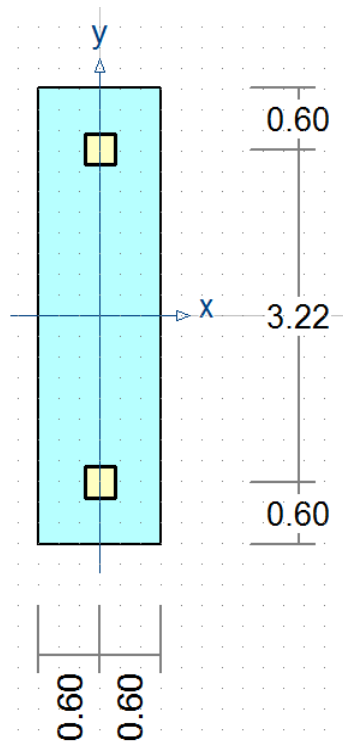


## 7.0. Fundament pod słupami od stropu nad piwnicą.

### Rzut fundamentu



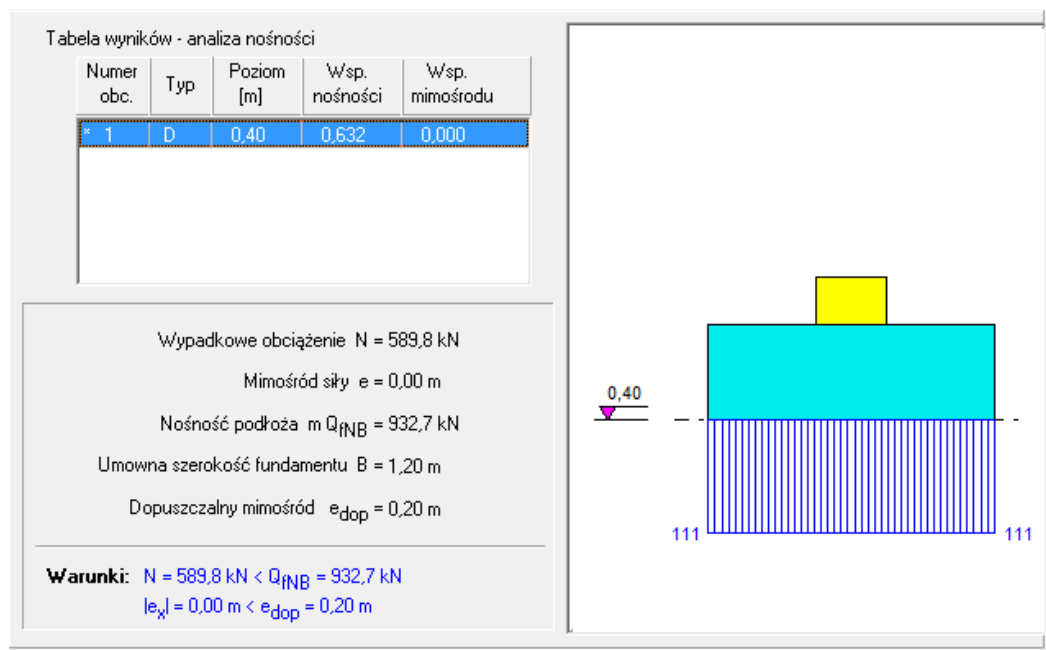
Wymiary:

$B=1,2\text{m}$

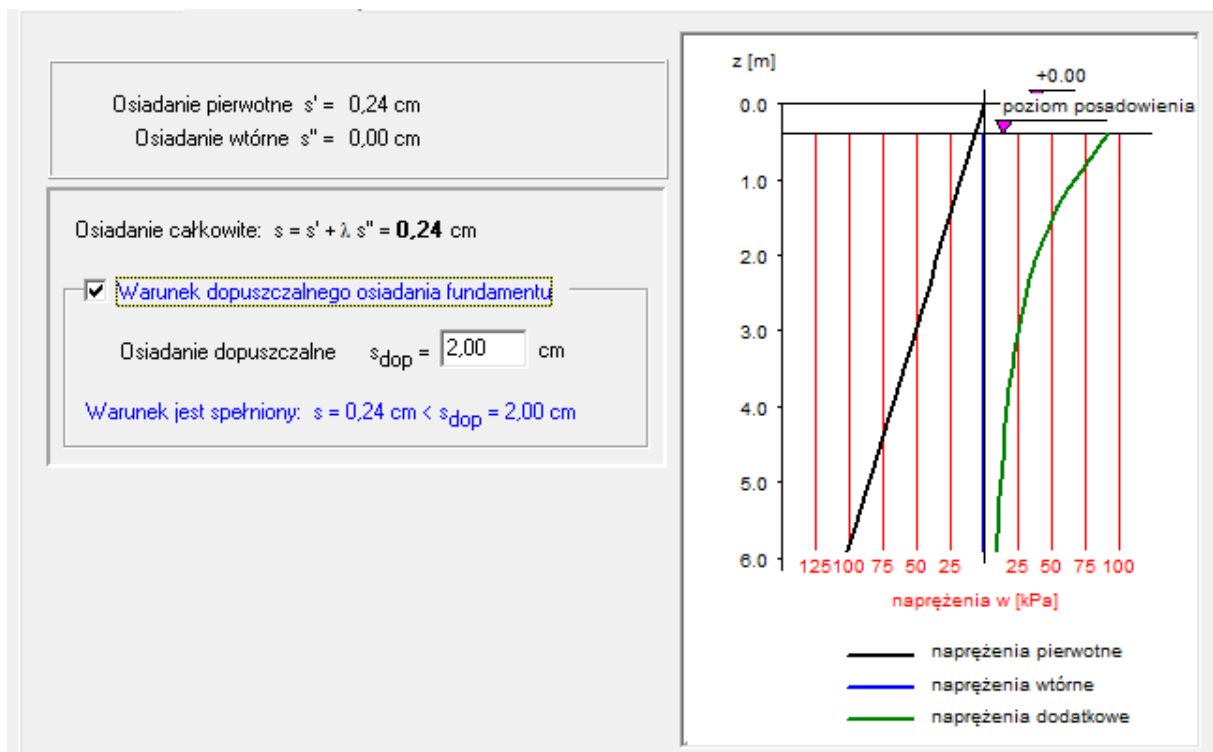
$L=4,42\text{m}$

$H=0,4\text{m}$

### Stan graniczny I

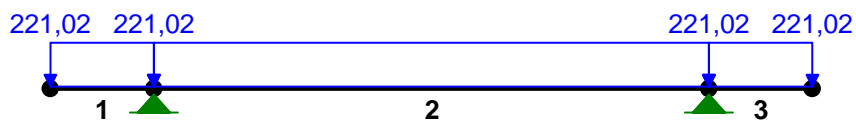


## Stan graniczny II



## Obciążenie fundamentu odporem gruntu

### OBCIĄŻENIA:



### 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	221,02	221,02	0,00	0,60
2	Liniowe	0,0	221,02	221,02	0,00	3,22
3	Liniowe	0,0	221,02	221,02	0,00	0,60

=====

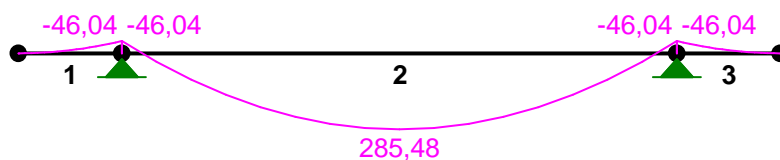
W Y N I K I  
Teoria I-go rzędu

=====

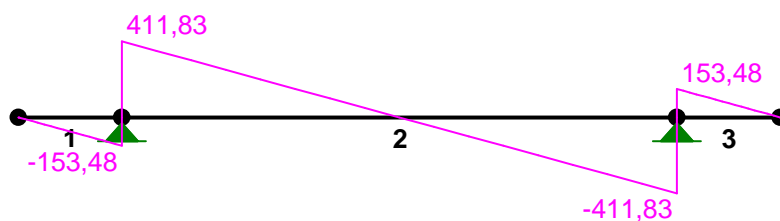
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	$\psi_d$ :	$\gamma_f$ :
Ciężar wł.			1,10
A - ""	Zmienne 1	1,00	1,10

MOMENTY:



SIŁY PRZEKROJOWE:



NORMALNE: brak

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	-0,00	0,00	0,00
	1,00	0,600	-46,04	-153,48	0,00
2	0,00	0,000	-46,04	411,83	0,00
	0,50	1,610	<b>285,48*</b>	-0,00	0,00
	1,00	3,220	-46,04	-411,83	0,00
3	0,00	0,000	-46,04	153,48	0,00
	1,00	0,600	0,00	0,00	0,00

\* = Wartości ekstremalne

## PRĘTY NR 1,2

### Cechy przekroju:

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=0,30$  m,  $x_b=0,30$  m

Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=120,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B25**

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

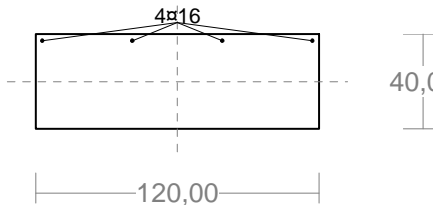
Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c=4800 \text{ cm}^2, \quad J_{cx}=640000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy}=5760000 \text{ cm}^4$$

**STAL: A-III (34GS)**

$$f_{yk}=410 \text{ MPa}, \quad \gamma_s=1,15, \quad f_{yd}=350 \text{ MPa}$$

$$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+350/20000)$$



$$00)=0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=8,04 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c = 100 \times 8,04/4800=0,17 \%,$$

$$J_{sx}=2379 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=14619 \text{ cm}^4,$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: FUNDAMEN, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=0,60$  m,  $x_b=0,00$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = 46,04 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,00 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = -153,48 \text{ kN}, \quad V_x = 0,00 \text{ kN},$$

$$\text{Siła osiowa:} \quad N = 0,00 \text{ kN} = N_{sd},$$

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=0,60$  m,  $x_b=0,00$  m)

Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,00 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx})^2 + (M_{sdy})^2} = \sqrt{(46,04)^2 + 0,00^2} = 46,04 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd}=350 \text{ MPa} \quad (f_{td}=435 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

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

$$A_{s1}=3,33 \text{ cm}^2 < \min A_{s1}=6,70 \text{ cm}^2, \text{ przyjęto } A_{s1}=6,70 \text{ cm}^2, \Rightarrow (4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (\* $A_{s2}=0$  nie jest obliczeniowo wymagane.\*|\* ( $\epsilon_c=-0,72$  ‰):

$$A_{s2}=0,00 \text{ cm}^2 \Rightarrow (0\phi 16 = 0,00 \text{ cm}^2) *$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,33 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=$$

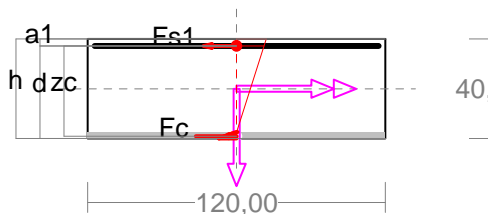
$$100 \times 3,33/4800=0,07 \%$$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, \quad d=37,2, \quad x=2,5 \quad (\xi=0,067),$$

$$a_1=2,8, \quad a_c=0,9, \quad z_c=36,3, \quad A_{cc}=300 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,72 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$



### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

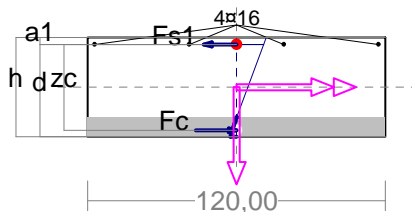
$$F_c = -126,71, F_{s1} = 126,71,$$
$$M_c = 24,25, M_{s1} = 21,79,$$

### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -126,71 + (126,71) = -0,00 \text{ kN} \quad (N_{sd} = 0,00 \text{ kN})$$
$$M_c + M_{s1} = 24,25 + (21,79) = 46,04 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 46,04 \text{ kNm})$$

### **Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 0,60 \text{ m}$ ,  $x_b = 0,00 \text{ m}$



### Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd} = 0,00 \text{ kN},$$
$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(46,04^2 + 0,00^2)} = 46,04 \text{ kNm}$$
$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 350 \text{ MPa} \quad (f_{td} = 435 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

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

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 8,04 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 8,04 / 4800 = 0,17 \%$$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 37,2, \quad x = 7,8 \quad (\xi = 0,211),$$
$$a_1 = 2,8, \quad a_c = 2,6, \quad z_c = 34,6, \quad A_{cc} = 941 \text{ cm}^2,$$
$$\epsilon_c = -0,22 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1} = 0,83 \text{ ‰},$$

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -133,22, F_{s1} = 133,22,$$
$$M_c = 23,13, M_{s1} = 22,91,$$

### Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 109,40 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} = 23,13 + (22,91) = 46,04 \text{ kNm}$$

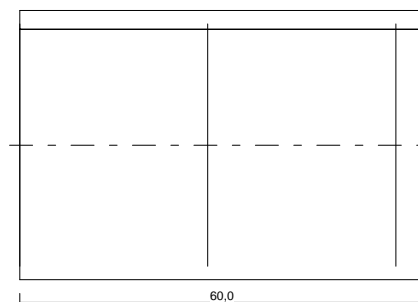
### **Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-III, dla której  $f_{ywd} = 350 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 410 = 0,00087$$



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 60,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 279$  mm.

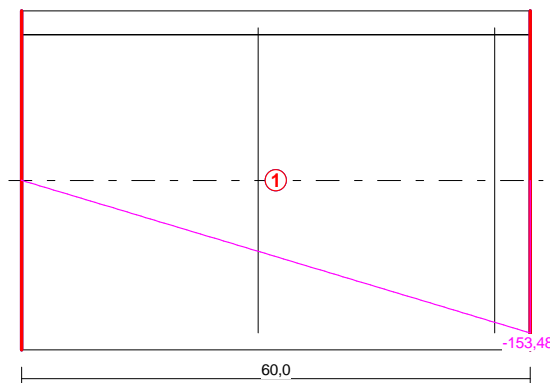
Przyjęto strzemiona 5-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **27,9** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,51 / (27,9 \times 120,0 \times 1,000) = 0,00075$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00075} < \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

### **Ścinanie**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 60,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,00$ ;

$$V_{Sd \max} = -153,48 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -95,16$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{0,00}{120,0 \times 37,2} = 0,000000; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,00 / 4800,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,00$  MPa.

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d =$$
$$= [0,35 \times 1,23 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,000000) + 0,15 \times 0,00] \times 120,0 \times 37,2 \times 10^{-1} =$$

230,61 kN

$$V_{Sd} = 95,16 < 230,61 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{95,16} < \mathbf{230,61} = V_{Rd1}$$

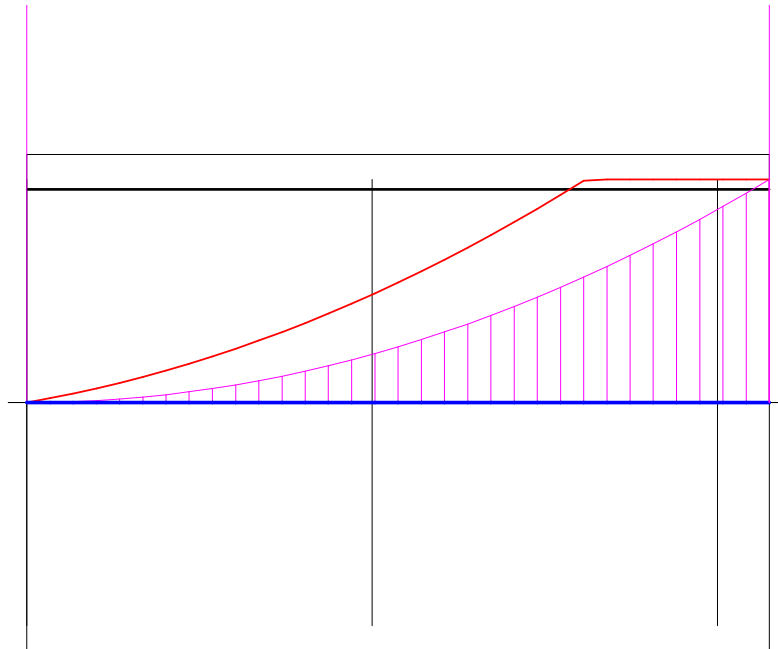
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 120,0 \times 33,5 \times 10^{-1} = 1474,78 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 153,48 < 1474,78 = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,600 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 153,48 \times (1,000) = 76,74 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 133,22 + 76,74 = 209,96 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 133,22 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 133,22 \text{ kN}$

$$F_{td} = 133,22 < 281,49 = 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Ugięcia

zadanie FUNDAMEN, 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:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 32000 \times 10^{-3} = 70,40 \text{ kNm}$$

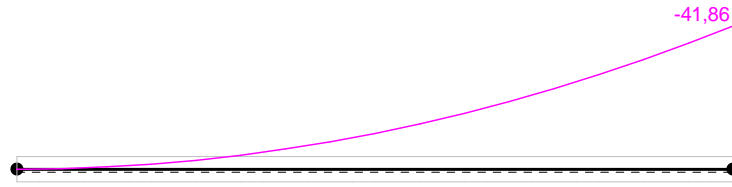
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = -41,86 \text{ kN}$  nie powoduje zarysowania przekroju.

## Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

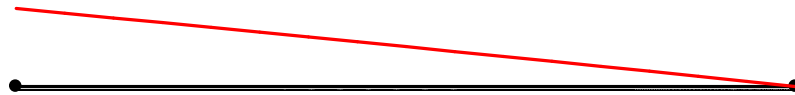
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = -41,86$  kNm.

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 20,6$  cm  $I_I = 686043$  cm<sup>4</sup>

$$B = E_{c,eff} I_I = 10000 \times 686043 \times 10^{-5} = 68604 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

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

$$a = a_{\infty,d} = 0,7 \text{ mm}$$

$$a = 0,7 < 3,0 = a_{lim}$$

## **PRĘT NR 2**

### **Siły przekrojowe:**

zadanie: FUNDAMEN, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=1,61$  m,  $x_b=1,61$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

Momenty zginające:  $M_x = -285,48$  kNm,  $M_y = 0,00$  kNm,

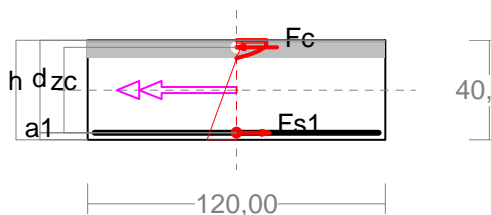
Siły poprzeczne:  $V_y = -0,00$  kN,  $V_x = 0,00$  kN,

Siła osiowa:  $N = 0,00$  kN =  $N_{Sd}$  .

### **Zbrojenie wymagane:**

(zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=1,61$  m,  $x_b=1,61$  m)





Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd}=0,00 \text{ kN},$$

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-285,48^2 + 0,00^2)}$$

$$=285,48 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa} (f_{td}=435 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

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

$$A_{s1}=\mathbf{21,83 \text{ cm}^2} \Rightarrow (11 \times 16 = 22,12 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (\* $A_{s2}=0$  nie jest obliczeniowo wymagane.\*|\* ( $\epsilon_c=-2,40 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s2}=\mathbf{0,00 \text{ cm}^2} \Rightarrow (0 \times 16 = 0,00 \text{ cm}^2) *$$

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=21,83 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 21,83/4800=0,45 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,2, x=7,2 (\xi=0,194),$$

$$a_1=2,8, a_c=2,8, z_c=34,4, A_{cc}=864 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-2,40 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -829,68, F_{s1} = 829,68,$$

$$M_c = 142,77, M_{s1} = 142,70,$$

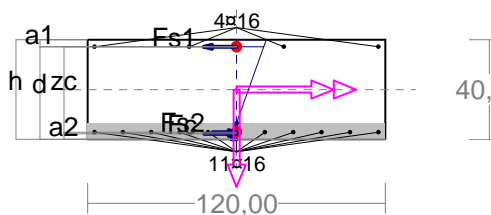
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -829,68 + (829,68) = -0,00 \text{ kN} (N_{Sd}=0,00 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 142,77 + (142,70) = 285,48 \text{ kNm} (M_{Sd}=285,48 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=3,22 \text{ m}, x_b=0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd}=0,00 \text{ kN},$$

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(46,04^2 + 0,00^2)}$$

$$=46,04 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa} (f_{td}=435 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

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

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=30,16 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 30,16/4800=0,63 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,2, x=6,5 (\xi=0,175),$$

$$a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=2,2, z_c=35,0, A_{cc}=782 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,17 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,10 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=0,82 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -88,21, F_{s1} = 132,28, F_{s2} = -44,07,$$

$$M_c = 15,71, M_{s1} = 22,75, M_{s2} = 7,58,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = \mathbf{108,81 \text{ kNm}} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 15,71 + (22,75) + (7,58) = \mathbf{46,04 \text{ kNm}}$$

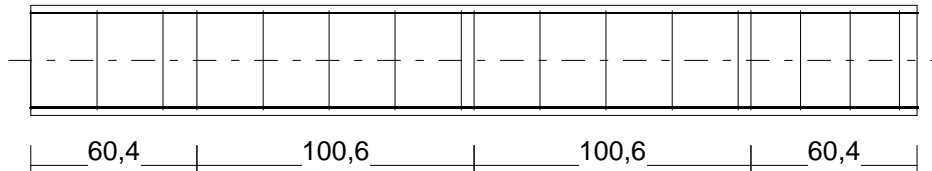
**Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8$  mm ze stali A-III, dla której  $f_{ywd} = 350$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{20} / 410 = 0,00087$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 60,4$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 279$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 5-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,51 / (24,0 \times 120,0 \times 1,000) = 0,00087$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00087} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 60,4$   $x_b = 161,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 279$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 5-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,51 / (24,0 \times 120,0 \times 1,000) = 0,00087$$
$$\rho_w = \mathbf{0,00087} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 161,0$   $x_b = 261,6$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 279$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 5-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,51 / (24,0 \times 120,0 \times 1,000) = 0,00087$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00087} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 261,6$   $x_b = 322,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 372 = 279 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 279$  mm.

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

Przyjęto strzemiona 5-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **18,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

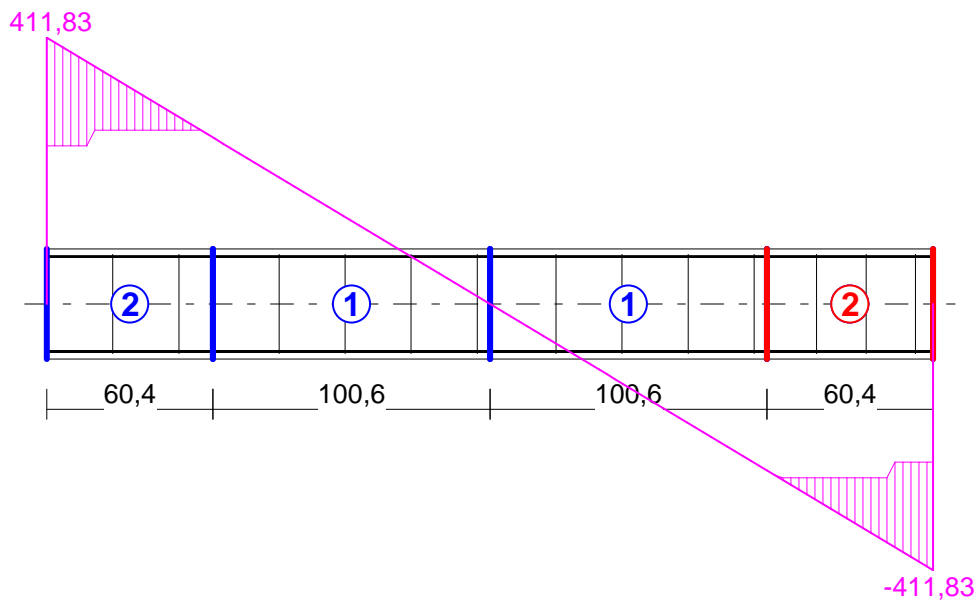
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,51 / (18,0 \times 120,0 \times 1,000) = 0,00116$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00116} > \mathbf{0,00087} = \rho_{w \min}$$

### Ścinanie

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 4

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 261,6$   $x_b = 322,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,00$ ;

$$V_{Sd \max} = -411,83 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -316,67$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{120,0 \times 37,2} = 0,00180; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00180$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = 0,00 / 4800,00 \times 10 = 0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,00$  MPa.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,23 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00180) + 0,15 \times 0,00] \times 120,0 \times 37,2 \times 10^{-1} = \\ &244,46 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 316,67 > 244,46 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 27,3^\circ$

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

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

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

Przyjęto  $\Delta V_{Rd} = 0,00$  kN.

$$\begin{aligned} V_{Rd2} &= v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} = \\ &= 0,552 \times 13,3 \times 120,0 \times 33,5 \frac{1,935}{1 + 1,935^2} \times 10^{-1} + 0,00 = 1202,85 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 411,83 < 1202,85 = V_{Rd2}$$

$$\begin{aligned} V_{Rd3} &= V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha = \\ &= \frac{2,51 \times 350}{18,0} 33,5 \times 1,935 \times 10^{-1} = 316,67 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 316,67 < 316,67 = V_{Rd3}$$

## Zarysowanie

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2,

Położenie przekroju:  $x = 1,594$  m

Siły przekrojowe:  $M_{Sd} = 259,49$  kNm

$$N_{Sd} = 0,00 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 3,83 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:  $b_w = 120,0$  cm

$$d = h - a_1 = 40,0 - 2,8 = 37,2 \text{ cm}$$

$$A_c = 4800 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 32000 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 2400 / 240 = 8,80 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 24,13 > 8,80 = A_s$$

## Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 32000 \times 10^{-3} = 70,40 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 259,49 > 70,40 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 24,13 / 840 = 0,02872$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 16 / 0,02872 = 105,70$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 324,99 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (70,40 / 259,49)^2] = 0,00157 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 105,70 \times 0,00157 = 0,28 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,28} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

**Ugięcia**

zadanie FUNDAMEN, pręt nr 2

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:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 32000 \times 10^{-3} = 70,40 \text{ kNm}$$

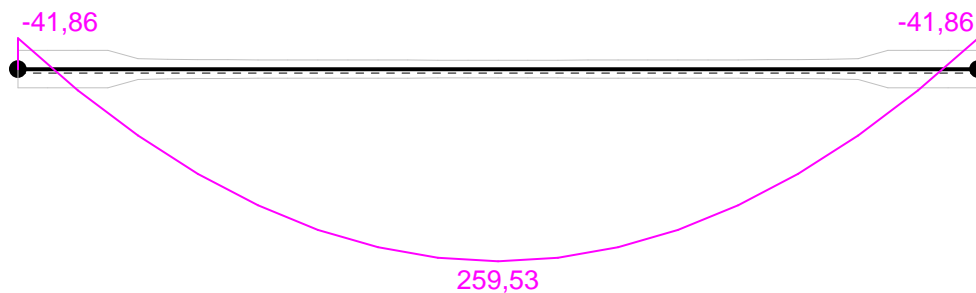
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 259,53 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

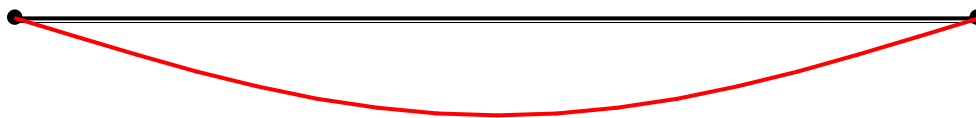
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 259,53 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 21,0 \text{ cm}$   $I_I = 824718 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 13,0 \text{ cm}$   $I_{II} = 387210 \text{ cm}^4$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{10000 \times 387210}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (70,40 / 259,53)^2 \times (1 - 387210 / 824718)} \times 10^{-5} = 39492 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,610$  cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 6,8 \text{ mm}$$

$$a = \mathbf{6,8} < \mathbf{16,1} = a_{\text{lim}}$$

### **Podsumowanie:**

Warunki SGN i SGU są spełnione dla ławy fundamentowej o wymiarach  $1,2 \times 4,42 \times 0,4$  [m]. Zaprojektowano zbrojenie  $12\Phi 16$  górą i  $4\Phi 16$  dołem.