,969 + (31,753) = 64,722 \text{ kNm} (M_{sd}=64,722 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,85 \text{ m}$ ,  $x_b=0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(64,722^2 + 0,000^2)} = 64,722 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=8,04 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=8,04 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=16,08 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 16,08/3000=0,54 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, d=96,2, x=21,6 (\xi=0,225),$$

$$a_1=3,8, a_2=3,8, a_c=7,2, z_c=89,0, A_{cc}=649 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,13 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,11 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=0,45 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -54,860, F_{s1} = 72,093, F_{s2} = -17,233,$$

$$M_c = 23,454, M_{s1} = 33,307, M_{s2} = 7,961,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 312,158 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 23,454 + (33,307) + (7,961) = 64,722 \text{ kNm}$$

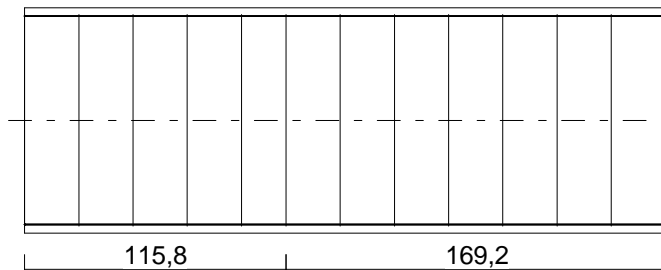
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8$  mm ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 115,8$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 400$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$
$$\rho_w = 0,00140 > 0,00072 = \rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 115,8$   $x_b = 285,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 400$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

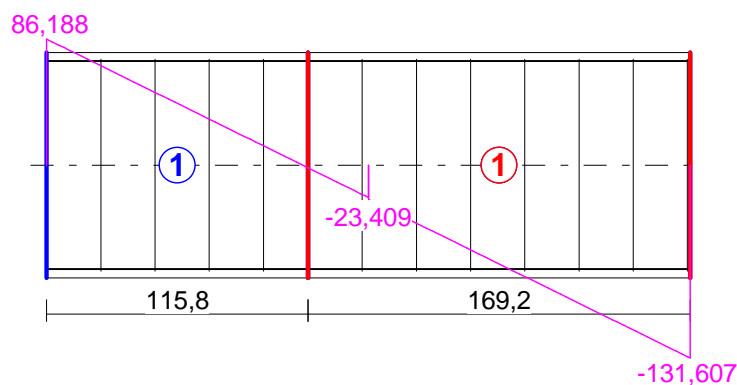
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140$$
$$\rho_w = 0,00140 > 0,00072 = \rho_{w,min}$$

### Ścinanie

pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 115,8$   $x_b = 285,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$V_{Sd \max} = -131,607$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -58,564$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0 \times 96,2} = 0,00279; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00279$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 3107,23 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00279) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 96,2 \times 10^{-1} = \\ &132,471 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 58,564 < 132,471 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 58,564 < 132,471 = V_{Rd1}$$

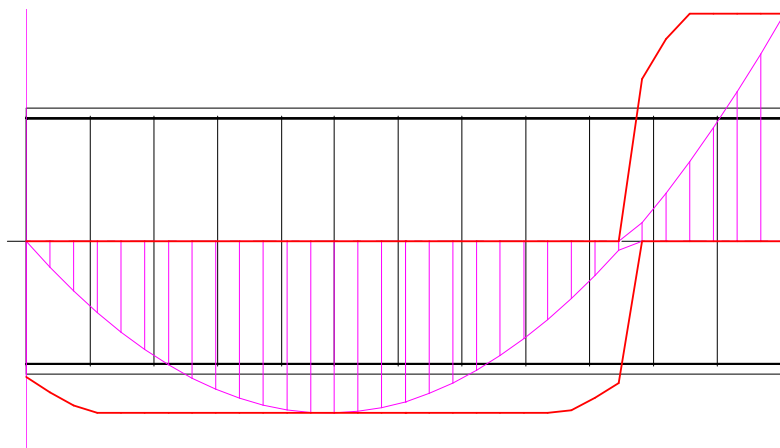
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 86,6 \times 10^{-1} = 953,454 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 131,607 < 953,454 = V_{Rd2}$$

### **Nośność zbrojenia podłużnego**

pręt nr 1.





Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,494$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times -104,558 \times (1,000) = 52,279 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 25,224 + 52,279 = 77,502 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 72,093 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 72,093 \text{ kN}$

$$F_{td} = 72,093 < 337,784 = 8,04 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 2,494 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -21,025 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = -96,957 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 100,0 - 3,8 = 96,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 3000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 50000 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1500 / 240 = 5,50 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 8,04 > 5,50 = A_s$$

## Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 21,025 < 110,000 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

## Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

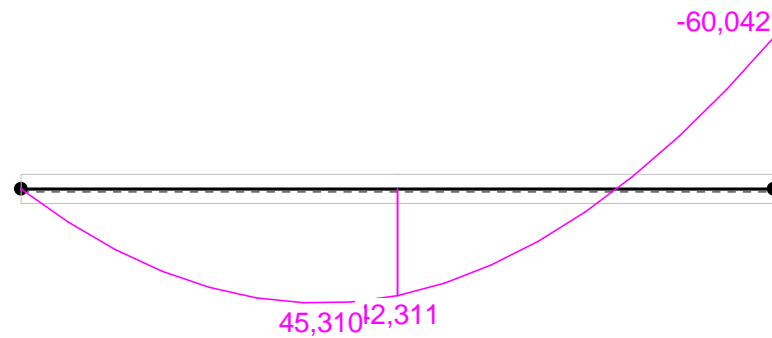
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -60,042 \text{ kN}$  nie powoduje zarysowania przekroju.

## Szttywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

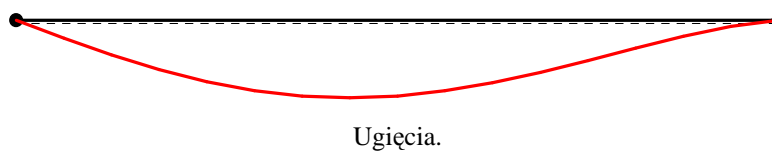
Sztynność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -60,042 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 50,0 \text{ cm}$   $I_I = 3186647 \text{ cm}^4$

$$B = E_{c,eff} I_I = 10000 \times 3186647 \times 10^{-5} = 318665 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,247 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 14,3 = a_{lim}$$

## 5. OBLICZENIA NADPROŻA 4

### 5.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 4

#### 5.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*1,6	3,84	1,1

Zebranie obciążeń stałych od stropu

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*3,0	0,45	1,2
Styropapa 0,08*3,0	0,24	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*3,0	0,24	1,2
Papa perforowana 0,15*3,0	0,45	1,2
Strop gęstożebrowy RECTOR 4,5*3,0	13,5	1,1
Tynk gipsowy na siatce 0,22*3,0	0,66	1,3
Sufit podwieszany 0,3*3,0	0,90	1,2

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od stropu

$$q=1,0*3,0=3 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na stropie (II strefa)

$$C_1=0,8$$

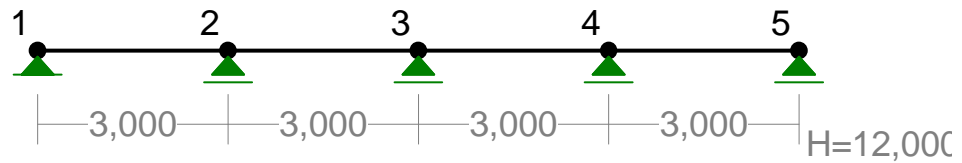
$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k*C_1=0,9*0,8*3,0=2,16 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,5$$

### 5.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

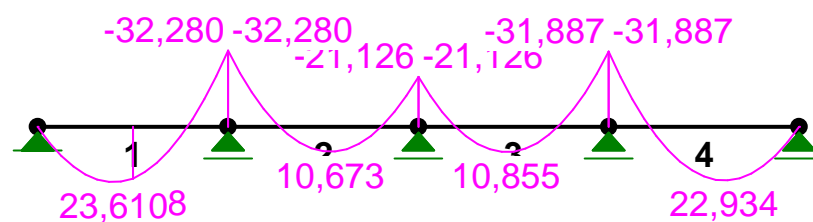


OBCIĄŻENIA:

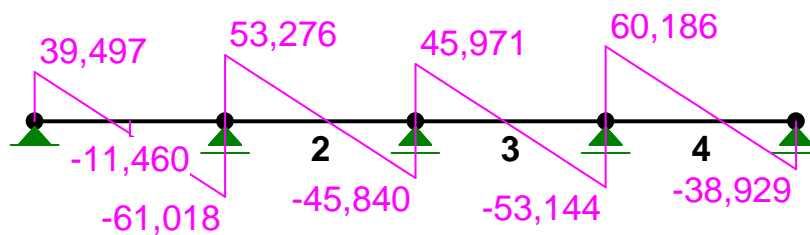
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	A	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
1	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,00
2	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,00
4	Liniowe	0,0	17,340	17,340	0,00	3,00
Grupa:	B	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,20$	
1	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,00
2	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,00
4	Liniowe	0,0	2,280	2,280	0,00	3,00
Grupa:	C	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,30$	
1	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,00
2	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,00
4	Liniowe	0,0	0,660	0,660	0,00	3,00
Grupa:	D	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,00
1	Skupione	0,0	1,000		1,50	
2	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,00
4	Liniowe	0,0	3,000	3,000	0,00	3,00
Grupa:	E	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
2	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
3	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
4	Liniowe	0,0	2,160	2,160	0,00	3,00
-----						

MOMENTY:



TNĄCE:



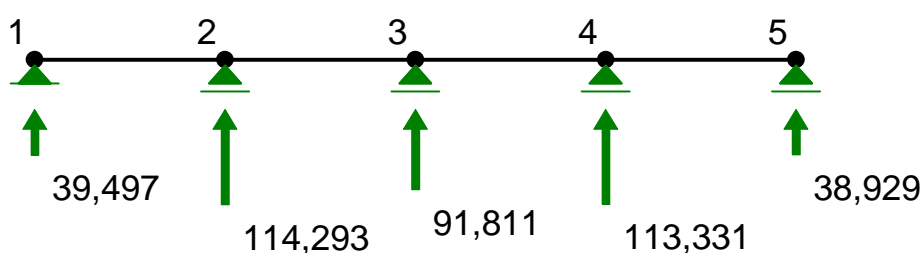
SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCDE

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	39,497	0,000
	0,40	1,195	<b>23,610*</b>	0,006	0,000
	1,00	3,000	-32,280	-61,018	0,000
2	0,00	0,000	-32,280	53,276	0,000
	0,54	1,617	<b>10,674*</b>	-0,154	0,000
	1,00	3,000	-21,126	-45,840	0,000
3	0,00	0,000	-21,126	45,971	0,000
	0,46	1,395	<b>10,856*</b>	-0,102	0,000
	1,00	3,000	-31,887	-53,144	0,000
4	0,00	0,000	-31,887	60,186	0,000
	0,61	1,816	<b>22,934*</b>	0,175	0,000
	1,00	3,000	0,000	-38,929	0,000

\* = Wartości ekstremalne

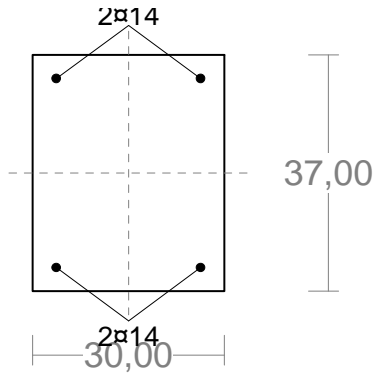
REAKCJE PODPOROWE:



### 5.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,50$  m,  $x_b=1,50$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=37,0, \quad b=30,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck}=20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=1110 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=126632 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=83250 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIIN (RB 500)**

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$$

$$00)=0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=6,16 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 6,16/1110=0,55 \%,$$

$$J_{sx}=1349 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=786 \text{ cm}^4.$$

#### Siły przekrojowe:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,50$  m,  $x_b=1,50$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCDE**

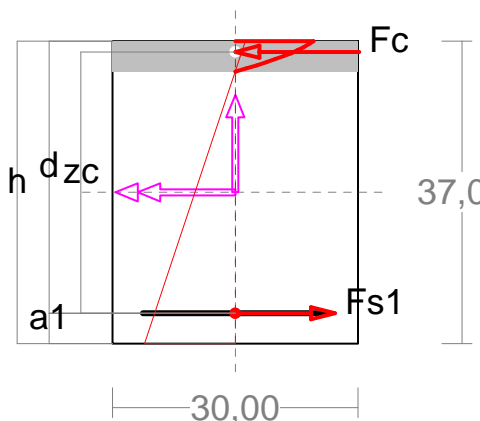
$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -22,078 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = -10,060 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd},$$

#### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,18$  m,  $x_b=1,82$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-23,603^2 + 0,000^2)} = 23,603 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=1,76 \text{ cm}^2 \Rightarrow (2\phi 14 = 3,08 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=1,76 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 1,76/1110=0,16 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=37,0, \quad d=33,3, \quad x=3,7 \quad (\xi=0,112),$$

$$a_1=3,7, \quad a_c=1,3, \quad z_c=32,0, \quad A_{cc}=112 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-1,26 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -73,813, \quad F_{s1} = 73,813,$$

$$M_c = 12,679, \quad M_{s1} = 10,924,$$

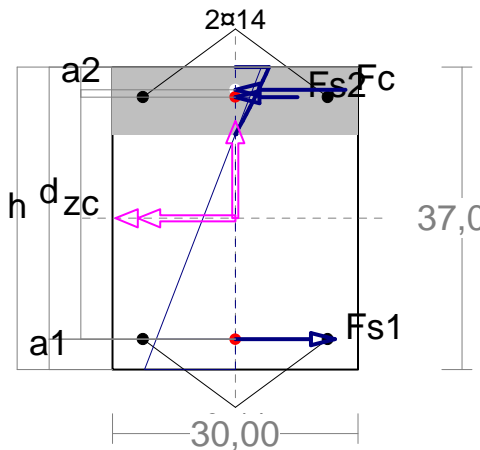
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -73,813 + (73,813) = -0,000 \text{ kN} (N_{Sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 12,679 + (10,924) = 23,603 \text{ kNm} (M_{Sd} = 23,603 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 1,18 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,82 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx})^2 + (M_{Sdy})^2} = \sqrt{(-23,603)^2 + 0,000^2} = 23,603 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 3,08 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 3,08 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 6,16 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 6,16 / 1110 = 0,55 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 37,0, d = 33,3, x = 8,2 (\xi = 0,248),$$

$$a_1 = 3,7, a_2 = 3,7, a_c = 2,8, z_c = 30,5, A_{cc} = 247 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,42 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,23 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 1,26 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -63,685, F_{s1} = 77,805, F_{s2} = -14,120,$$

$$M_c = 9,998, M_{s1} = 11,515, M_{s2} = 2,090,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 40,473 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 9,998 + (11,515) + (2,090) = 23,603 \text{ kNm}$$

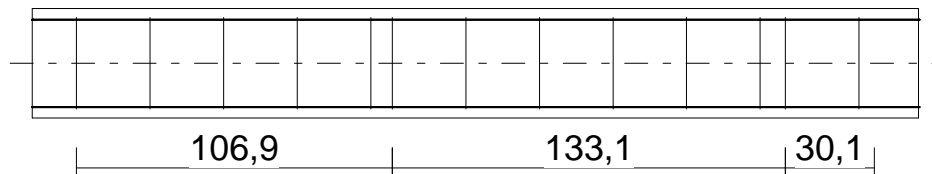
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 15,0 \text{ } x_b = 121,9 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 333 = 250 \text{ } s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 250 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,9 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,9 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00135$$

$$\rho_w = 0,00135 > 0,00072 = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 121,9$   $x_b = 254,9$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 333 = 250 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 250$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,9** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,9 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00135$$

$$\rho_w = 0,00135 > 0,00072 = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 254,9$   $x_b = 285,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 333 = 250 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 250$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,9** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

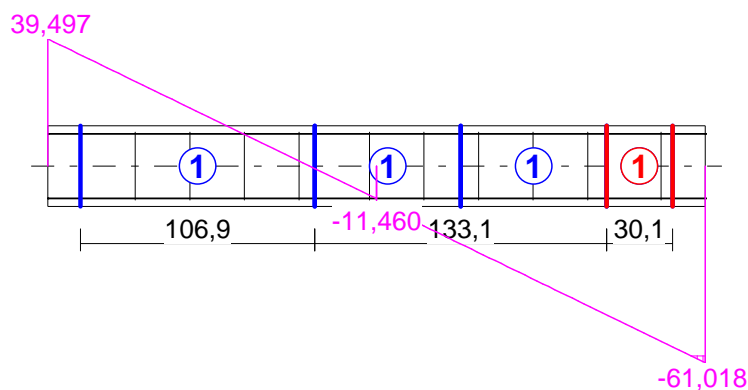
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,9 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00135$$

$$\rho_w = 0,00135 > 0,00072 = \rho_{w \min}$$

## **Ścinanie**

pręt nr 1

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 254,9$   $x_b = 285,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{sd} = 0,000$ ;

$$V_{sd \max} = -56,062 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{sd} = -56,062 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,08}{30,0 \times 33,3} = 0,00308; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00308$ .

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_C = 0,000 / 1151,05 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$



Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000$  MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,27 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00308) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 33,3 \times 10^{-1} = \\ 58,761 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 56,062 < 58,761 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

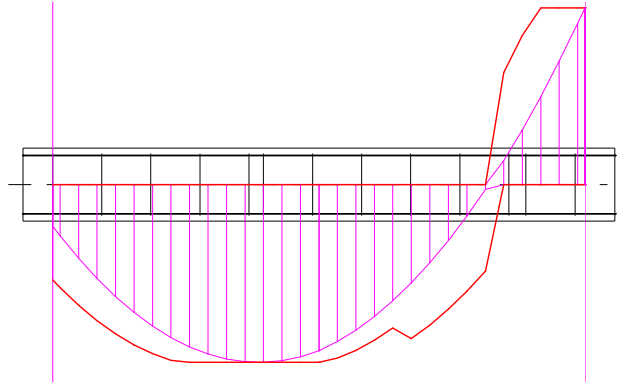
$$V_{Sd} = \mathbf{56,062} < \mathbf{58,761} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 30,0 \times 10^{-1} = 330,042 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{56,062} < \mathbf{330,042} = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego



pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,844$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 11,621 \times (1,359) = 7,899 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 71,064 + 7,899 = 78,963 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 77,796 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 77,796 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{77,796} < \mathbf{129,308} = 3,08 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 1,219 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 19,983 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = -0,730 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 37,0 - 3,7 = 33,3 \text{ cm}$$

$$A_c = 1110 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6845 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$

$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 555 / 260 = 1,88 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{3,08} > \mathbf{1,88} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 6845 \times 10^{-3} = 15,059 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 19,983 > 15,059 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 3,08 / 278 = 0,01109$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 14 / 0,01109 = 176,19$$

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$

$$= 215,051 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (15,059 / 19,983)^2] = 0,00077$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 176,19 \times 0,00077 = 0,23 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,23} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 6845 \times 10^{-3} = 15,059 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -27,402 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -27,402 \text{ kNm}$ .

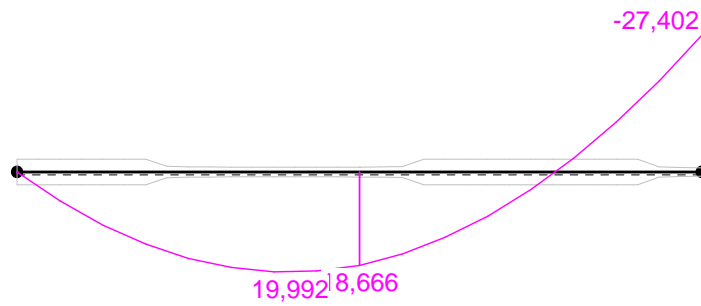
Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 18,5 \text{ cm} \quad I_I = 153607 \text{ cm}^4$$

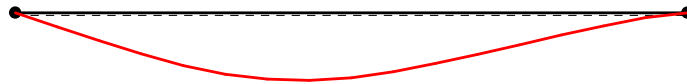
$$x_{II} = 8,9 \text{ cm} \quad I_{II} = 45374 \text{ cm}^4$$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$

$$= \frac{10000 \times 45374}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (15,059 / 27,402)^2 \times (1 - 45374 / 153607)} \times 10^{-5} = 5078 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,313$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 2,1 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{2,1} < \mathbf{15,0} = a_{\text{lim}}$$

## 6. OBLICZENIA NADPROŻA 5

### 6.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE NADPROŻA 5

#### 6.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

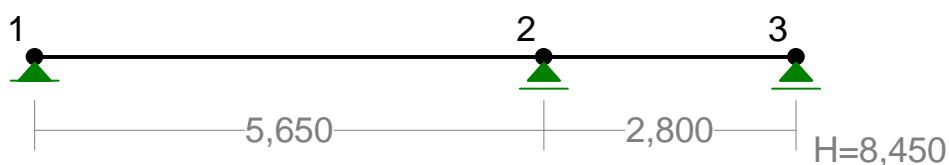
	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*1,6	3,84	1,1

Zebranie obciążeń od wspornika

$q=37,9 \text{ kN/m}$

#### 6.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

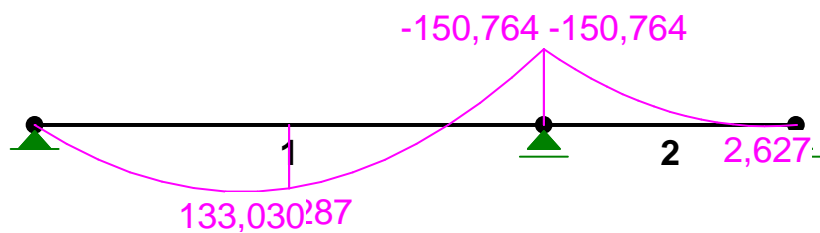


OBCIĄŻENIA:

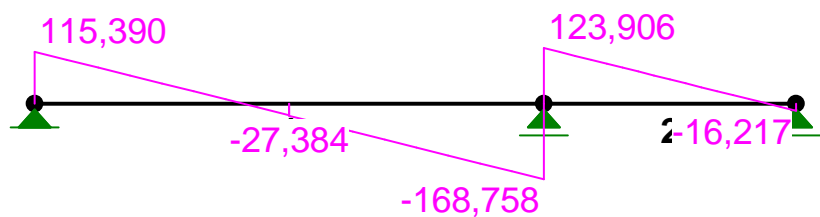
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
-----						
Grupa:	A "Mur"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
1	Linowe	0,0	3,840	3,840	0,00	5,65
2	Linowe	0,0	3,840	3,840	0,00	2,80
Grupa:	B "Wspornik"			Stałe	$\gamma_f = 1,00$	
1	Linowe	0,0	37,900	37,900	0,00	5,65
2	Linowe	0,0	37,900	37,900	0,00	2,80
Grupa:	C ""			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Skupione	0,0	1,000		2,83	
-----						

## MOMENTY:



## TNĄCE:



## SIŁY PRZEKROJOWE:

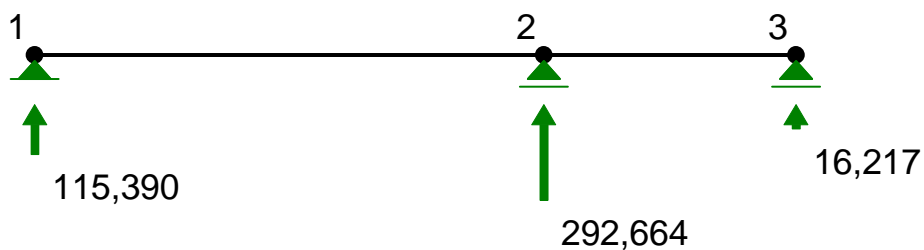
: T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	115,390	0,000
	0,41	2,295	<b>133,030*</b>	0,524	0,000
	1,00	5,650	-150,764	-168,758	0,000
2	0,00	0,000	-150,764	123,906	0,000
	0,88	2,472	<b>2,627*</b>	0,203	0,000
	1,00	2,800	0,000	-16,217	0,000

\* = Wartości ekstremalne

\* = Wartości ekstremalne

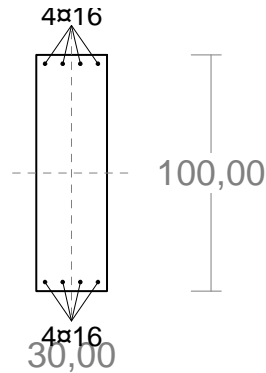
## REAKCJE PODPOROWE:



### 6.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,83$  m,  $x_b=2,83$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=100,0, \quad b=30,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck}=20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=3000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=2500000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=225000 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIN (RB 500)**

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$$

$$00)=0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=16,08 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 16,08/3000=0,54 \%,$$

$$J_{sx}=34332 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=1121 \text{ cm}^4.$$

#### Siły przekrojowe:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,83$  m,  $x_b=2,83$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

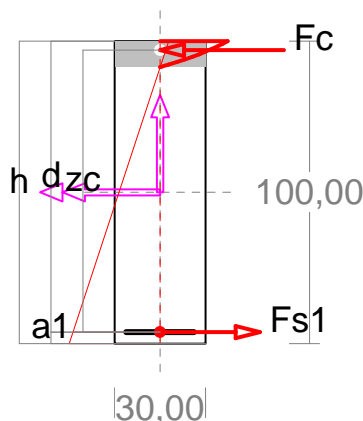
$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -126,287 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = -25,984 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd},$$

#### Zbrojenie wymagane:

(pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,29$  m,  $x_b=3,36$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-133,026^2 + 0,000^2)} = 133,026 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=3,40 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=4,33 \text{ cm}^2, \Rightarrow (3\phi 16 = 6,03 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,40 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 3,40/3000=0,11 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=100,0, \quad d=96,2, \quad x=8,7 (\xi=0,090),$$

$$a_1=3,8, \quad a_c=3,0, \quad z_c=93,2, \quad A_{cc}=260 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,99 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -142,777, \quad F_{s1} = 142,777,$$

$$M_c = 67,063, M_{s1} = 65,963,$$

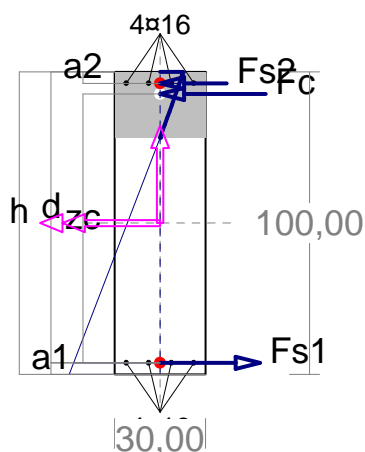
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -142,777 + (142,777) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 67,063 + (65,963) = 133,026 \text{ kNm} (M_{sd} = 133,026 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 2,29 \text{ m}$ ,  $x_b = 3,36 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = 0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-133,026)^2 + 0,000^2} = 133,026 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 8,04 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 16,08 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c =$$

$$100 \times 16,08 / 3000 = 0,54 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 100,0, d = 96,2, x = 21,8 (\xi = 0,227),$$

$$a_1 = 3,8, a_2 = 3,8, a_c = 7,4, z_c = 88,8, A_{cc} = 654 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,27 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,22 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 0,92 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -112,378, F_{s1} = 148,295, F_{s2} = -35,917,$$

$$M_c = 47,921, M_{s1} = 68,512, M_{s2} = 16,594,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 312,159 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 47,921 + (68,512) + (16,594) = 133,026 \text{ kNm}$$

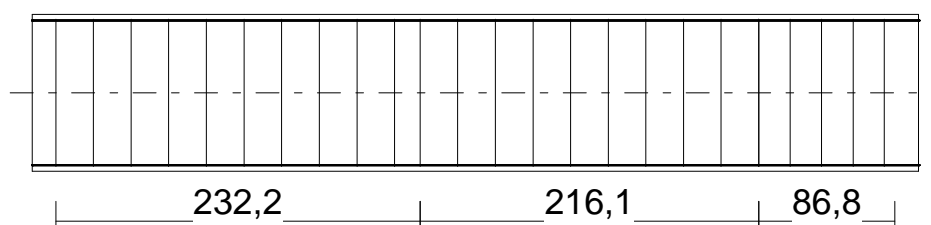
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 15,0 \quad x_b = 247,2 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 400 \text{ mm.}$$

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140 \\ \rho_w = \mathbf{0,00140} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 247,2 \quad x_b = 463,2 \text{ cm}$

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 400 \text{ mm.}$$

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (24,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00140 \\ \rho_w = \mathbf{0,00140} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 463,2 \quad x_b = 550,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 962 = 722 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm} \\ \text{przyjęto } s_{\max} = 400 \text{ mm.}$$

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0 \text{ mm}$ .

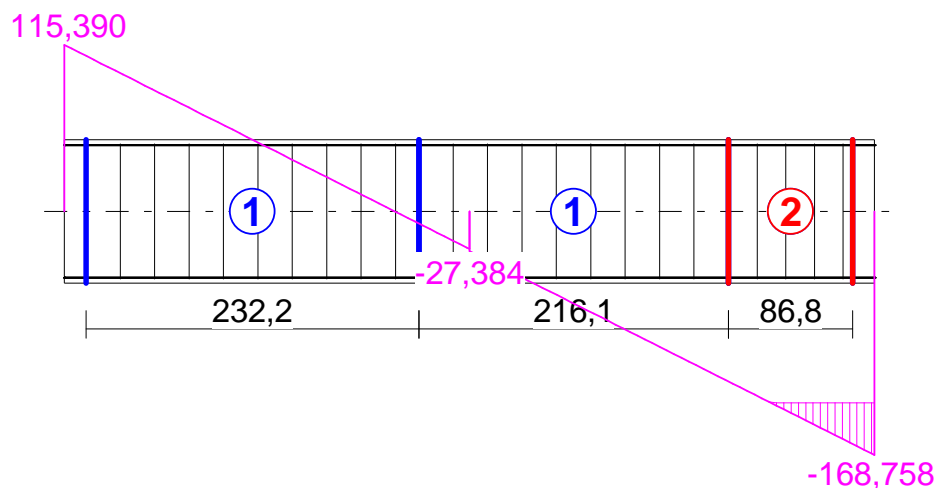
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (20,0 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00168 \\ \rho_w = \mathbf{0,00168} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.





### Odcinek nr 3

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 463,2$   $x_b = 550,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;  
 $V_{Sd \max} = -161,252$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -161,252$  kN

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{30,0 \times 96,2} = 0,00279; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00279$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 3107,23 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,00 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00279) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 96,2 \times 10^{-1} = \\ &132,471 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 161,252 > 132,471 = V_{Rd1}$$

### Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 29,5^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$\Delta V_{Rd} = \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z \cos \alpha \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

$$\Delta V_{Rd} \leq v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} \frac{\cot \alpha}{2 \cot \theta + \cot \alpha} \times 10^{-1} = 0 \text{ kN}$$

Przyjęto  $\Delta V_{Rd} = 0,000$  kN.

$$\begin{aligned} V_{Rd2} &= v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} = \\ &= 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 86,6 \frac{1,764}{1 + 1,764^2} \times 10^{-1} + 0,000 = 818,006 \text{ kN} \end{aligned}$$

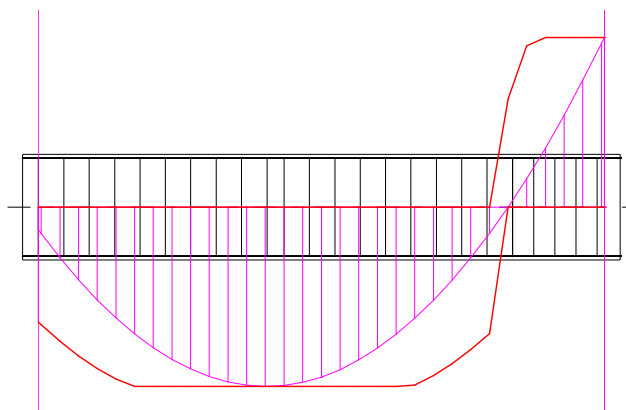
$$V_{Sd} = 161,252 < 818,006 = V_{Rd2}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd3} &= V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha = \\ &= \frac{1,01 \times 210}{20,0} 86,6 \times 1,764 \times 10^{-1} = 161,252 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 161,252 < 161,252 = V_{Rd3}$$

## Nośność zbrojenia podłużnego

pręt nr 1



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,059$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 62,375 \times (1,417) = 44,179 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 104,919 + 44,179 = 149,098 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 148,299 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 148,299 \text{ kN}$

$$F_{td} = 148,299 < 337,784 = 8,04 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 5,500 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -123,006 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = -157,463 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 100,0 - 3,8 = 96,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 3000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 50000 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1500 / 240 = 5,50 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 8,04 > 5,50 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 123,006 > 110,000 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 285 = 0,02822$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,02822 = 106,70$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 171,043 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (110,000 / 123,006)^2] = 0,00051 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 106,70 \times 0,00051 = 0,09 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,09} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,01}{20,0 \times 30,0} = 0,00168$$

$$\rho_{w2} = \frac{A_{s2}}{s_2 b_w \sin \alpha} = 0,00000$$

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00168 + 0,00000 = 0,00168$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00168 / (1,0 \times 8,0)]} = 1591,55$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{-157,463}{30,0 \times 96,2} \times 10 = 0,546 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} w_k &= \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,546^2 \times 1591,55}{0,00168 \times 200000 \times 20} = 0,28 \text{ mm} \\ w_k &= \mathbf{0,28} < \mathbf{0,3} = w_{lim} \end{aligned}$$

## Ugięcia

pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 50000 \times 10^{-3} = 110,000 \text{ kNm}$$

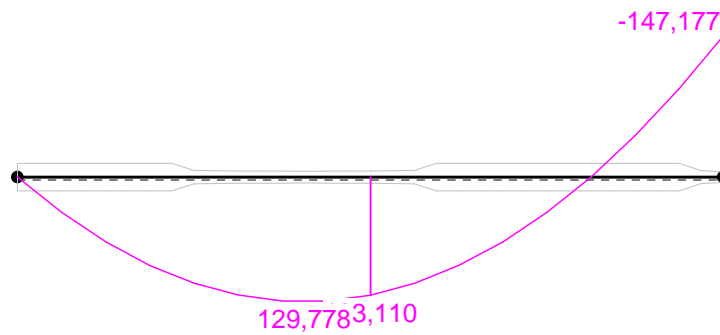
Całkowity moment zginający  $M_{sd} = -147,177 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = -147,177 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 50,0 \text{ cm}$   $I_I = 3186647 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 23,7 \text{ cm}$   $I_{II} = 1042283 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{10000 \times 1042283}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (110,000 / 147,177)^2 \times (1 - 1042283 / 3186647)} \times 10^{-5} = 128352 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,472$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 1,9 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{1,9} < \mathbf{28,3} = a_{\text{lim}}$$

## 7. OBLICZENIA STROPU ŻELBETOWEGO W MIEJSCACH WYŁAZU DACHOWEGO I ŚWIETLIKÓW

### 7.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE WYMIANU

#### 7.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od stropu

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
Papa wierzchniego krycia 0,15*2,78	0,42	1,2
Styropapa 0,08*2,78	0,22	1,2
Kliny spadkowe styropianowe 0,08*2,78	0,22	1,2
Papa perforowana 0,15*2,78	0,42	1,2
Tynk gipsowy na siatce 0,22*2,78	0,61	1,3
Sufit podwieszany 0,3*2,78	0,83	1,2
Strop żelbetowy 25*0,3*2,75	20,62	1,2

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od stropu

$$q=1,0*2,78=2,78 \text{ kN/m}$$

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na stropie (II strefa)

$$C_1=0,8$$

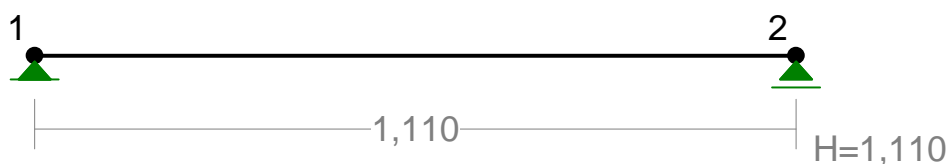
$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k*C_1=0,9*0,8*2,78=2,00 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,5$$

#### 7.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

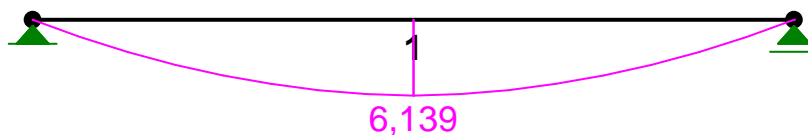
WĘZŁY:



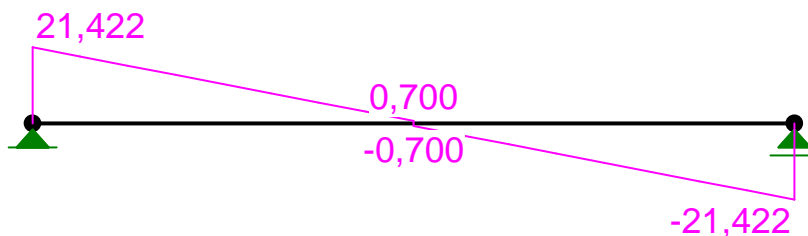
## OBCIĄŻENIA:

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	"St_1,2"			Stałe	$\gamma_f = 1,20$	
1	Linowe	0,0	22,730	22,730	0,00	1,11
Grupa: B	"St_1,3"			Stałe	$\gamma_f = 1,30$	
1	Linowe	0,0	0,610	0,610	0,00	1,11
Grupa: C	"Zm_1,4"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
1	Linowe	0,0	2,780	2,780	0,00	1,11
1	Skupione	0,0	1,000		0,56	
Grupa: D	"Zm_1,5"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe	0,0	2,000	2,000	0,00	1,11

## MOMENTY:



## TNĄCE:



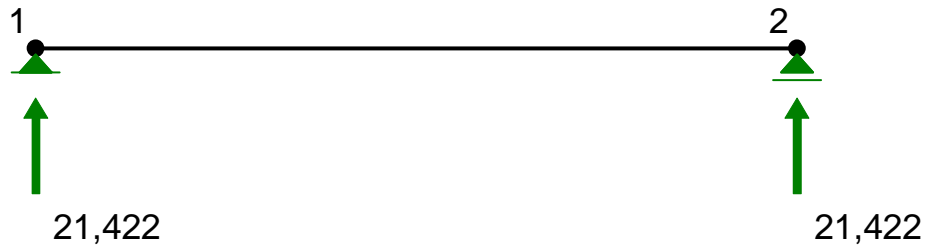
## SIŁY PRZEKROJOWE:

: T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABCD

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	21,422	0,000
	0,50	0,555	<b>6,139*</b>	0,700	0,000
	1,00	1,110	-0,000	-21,422	0,000

\* = Wartości ekstremalne

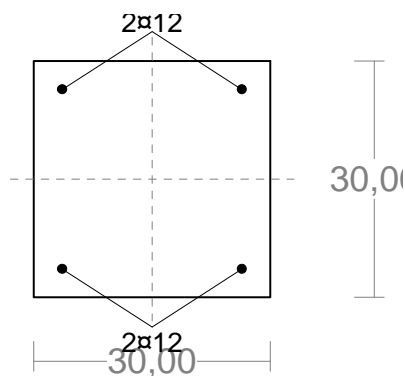
## REAKCJE PODPOROWE:



### 7.1.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

przekrój:  $x_a=0,56$  m,  $x_b=0,56$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$h=30,0$ ,  $b=30,0$ ,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$f_{ck}=20,0$  MPa,  $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$  MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=900$  cm<sup>2</sup>,  $J_{cx}=67500$  cm<sup>4</sup>,  $J_{cy}=67500$  cm<sup>4</sup>

**STAL: A-IIIIN (RB 500)**

$f_{yk}=500$  MPa,  $\gamma_s=1,15$ ,  $f_{yd}=420$  MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000$

$00)=0,625$ ,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=4,52$  cm<sup>2</sup>,  $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 4,52/900=0,50$  %,

$J_{sx}=588$  cm<sup>4</sup>,  $J_{sy}=588$  cm<sup>4</sup>,

#### Siły przekrojowe:

przekrój:  $x_a=0,56$  m,  $x_b=0,56$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABCD**

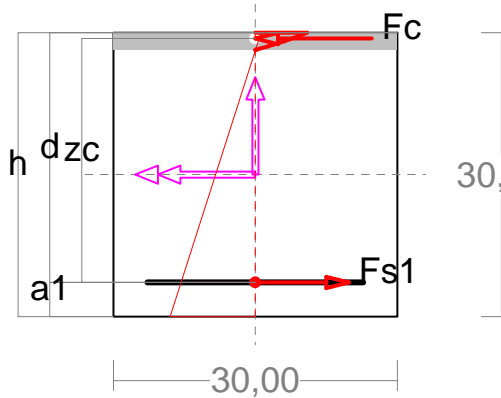
Momenty zginające:  $M_x = -6,139$  kNm,  $M_y = 0,000$  kNm,

Siły poprzeczne:  $V_y = 0,700$  kN,  $V_x = 0,000$  kN,

Siła osiowa:  $N = 0,000$  kN =  $N_{sd}$ , .

#### Zbrojenie wymagane:

(przekrój:  $x_a=0,56$  m,  $x_b=0,56$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-6,139^2 + 0,000^2)} = 6,139 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=0,57 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=1,19 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto}$$

$$A_{s1}=1,19 \text{ cm}^2, \Rightarrow (2 \times 12 = 2,26 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=0,57 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 0,57/900=0,06 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=26,4, x=1,8 (\xi=0,069), \\ a_1=3,6, a_c=0,6, z_c=25,8, A_{cc}=55 \text{ cm}^2, \\ \epsilon_c=-0,74 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -23,823, F_{s1} = 23,823,$$

$$M_c = 3,423, M_{s1} = 2,716,$$

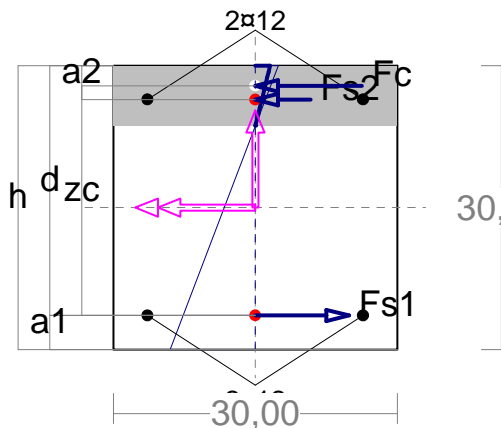
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -23,823 + (23,823) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 3,423 + (2,716) = 6,139 \text{ kNm} (M_{sd}=6,139 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

przekrój:  $x_a=0,56 \text{ m}, x_b=0,56 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-6,139^2 + 0,000^2)} = 6,139 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=2,26 \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=2,26 \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=4,52 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 4,52/900=0,50 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=26,4, x=6,4 (\xi=0,241),$$

$$a_1=3,6, a_2=3,6, a_c=2,1, z_c=24,3, A_{cc}=191 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,18 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,08 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=0,56 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -22,003, F_{s1} = 25,511, F_{s2} = -3,508,$$

$$M_c = 2,831, M_{s1} = 2,908, M_{s2} = 0,400,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 23,682 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 2,831 + (2,908) + (0,400) = 6,139 \text{ kNm}$$



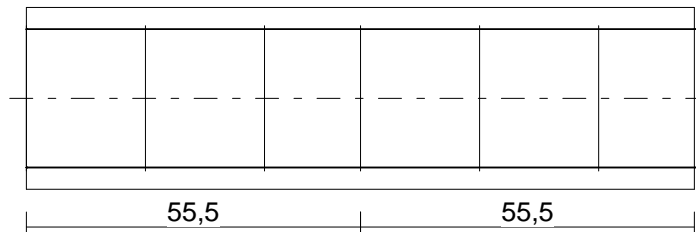
## Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8$  mm ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 55,5$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 198$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,8** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,8 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00169$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00169} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 55,5$   $x_b = 111,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 198$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,8** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

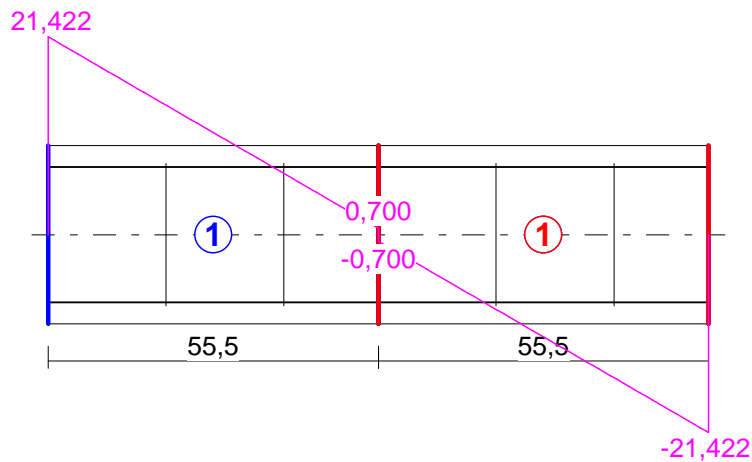
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,8 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00169$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00169} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 55,5$   $x_b = 111,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$V_{Sd \max} = -21,422$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -11,565$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{2,26}{30,0 \times 26,4} = 0,00286; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00286$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 930,16 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,34 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00286) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 26,4 \times 10^{-1} = \\ &48,817 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 11,565 < 48,817 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

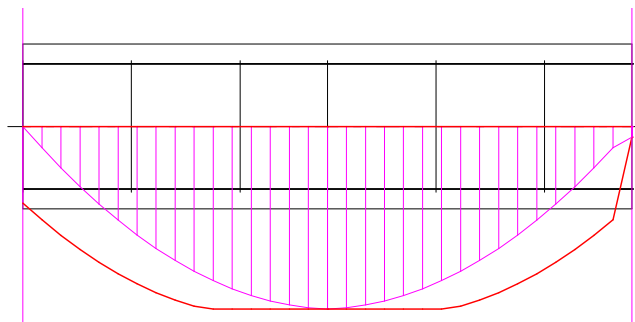
$$V_{Sd} = 11,565 < 48,817 = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 23,8 \times 10^{-1} = 261,655 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 21,422 < 261,655 = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,347$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 8,471 \times (1,000) = 4,235 \text{ kN}$$

Summaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 21,539 + 4,235 = 25,775 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 25,511 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 25,511 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{25,511} < \mathbf{95,002} = 2,26 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 0,347 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 4,181 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 6,802 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 30,0 - 3,6 = 26,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 4500 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 450 / 280 = 1,41 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{2,26} > \mathbf{1,41} = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4500 \times 10^{-3} = 9,900 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 4,181 < 9,900 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

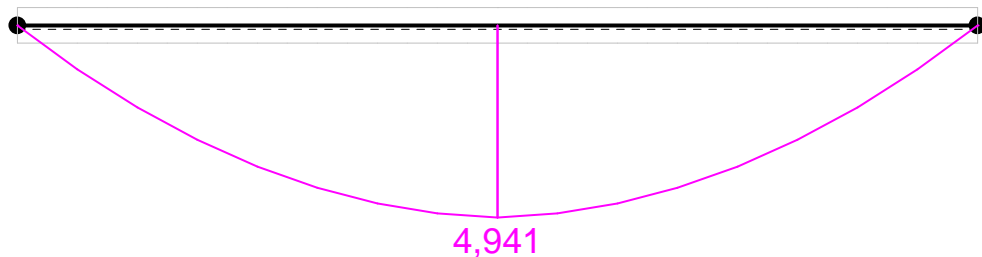
$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4500 \times 10^{-3} = 9,900 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 4,941 \text{ kN}$  nie powoduje zarysowania przekroju.

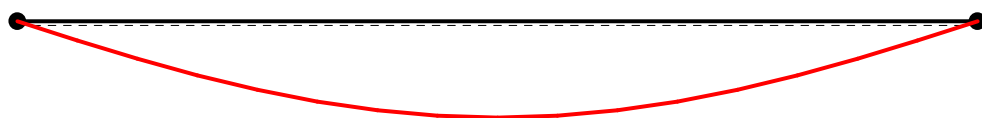
### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 4,941 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 15,0 \text{ cm}$   $I_I = 79259 \text{ cm}^4$   
 $B = E_{c,eff} I_I = 10000 \times 79259 \times 10^{-5} = 7926 \text{ kNm}^2$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 0,555 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,1 \text{ mm}$$

$$a = 0,1 < 5,6 = a_{lim}$$

## 7.2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PODCIĄGU

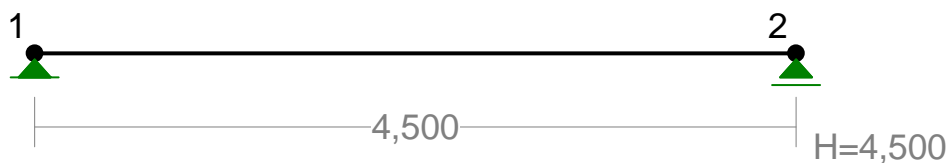
### 7.2.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń od stropu

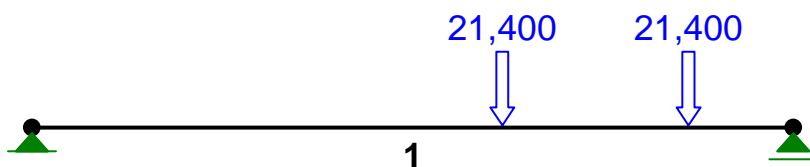
$$R = 21,4 \text{ kN}$$

### 7.2.2. SCHEMAT STATYCZNY

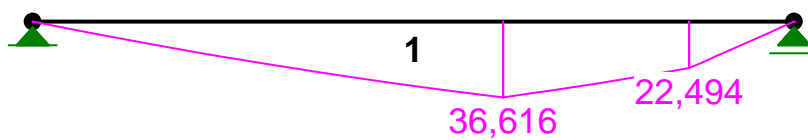
WĘZŁY:



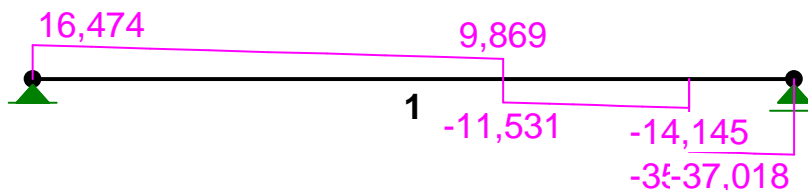
OBCIĄŻENIA:



## MOMENTY:



## SIŁY PRZĘCZNE:



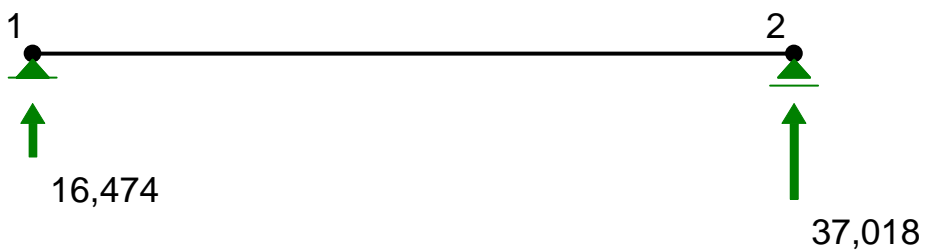
## SIŁY PRZĘCZNE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+D

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	16,474	0,000
	0,62	2,780	<b>36,616*</b>	-11,531	0,000
	0,62	2,780	<b>36,616*</b>	9,869	0,000
	1,00	4,500	0,000	-37,018	0,000

\* = Wartości ekstremalne

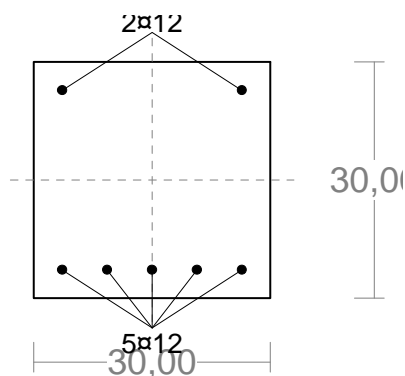
## REAKCJE PODPOROWE:



### 7.2.3. WYNIKI

#### Cechy przekroju:

przekrój:  $x_a=2,25$  m,  $x_b=2,25$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=30,0, \quad b=30,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

$$f_{ck}=20,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=900 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=67500 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=67500 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-IIIN (RB 500)**

$$f_{yk}=500 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$$

$$00)=0,625,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=7,92 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 7,92/900=0,88 \%,$$

$$J_{sx}=1029 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=661 \text{ cm}^4,$$

#### Siły przekrojowe:

przekrój:  $x_a=2,25$  m,  $x_b=2,25$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **D**

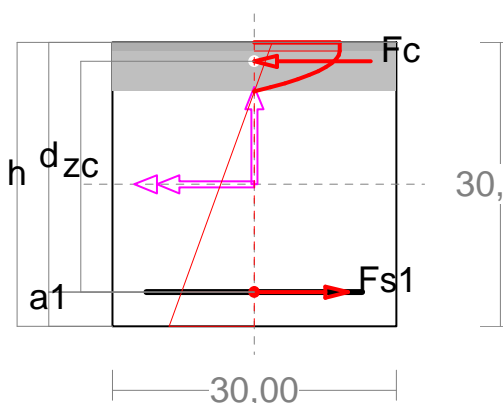
$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -31,052 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = 11,128 \text{ kN}, \quad V_x = 0,000 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,000 \text{ kN} = N_{sd},$$

#### Zbrojenie wymagane:

(przekrój:  $x_a=2,78$  m,  $x_b=1,72$  m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-36,616^2 + 0,000^2)} = 36,616 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1}=10,00$  ‰):

$$A_{s1}=3,58 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4\varnothing 12 = 4,52 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,58 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 3,58/900=0,40 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=26,4, \quad x=5,2 \quad (\xi=0,196),$$

$$a_1=3,6, \quad a_c=2,0, \quad z_c=24,4, \quad A_{cc}=155 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-2,44 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -150,158, \quad F_{s1} = 150,157,$$

$$M_c = 19,499, \quad M_{s1} = 17,118,$$

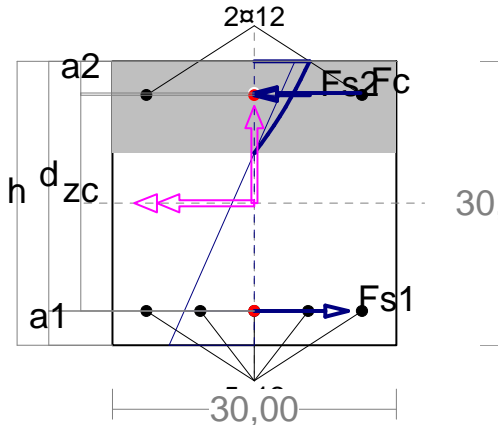
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -150,158 + (150,157) = -0,001 \text{ kN} \quad (N_{sd} = 0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 19,499 + (17,118) = 36,617 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 36,616 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

przekrój:  $x_a = 2,78 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,72 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = 0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(-36,616)^2 + 0,000^2} = 36,616 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 420 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 5,65 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 2,26 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 7,92 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 7,92 / 900 = 0,88 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 30,0, \quad d = 26,4, \quad x = 9,7 \quad (\xi = 0,367),$$

$$a_1 = 3,6, \quad a_2 = 3,6, \quad a_c = 3,4, \quad z_c = 23,0, \quad A_{cc} = 290 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,81 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s2} = -0,51 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 1,41 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -135,979, \quad F_{s1} = 159,129, \quad F_{s2} = -23,150,$$

$$M_c = 15,837, \quad M_{s1} = 18,141, \quad M_{s2} = 2,639,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 56,344 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 15,837 + (18,141) + (2,639) = 36,616 \text{ kNm}$$

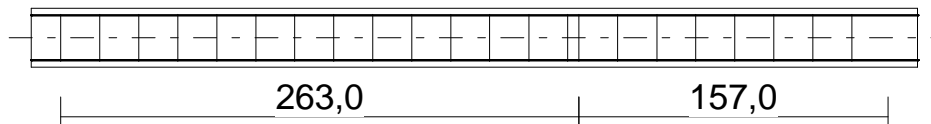
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie KN-strop-podciąg, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 500 = 0,00072$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

$$\text{Początek i koniec strefy: } x_a = 15,0 \quad x_b = 278,0 \text{ cm}$$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

$$\text{przyjęto } s_{\max} = 198 \text{ mm.}$$

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,8 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,8 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00169$$

$$\rho_w = 0,00169 > 0,00072 = \rho_{w,\min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 278,0$   $x_b = 435,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 264 = 198 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 198$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **19,8** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

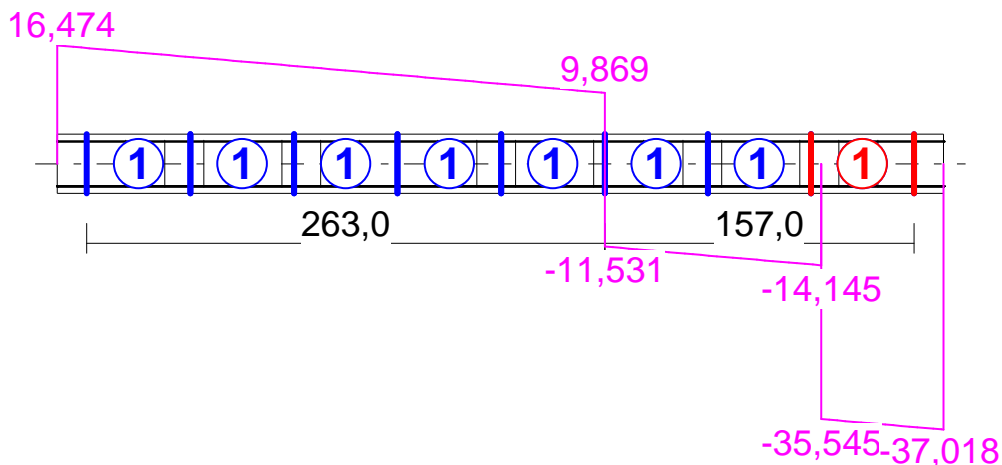
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,01 / (19,8 \times 30,0 \times 1,000) = 0,00169$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00169} > \mathbf{0,00072} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 382,7$   $x_b = 435,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$$V_{Sd \max} = -36,662 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -36,662 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{5,65}{30,0 \times 26,4} = 0,00714; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00714$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,000 / 952,78 \times 10 = 0,000 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,000 \text{ MPa}$ .

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,34 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00714) + 0,15 \times 0,000] \times 30,0 \times 26,4 \times 10^{-1} = \end{aligned}$$

55,182 kN



$$V_{Sd} = 36,662 < 55,182 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

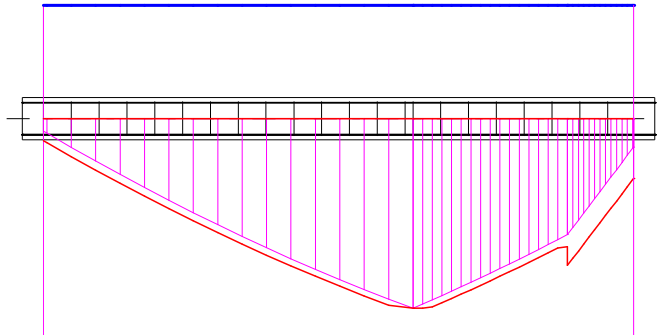
$$V_{Sd} = 36,662 < 55,182 = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 30,0 \times 23,8 \times 10^{-1} = 261,655 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 36,662 < 261,655 = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego



Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,780 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 9,869 \times (1,000) = 4,934 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 159,129 + 4,934 = 164,064 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 159,129 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 159,129 \text{ kN}$

$$F_{td} = 159,129 < 237,504 = 5,65 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

Położenie przekroju:

$$x = 2,780 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 36,100 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 9,983 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 30,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 30,0 - 3,6 = 26,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 900 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 4500 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 450 / 280 = 1,41 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 5,65 > 1,41 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4500 \times 10^{-3} = 9,900 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 36,100 > 9,900 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 5,65 / 199 = 0,02848$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,02848 = 92,14$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 277,752 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (9,900 / 36,100)^2] = 0,00134 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 92,14 \times 0,00134 = 0,21 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,21} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 2,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4500 \times 10^{-3} = 9,900 \text{ kNm}$$

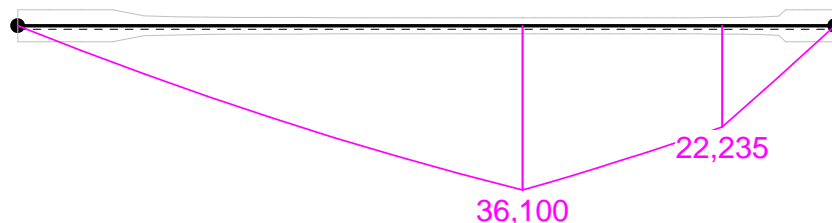
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 36,100 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

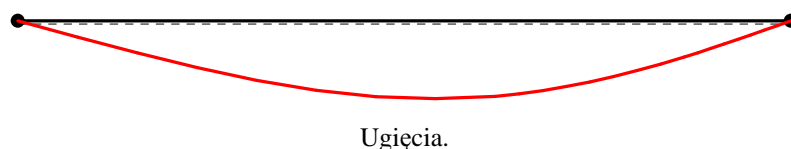
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 36,100 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 15,7 \text{ cm}$   $I_I = 87512 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 10,1 \text{ cm}$   $I_{II} = 42262 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{10000 \times 42262}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (9,900 / 36,100)^2 \times (1 - 42262 / 87512)} \times 10^{-5} = 4310 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,432$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 14,9 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{14,9} < \mathbf{22,5} = a_{\text{lim}}$$

## 8. OBLICZENIA KONSTRUKCJI BUDYNKU NA ODPADY

### 8.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BLACHY TRAPEZOWEJ

#### 8.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od dachu

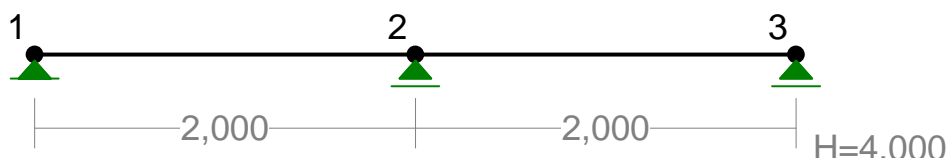
$$Q=1 \text{ kN} \\ \gamma=1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na dachu (II strefa)

$$C_1=0,8 \\ Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2 \\ S_k=Q_k \cdot C_1=0,9 \cdot 0,8 \cdot 2,0=1,44 \text{ kN/m} \\ \gamma=1,5$$

#### 8.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

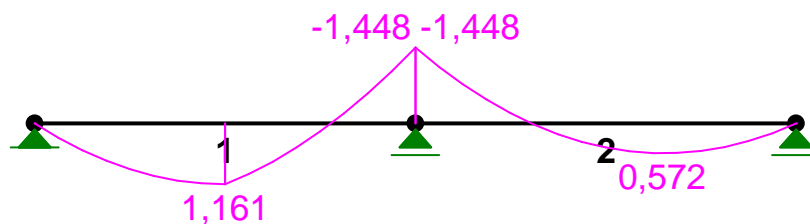


OBCIĄŻENIA:

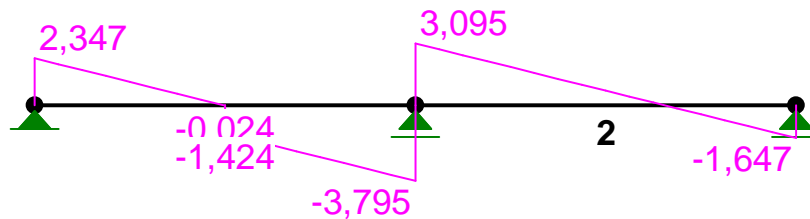
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	" "			Zmienne	$\gamma_f=1,40$	
1	Skupione	0,0	1,000		1,00	
Grupa: B	" "			Zmienne	$\gamma_f=1,50$	
1	Liniowe	0,0	1,440	1,440	0,00	2,00
2	Liniowe	0,0	1,440	1,440	0,00	2,00

MOMENTY:



TNĄCE:



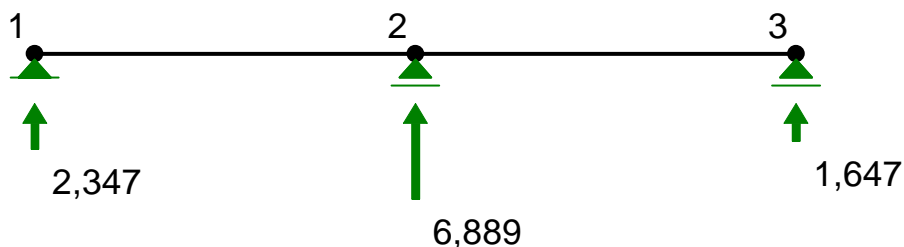
SIŁY PRZEKROJOWE:

AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	2,347	0,000
	0,49	0,984	<b>1,162*</b>	0,013	0,000
	1,00	2,000	-1,448	-3,795	0,000
2	0,00	0,000	-1,448	3,095	0,000
	0,65	1,305	<b>0,572*</b>	0,002	0,000
	1,00	2,000	-0,000	-1,647	0,000

\* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



### 8.1.3. WYNIKI

Graniczne obciążenie ciągle równomiernie rozłożone przy rozstawie podpór  $L=2,0$  m dla blachy trapezowej o grubości 0,63 mm i wysokości 34 mm:

$$Q=2,44 \text{ kN/m}^2 > S_k = Q_k \cdot C \cdot 1,5 = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

## 8.2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PŁATWI

### 8.2.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od dachu

Obciążenie od blachy trapezowej:

$$Q=0,06 \cdot 2 = 0,12 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,1$$

### Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od dachu

$$Q=1 \text{ kN}$$

$$\gamma=1,4$$

### Zebranie obciążeń od śniegu na dachu (II strefa)

$$C_1=0,8$$

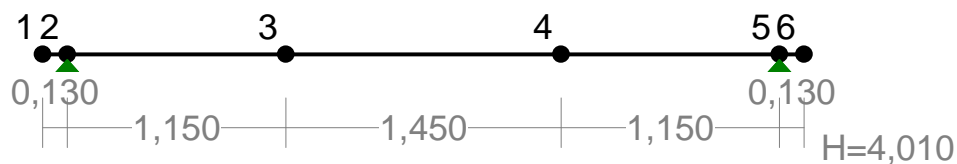
$$Q_k=0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k=Q_k \cdot C_1=0,9 \cdot 0,8 \cdot 2,0=1,44 \text{ kN/m}$$

$$\gamma=1,5$$

## 8.2.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

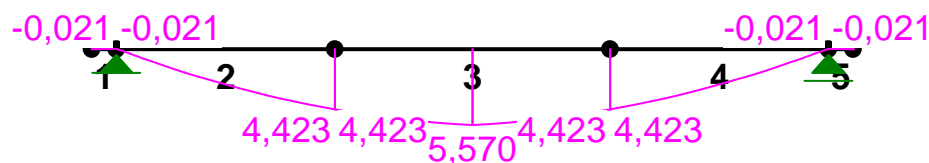


OBCIĄŻENIA:

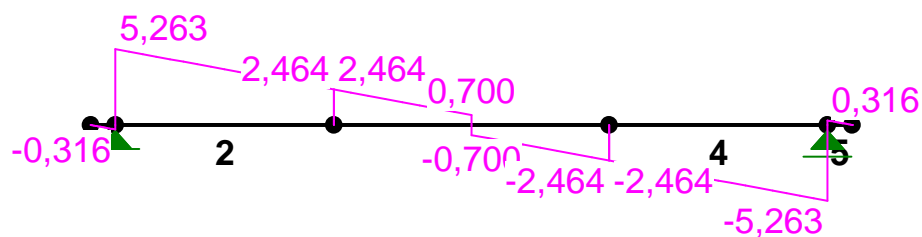
( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: A	"St_1,1"			Stałe	$\gamma_f = 1,10$	
1	Linowe	0,0	0,120	0,120	0,00	0,13
2	Linowe	0,0	0,120	0,120	0,00	1,15
3	Linowe	0,0	0,120	0,120	0,00	1,45
4	Linowe	0,0	0,120	0,120	0,00	1,15
5	Linowe	0,0	0,120	0,120	0,00	0,13
Grupa: B	"Zm_1,4"			Zmienne	$\gamma_f = 1,40$	
3	Skupione	0,0	1,000		0,73	
Grupa: C	"Zm_1,5"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
1	Linowe	0,0	1,440	1,440	0,00	0,13
2	Linowe	0,0	1,440	1,440	0,00	1,15
3	Linowe	0,0	1,440	1,440	0,00	1,45
4	Linowe	0,0	1,440	1,440	0,00	1,15
5	Linowe	0,0	1,440	1,440	0,00	0,13

MOMENTY:



TNĄCE:



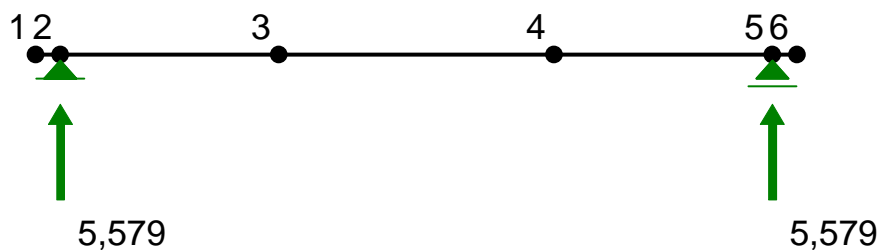
SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	-0,000	0,000
	0,02	0,003	<b>-0,000*</b>	-0,006	0,000
	1,00	0,130	-0,021	-0,316	0,000
2	0,00	0,000	-0,021	5,263	0,000
	1,00	1,150	4,423	2,464	0,000
3	0,00	0,000	4,423	2,464	0,000
	0,50	0,725	<b>5,570*</b>	0,700	0,000
	1,00	1,450	4,423	-2,464	0,000
4	0,00	0,000	4,423	-2,464	0,000
	1,00	1,150	-0,021	-5,263	0,000
5	0,00	0,000	-0,021	0,316	0,000
	0,98	0,127	<b>-0,000*</b>	0,006	0,000
	1,00	0,130	0,000	0,000	0,000

\* = Wartości ekstremalne

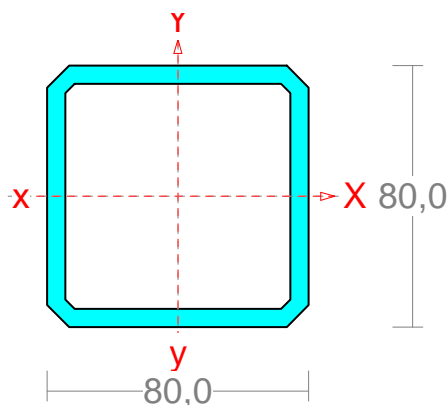
REAKCJE PODPOROWE:



### 8.2.3. WYNIKI

#### Pręt nr 3

Przekrój: H 80x 80x 5.6



Wymiary przekroju:

H 80x 80x 5.6  $h=80,0$   $s=80,0$   $g=5,6$   $t=5,6$   
 $r=5,6$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=151,0$   $J_{yg}=151,0$   $A=16,40$   $i_x=3,0$   $i_y=3,0$ .

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**.

Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=5,6$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

#### Siły przekrojowe:

$x_a = 0,725$ ;  $x_b = 0,725$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

**$M_x = -5,570$  kNm,**  **$V_y = 0,700$  kN,**  **$N = 0,000$  kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 147,544$  MPa  $\sigma_c = -147,544$  MPa.

#### Naprężenia:

$x_a = 0,725$ ;  $x_b = 0,725$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 147,544$  MPa  $\sigma_c = -147,544$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,000$   $\Delta\sigma = 147,544$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 8,960$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 0,781$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,000 / 1,000 + 147,544 = 147,544 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,781 / 1,000 = 0,781 < 124,700 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{147,544^2 + 3 \times 0,781^2} = 147,550 < 215 \text{ MPa}$$

#### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 0,442 \quad \chi_2 = 0,442 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 1,372 \quad \text{dla } l_0 = 1,450$$
$$l_w = 1,372 \times 1,450 = 1,989 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 1,450$$
$$l_w = 1,000 \times 1,450 = 1,450 \text{ m}$$



**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 151,0}{1,989^2} 10^{-2} = 771,945 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 151,0}{1,450^2} 10^{-2} = 1453,097 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 0,725$ ;  $x_b = 0,725$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 37,8 \times 215 \times 10^{-3} = 8,116 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{5,570}{1,000 \times 8,116} = 0,686 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 1,450$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 8,3 \times 215 \times 10^{-1} = 103,910 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 31,173 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 2,464 < 103,910 = V_R$$

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

$x_a = 0,725$ ;  $x_b = 0,725$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,700 < 31,173 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 8,116 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{5,570}{8,116} = 0,686 < 1$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,725$ ;  $x_b = 0,725$ .

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 117,157 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 128,0 \times 5,6 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 154,112 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 154,112 = P_{R,W}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 3,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 1450 / 350 = 4,1 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 3,1 < 4,1 = a_{\text{gr}}$$

## 8.3. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE SŁUPA

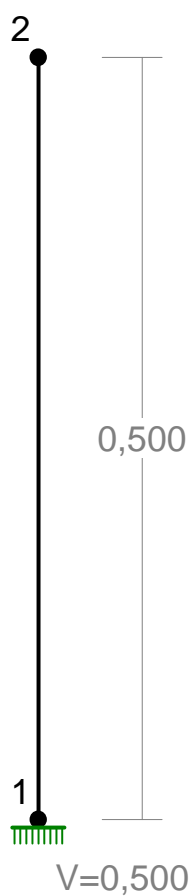
### 8.3.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od dachu

$$R=4,2 \text{ kN}$$

### 8.3.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

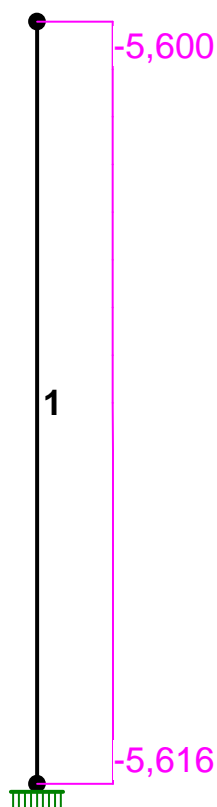


## OBCIĄŻENIA:

( [kN] , [kNm] , [kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: 1	B " " Skupione	0,0	5,600	Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	0,50

## NORMALNE:



## SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+B

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	0,000	-5,616
	1,00	0,500	0,000	0,000	-5,600

\* = Wartości ekstremalne

## REAKCJE PODPOROWE:

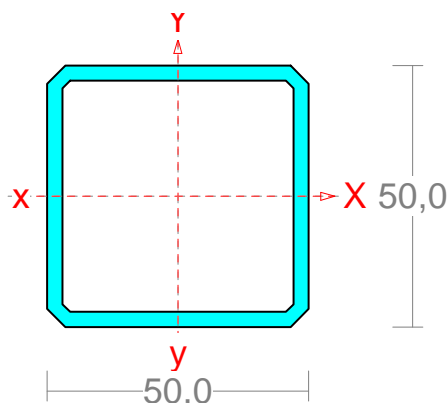
T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+B

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	5,616	5,616	0,000

### 8.3.3. WYNIKI

#### Pręt nr 1

Przekrój: H 50x 50x 2.9



Wymiary przekroju:

H 50x 50x 2.9  $h=50,0$   $s=50,0$   $g=2,9$   $t=2,9$   $r=2,9$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=19,8$   $J_{yg}=19,8$   $A=5,39$   $i_x=1,9$   $i_y=1,9$ .

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**.

Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=2,9$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

#### Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 0,500$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **B**

**$N = -5,623$  kN**,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = -10,433$  MPa  $\sigma_c = -10,433$  MPa.

#### Naprężenia:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 0,500$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = -10,433$  MPa  $\sigma_c = -10,433$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -10,433$   $\Delta\sigma = 0,000$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 10,433 / 1,000 + 0,000 = 10,433 < 215 \text{ MPa}$$

#### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 0,500$ .

Siła osiowa:  $N = -5,623$  kN.

Pole powierzchni przekroju:  $A = 5,39$  cm<sup>2</sup>.

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 5,39 \times 215 \times 10^{-1} = 115,885$  kN.

Warunek nośności (31):

$$N = 5,623 < 115,885 = N_{Rt}$$

#### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 0,500 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_0 = 0,500$$
$$l_w = 2,484 \times 0,500 = 1,242 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 0,500 \\ l_w = 1,000 \times 0,500 = 0,500 \text{ m}$$

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 19,8}{1,242^2} 10^{-2} = 259,702 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 19,8}{0,500^2} 10^{-2} = 1602,429 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na ściskanie:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 0,500$ :

$$N_{RC} = A f_d = 5,4 \times 215 \times 10^{-1} = 115,885 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\begin{aligned} \text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{115,885 / 259,702} = 0,771 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = \\ &0,859 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} &= 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{115,885 / 1602,429} = 0,311 \quad \Rightarrow \text{Tab.11 a} \Rightarrow \varphi = \\ &0,995 \end{aligned}$$

Przyjęto:  $\varphi = \varphi_{\min} = 0,859$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{5,623}{0,859 \times 115,885} = 0,056 < 1$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 0,500$ .

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

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 10,390 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 10,390 / 215 = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_0 t_w \eta_c f_d = 114,5 \times 2,9 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 71,391 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 71,391 = P_{R,W}$$

## 9. OBLICZENIA KONSTRUKCJI DREWNIANEJ ALTANY

### 9.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE PŁATWI

#### 9.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od dachu

Cieżyż płyt drewnianych:

$$Q = 7 \cdot 0,05 \cdot 2,5 = 0,88 \text{ kN/m}$$

$$\gamma = 1,1$$

Zebranie obciążeń zmiennych użytkowych od dachu

$$Q = 1 \text{ kN}$$

$$\gamma = 1,4$$

Zebranie obciążeń od śniegu na dachu (II strefa)

$$C_1 = 0,8$$

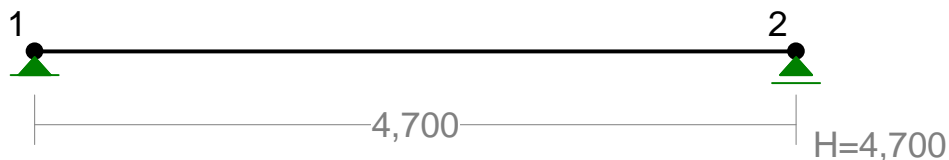
$$Q_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

$$S_k = Q_k \cdot C_1 \cdot l = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 2,5 = 1,8 \text{ kN/m}$$

$$\gamma = 1,5$$

#### 9.1.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

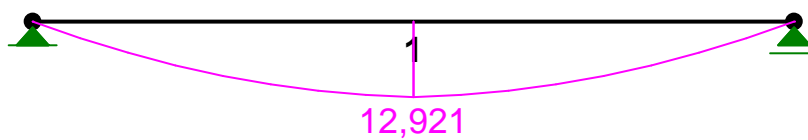


OBCIĄŻENIA:

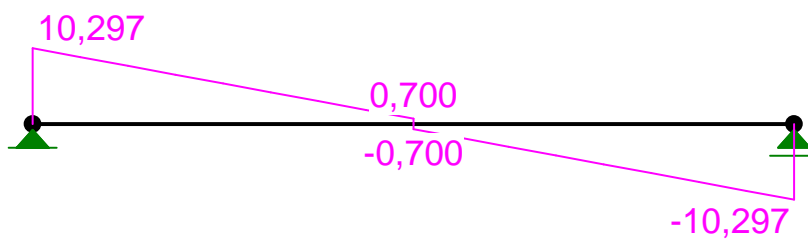
( [ kN] , [ kNm] , [ kN/m] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: 1	A "St_1,1" Liniowe	0,0	0,880	Stałe 0,880	$\gamma_f = 1,10$ 0,00	4,70
Grupa: 1	B "Zm_1,4" Skupione	0,0	1,000	Zmienne	$\gamma_f = 1,40$ 2,35	
Grupa: 1	C "Zm_1,5" Liniowe	0,0	1,800	Zmienne	$\gamma_f = 1,50$ 0,00	4,70

## MOMENTY:



## TNĄCE:



## SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ABC

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	10,297	0,000
	0,50	2,350	<b>12,921*</b>	0,700	0,000
	1,00	4,700	0,000	-10,297	0,000

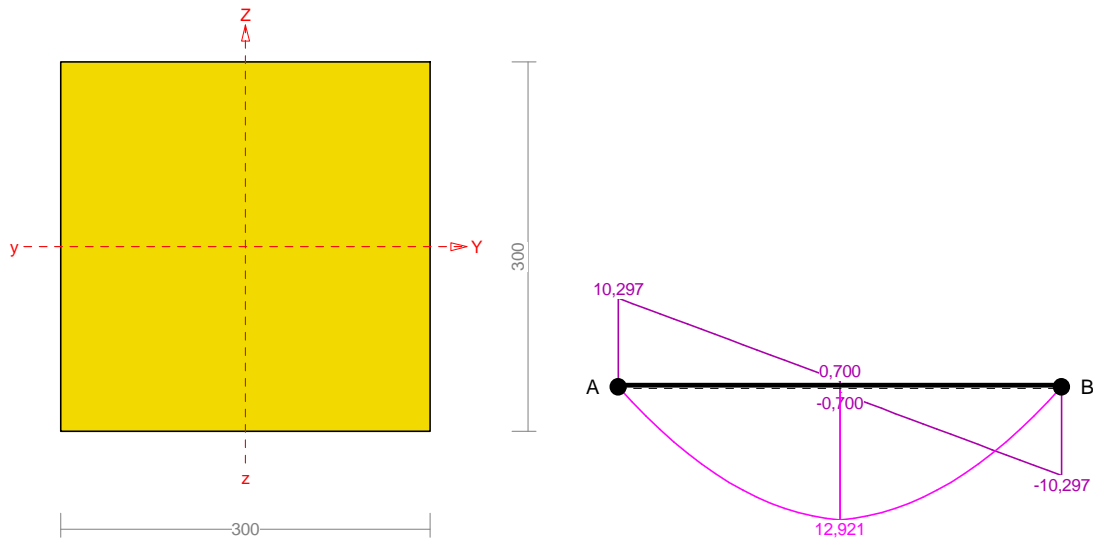
\* = Wartości ekstremalne

## REAKCJE PODPOROWE:



### 9.1.3. WYNIKI

#### Pręt nr 1



#### Przekrój: 1 "B 30,0x30,0"

Wymiary przekroju:

$$h=300,0 \text{ mm} \quad b=300,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=67500,0; J_{zg}=67500,0 \text{ cm}^4; A=900,00 \text{ cm}^2; i_y=8,7; i_z=8,7 \text{ cm}; W_y=4500,0; W_z=4500,0 \text{ cm}^3.$$

#### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=2,35 \text{ m}$ ;  $x_b=2,35 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABC”.



Długość obliczeniowa dla **pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach**, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni **górnej**, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 4700 + 300 + 300 = 5300 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{5300 \times 300 \times 11,08}{3,142 \times 300^2 \times 7400}} \times \sqrt{\frac{11000}{690}} = 0,183$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

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

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 12,921 / 4500,00 \times 10^3 = \mathbf{2,871} < \mathbf{11,077} = 1,000 \times 11,08 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=2,35 \text{ m}$ ;  $x_b=2,35 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABC”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,871}{11,08} + 0,7 \times \frac{0,000}{11,08} = \mathbf{0,259} < \mathbf{1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{2,871}{11,08} + \frac{0,000}{11,08} = \mathbf{0,181} < \mathbf{1}$$

**Nośność na ścinanie:**

Wyniki dla  $x_a=2,35 \text{ m}$ ;  $x_b=2,35 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABC”.

Naprężenia tnące:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 0,700 / 900,000 \times 10 = 0,012 \text{ MPa}$$

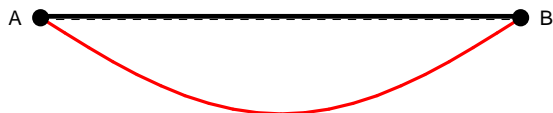
$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 900,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto  $k_v = 1,000$ .

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,012^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,012} < \mathbf{1,154} = 1,000 \times 1,15 = k_v f_{v,d}$$

**Stan graniczny użytkowania:**



Wyniki dla  $x_a=2,35 \text{ m}$ ;  $x_b=2,35 \text{ m}$ , przy obciążeniach „ABC”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 31,3 \text{ mm}$$

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

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -1,1 \times [1 + 19,2 \times (300,0/4700)^2] (1 + 0,60) = -1,9 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (300,0/4700)^2] (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych („BC”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -1,8 \times [1 + 19,2 \times (300,0/4700)^2] (1 + 0,60) = -3,2 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{def}) = 0,0 \times [1 + 19,2 \times (300,0/4700)^2](1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,fin} = -1,9 + -3,2 = \mathbf{5,0} < \mathbf{31,3} = u_{net,fin}$$

## 9.2. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE SŁUPA

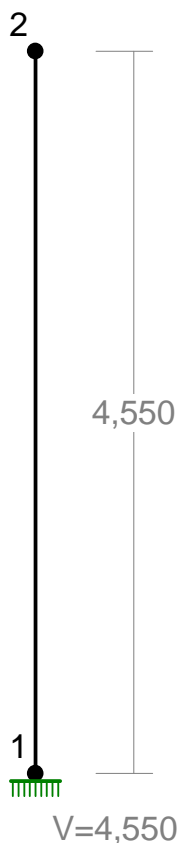
### 9.2.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od dachu

R=10,3 kN

### 9.2.2. SCHEMAT STATYCZNY

WĘZŁY:

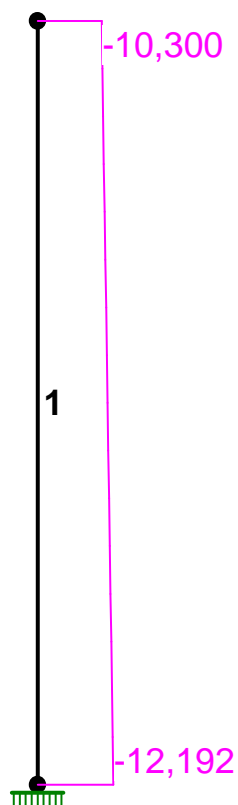


OBCIĄŻENIA:

( [ kN ] , [ kNm ] , [ kN/m ] )

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: 1	B " " Skupione	0,0	10,300	Zmienne	$\gamma_f = 1,00$ 4,55	

NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+B

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	0,000	-12,192
	1,00	4,550	0,000	0,000	-10,300

\* = Wartości ekstremalne

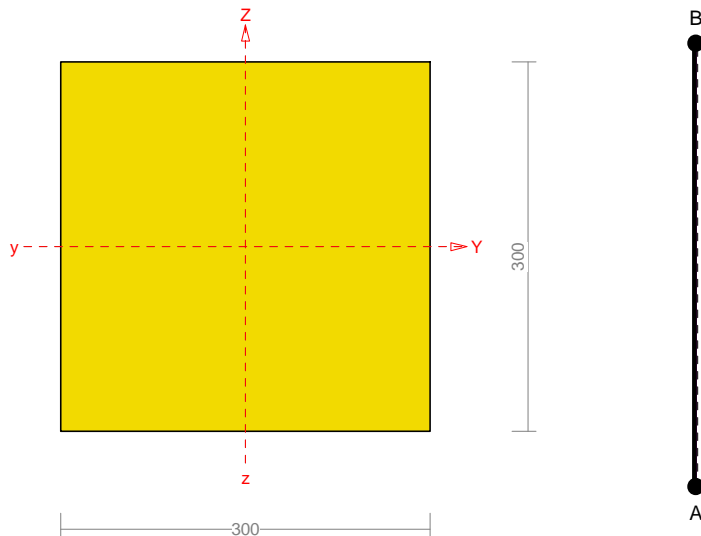
REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+B

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	Wypadkowa[kN]:	M[kNm]:
1	0,000	12,192	12,192	0,000

### 9.2.3. WYNIKI

#### Pręt nr 1



#### Przekrój: 1 "B 30,0x30,0"

Wymiary przekroju:

$$h=300,0 \text{ mm} \quad b=300,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{yg}=67500,0; J_{zg}=67500,0 \text{ cm}^4; A=900,00 \text{ cm}^2; i_y=8,7; i_z=8,7 \text{ cm}; W_y=4500,0; W_z=4500,0 \text{ cm}^3.$$

#### Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stałe** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C24.**

$$f_{m,k} = 24,00$$

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

$$f_{t,0,k} = 14,00$$

$$f_{t,0,d} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,50$$

$$f_{t,90,d} = 0,23 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21,00$$

$$f_{c,0,d} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,50$$

$$f_{c,90,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 2,50$$

$$f_{v,d} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

#### Sprawdzenie nośności pręta nr 1

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000.

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=2,28 \text{ m}$ ;  $x_b=2,28 \text{ m}$ , przy obciążeniach „B”.

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

$$l_c = \mu l = 2,000 \times 4,550 = 9,100 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 4,550 = 4,550 \text{ m}$$

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

$$l_{c,y} = 9,100 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 4,550 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 9,100 / 0,0866 = 105,08$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 4,550 / 0,0866 = 52,54$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 7400 / (105,08)^2 = 6,61 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 7400 / (52,54)^2 = 26,46 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{21/6,61} = 1,782$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{21/26,46} = 0,891$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (1,782 - 0,5) + (1,782)^2] = 2,216$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 [1 + 0,2 \times (0,891 - 0,5) + (0,891)^2] = 0,936$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (2,216 + \sqrt{2,216^2 - 1,782^2}) = 0,283$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (0,936 + \sqrt{0,936^2 - 0,891^2}) = 0,818$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju  $A_d = 900,00 \text{ cm}^2$ .

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 11,246 / 900,00 \times 10 = \mathbf{0,125} < \mathbf{2,74} = 0,283 \times 9,69 = k_c f_{c,0,d}$$

## 10.OBLICZENIA ŁAWY FUNDAMENTOWEJ

### 10.1. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

#### 10.1.1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

Zebranie obciążeń stałych od muru

Ciężar własny przyjęty w programie RM-win.

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
2,40*5,55	13,32	1,1

Obciążenie od stropu i wspornika

R=95 kN/m

Obciążenie od izolacji

	Wart.charakterystyczna [kN/m]	Współczynnik obciążenia
0,45*0,15*5,5	0,37	1,1

Suma:

Q=110,1 kN/m

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,95$  m.

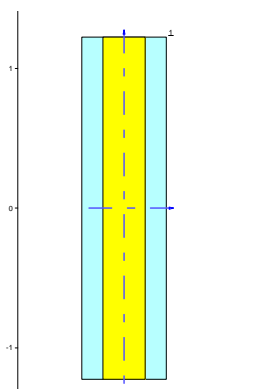
Lista obciążeń:

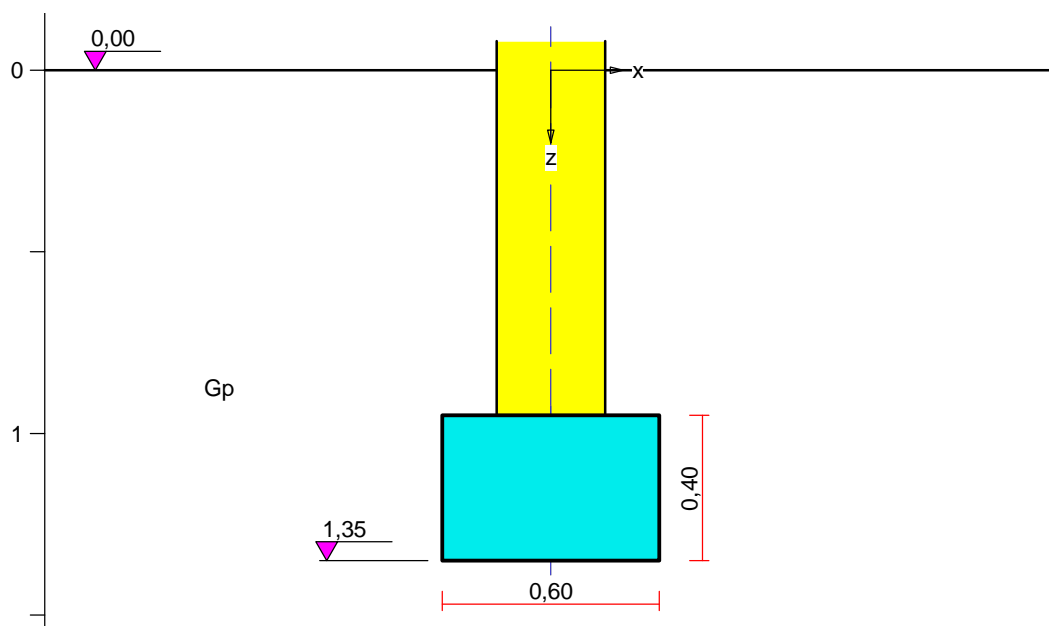
Lp	Rodzaj	N	Hx	My	$\gamma$
	obciążenia *	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D	110,1	0,0	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

#### 10.1.2. SCHEMAT STATYCZNY





### 10.1.3. WYNIKI

#### 1. Podłoże gruntowe

##### 1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_t = 0,00$  m,

Projektowany względny poziom terenu:  $z_{tp} = 0,00$  m.

##### 1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt.
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	nieokreśl.	Gлина piaszczysta	brak wody

##### 1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	$I_D$	$I_L$	$\rho$	stopień	$c_u$	$\Phi_u$	$M_0$	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m <sup>3</sup> ]	wilgotn.	[kPa]	[ <sup>0</sup> ]	[kPa]	[kPa]
Gp		0,50	2,10		27,80	16,3	23290	25878

#### 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość:  $b = 0,30$  m, długość:  $l = 2,45$  m,

Współrzędne końców osi ściany:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = -1,23 \text{ m},$$

$$x_2 = 0,00 \text{ m}, \quad y_2 = 1,23 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\phi = 0,00^0$ .

#### 3. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,95$  m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	$\gamma$
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D	110,1	0,0	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

#### 4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 12,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 12,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

#### 5. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,35$  m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy:  $B = 0,60$  m,  $L = 2,45$  m,

Wysokość:  $H = 0,40$  m, mimośród:  $E = 0,00$  m.

#### 6. Stan graniczny I

##### 6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,35	0,60	0,00

##### 6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B = 0,60$  m,  $L = 2,45$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,35$  m.

Rodzaj obciążenia: D,

##### Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	$\gamma$	Obc. obl. G	Mom. obl. $M_G$
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	5,89	0,00	1,1(0,9)	6,47	0,00
Grunt - pole 1	2,94	0,22	1,2(0,8)	3,52	-0,79
Grunt - pole 2	2,94	0,22	1,2(0,8)	3,52	0,79
			Suma	13,52	0,00

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia

obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.



Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 110,10 \text{ kN/m}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E = 0,00 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_x = 0,00 \text{ kN/m}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,40 \text{ m}$ ,

moment:  $M_y = 0,00 \text{ kNm/m}$ .

### **Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu**

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (110,10 + 9,99) \cdot 2,45 = 294,23 \text{ kN}.$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-110,10 \cdot 0,00 + 0,00) \cdot 2,45 = 0,00 \text{ kNm}.$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 0,00 / 294,23 = 0,00 \text{ m}.$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,10 \text{ m}.$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

### **Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego**

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,60 - 2 \cdot 0,00 = 0,60 \text{ m}, \quad L' = L = 2,45 \text{ m}.$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

średnia gęstość obl.:  $\rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3$ , min. wysokość:  $D_{\min} = 1,35 \text{ m}$ ,

obciążenie:  $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,35 = 25,03 \text{ kPa}$ .

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego:  $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 16,30 \cdot 0,90 = 14,67^\circ$ ,

spójność:  $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 27,80 \cdot 0,90 = 25,02 \text{ kPa}$ ,

$N_B = 0,55$   $N_C = 10,77$ ,  $N_D = 3,82$ .

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\tan \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 2,45 / 302,87 = 0,0000, \quad \tan \delta / \tan \Phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,2618 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,10 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,54 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,94, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,07, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,37.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 625,94 \text{ kN}.$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 302,87 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 625,94 = 507,01 \text{ kN}.$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## **7. Stan graniczny II**

### **7.1. Osiadanie fundamentu**

Osiadanie pierwotne:  $s' = 0,47 \text{ cm}$ .

Osiadanie wtórne:  $s'' = 0,00 \text{ cm}$ .

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża:  $\lambda = 0$ .

Osiadanie:  $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,47 + 0 \cdot 0,00 = 0,47 \text{ cm}$ ,

Sprawdzenie warunku osiadania:

**Warunek nie jest określony.**

## 7.2. Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr	Poziom	Grubość	Napr.	Napr.	Napr.	Osiadani	Osiadani	Osiadanie
warstw	stropu	warstwy	pierwotn	wtórne	dodat.	pierwotn	wtórne	sumaryczn
	[m]	[m]	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[cm]	[cm]	[cm]
1	0,00	0,11	1	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,11	0,11	3	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,23	0,11	6	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,34	0,11	8	0	0	0,00	0,00	0,00
5	0,45	0,11	10	0	0	0,00	0,00	0,00
6	0,56	0,11	13	0	0	0,00	0,00	0,00
7	0,68	0,11	15	0	0	0,00	0,00	0,00
8	0,79	0,11	17	0	0	0,00	0,00	0,00
9	0,90	0,11	20	0	0	0,00	0,00	0,00
10	1,01	0,11	22	0	0	0,00	0,00	0,00
11	1,13	0,11	24	0	0	0,00	0,00	0,00
12	1,24	0,11	27	0	0	0,00	0,00	0,00
13	1,35	0,12	29	0	141	0,07	0,00	0,07
14	1,47	0,12	32	0	120	0,06	0,00	0,06
15	1,59	0,12	34	0	101	0,05	0,00	0,05
16	1,71	0,12	36	0	85	0,04	0,00	0,04
17	1,83	0,12	39	0	72	0,04	0,00	0,04
18	1,95	0,12	41	0	62	0,03	0,00	0,03
19	2,07	0,12	44	0	54	0,03	0,00	0,03
20	2,19	0,12	46	0	47	0,02	0,00	0,02
21	2,31	0,12	49	0	41	0,02	0,00	0,02
22	2,43	0,12	51	0	36	0,02	0,00	0,02
23	2,55	0,12	54	0	32	0,02	0,00	0,02
24	2,67	0,12	56	0	29	0,01	0,00	0,01
25	2,79	0,12	59	0	26	0,01	0,00	0,01
26	2,91	0,12	61	0	24	0,01	0,00	0,01
27	3,03	0,12	64	0	21	0,01	0,00	0,01
28	3,15	0,12	66	0	20	0,01	0,00	0,01
					Suma	0,47	0,00	0,47

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

## 8. Wymiarowanie fundamentu

### 8.1. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN/m]	V <sub>r</sub> [kN/m]	V <sub>s</sub> [kN/m]
* 1	1	0	344	–

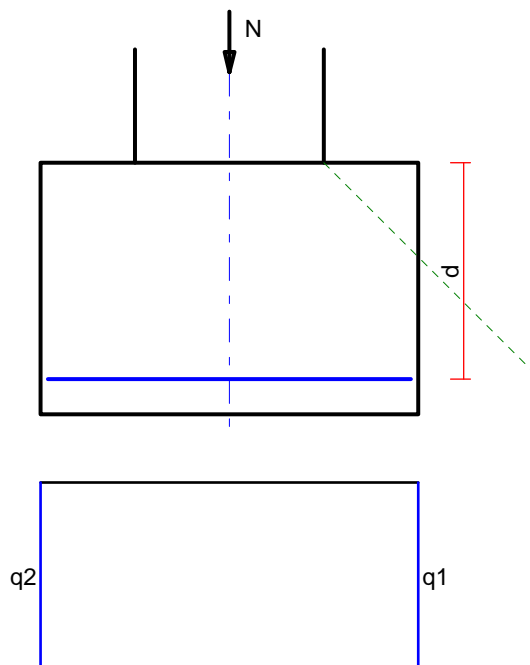
## 8.2. Sprawdzenie ławy na przebicie dla obciążenia nr 1

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 110 \text{ kN/m}$ , moment:  $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$ .

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m.}$$



### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu:  $q_1 = 184 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = 184 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = -0,19 \text{ m}$ ,  $q_c = 183,50 \text{ kPa}$ .

### Przebicie ławy w przekroju 1:

Siła ścinająca:  $V_{Sd} = 0,5 \cdot (q_1 + q_c) \cdot c = 0,5 \cdot (183,5 + 183,5) \cdot -0,19 = 0 \text{ kN/m}$ .

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = f_{ctd} \cdot d = 1000 \cdot 0,34 = 344 \text{ kN/m}$ .

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN/m} < V_{Rd} = 344 \text{ kN/m}.$$

**Wniosek: warunek na przebicie jest spełniony.**

## 8.3. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

Nr obc.	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
		$M \text{ [kNm/m]}$	$M_r \text{ [kNm/m]}$
* 1	1	2	–

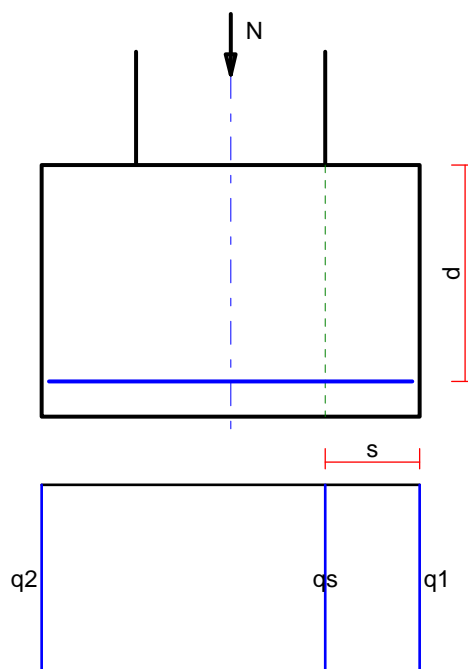
## 8.4. Sprawdzenie ławy na zginanie dla obciążenia nr 1

### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 110 \text{ kN/m}$ , moment:  $M_r = 0,00 \text{ kNm/m}$ .

Mimośród siły względem środka podstawy:  $e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m}$ .



#### **Oddziaływanie podłoża na fundament:**

Oddziaływania na brzegach fundamentu:  $q_1 = 184 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = 184 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,15 \text{ m}$ ,  $q_s = 183,50 \text{ kPa}$ .

#### **Zginanie ławy w przekroju 1:**

Moment zginający:  $M_{Sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 183,5 + 183,5) \cdot 0,02 = 2 \text{ kNm/m}$ .

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,3 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

### **9. Zbrojenie ławy**

#### **Zbrojenie główne na kierunku x:**

Obliczona powierzchnia przekroju poprzecznego:  $A_s = 1,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

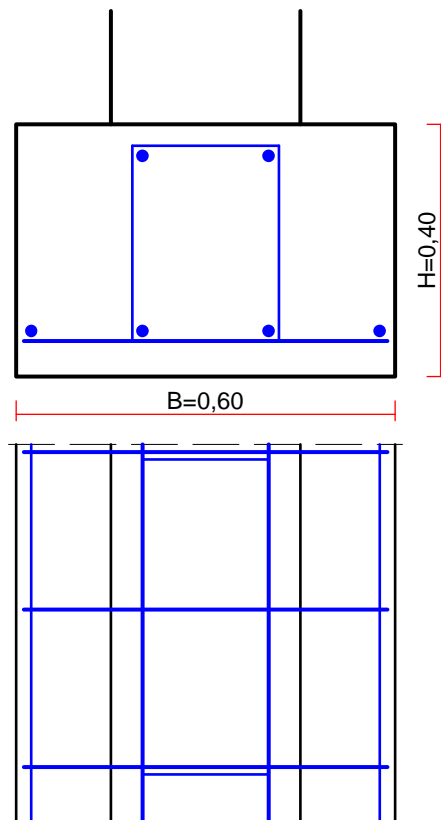
Średnica prętów:  $\phi = 12 \text{ mm}$ , rozstaw prętów:  $s = 25,0 \text{ cm}$ .

#### **Pręty rozdzielcze:**

Średnica prętów:  $\phi_r = 6 \text{ mm}$ , liczba prętów:  $n_r = 2$ .

#### **Zbrojenie dodatkowe podłużne:**

Pręty podłużne:  $4 \cdot \phi 12 \text{ mm}$ , strzemiona:  $\phi 6 \text{ mm}$  co  $50 \text{ cm}$ .



Ilość stali na 1 mb: 8,1 kg/m,    ilość stali na całą ławę: 20 kg.  
 Ilość betonu na 1 mb: 0,24 m<sup>3</sup>/m,    ilość betonu na całą ławę: 0,59 m<sup>3</sup>.  
 Ilość stali na 1 m<sup>3</sup> betonu: 33,9 kg/m<sup>3</sup>.