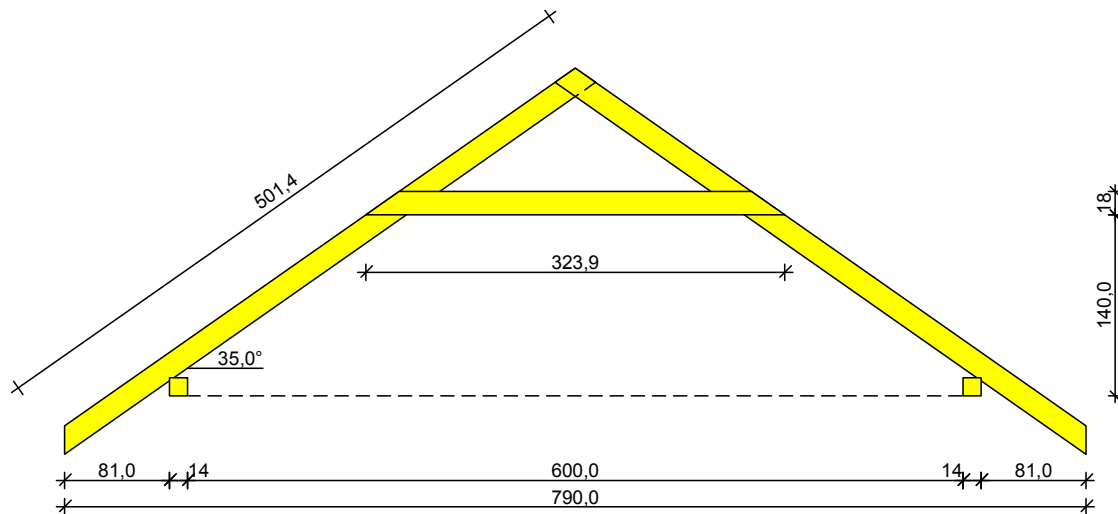


## Poz. 1.0 – Dach

### Szkic więzara



### Geometria ustroju:

Kąt nachylenia połaci dachowej  $\alpha = 35,0^\circ$

Rozpiętość więzara  $l = 7,90$  m

Rozstaw podpór w świetle  $l_s = 6,00$  m

Poziom jętki  $h = 1,40$  m

Rozstaw krokwi  $a = 0,90$  m

Usztywnienia boczne krokwi - na całej długości elementu

Usztywnienia boczne jętki - brak

Przesuwność jętki - tak

Rozstaw podparć murłaty  $l_{mo} = 2,00$  m

Wysięg wspornika murłaty  $l_{mw} = 0,50$  m

### Obciążenia (wartości charakterystyczne i obliczeniowe):

- pokrycie dachu (wg PN-82/B-02001: Dachówka ceramiczna karpiówka (pojedyncza)):

$$g_k = 0,90 \text{ kN/m}^2, \quad g_o = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie śniegiem (wg PN-80/B-02010/Az1/Z1: strefa 4):

$$\text{- na stronie nawietrznej} \quad s_{kl} = 1,60 \text{ kN/m}^2, \quad s_{ol} = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- na stronie zawietrznej} \quad s_{kp} = 1,07 \text{ kN/m}^2, \quad s_{op} = 1,60 \text{ kN/m}^2$$

- obciążenie wiatrem (wg PN-77/B-02011/Z1-3: strefa I, teren A, wys. budynku z = 10,0 m):

- na stronie nawietrznej  $p_{kl I} = -0,10 \text{ kN/m}^2$ ,  $p_{ol I} = -0,13 \text{ kN/m}^2$

- na stronie nawietrznej  $p_{kl II} = 0,15 \text{ kN/m}^2$ ,  $p_{ol II} = 0,19 \text{ kN/m}^2$

- na stronie zawietrznej  $p_{kp} = -0,18 \text{ kN/m}^2$ ,  $p_{op} = -0,23 \text{ kN/m}^2$

- obciążenie jętki  $q_{jk} = 0,00 \text{ kN/m}^2$ ,  $q_{jo} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

- ocieplenie dolnego odcinka krokwi  $g_{kk} = 0,00 \text{ kN/m}^2$ ,  $g_{ok} = 0,00 \text{ kN/m}^2$

- obciążenie jętki robotnikiem  $F_{jk} = 1,0 \text{ kN}$ ,  $F_{jo} = 1,2 \text{ kN}$

### Dane materiałowe:

- krokiew 7/18 cm (zaciosy: murlata - 3 cm, jętka - 3 cm) z drewna C27

- jętka 7/18 cm z drewna C27,

- murlata 14/14 cm z drewna C27

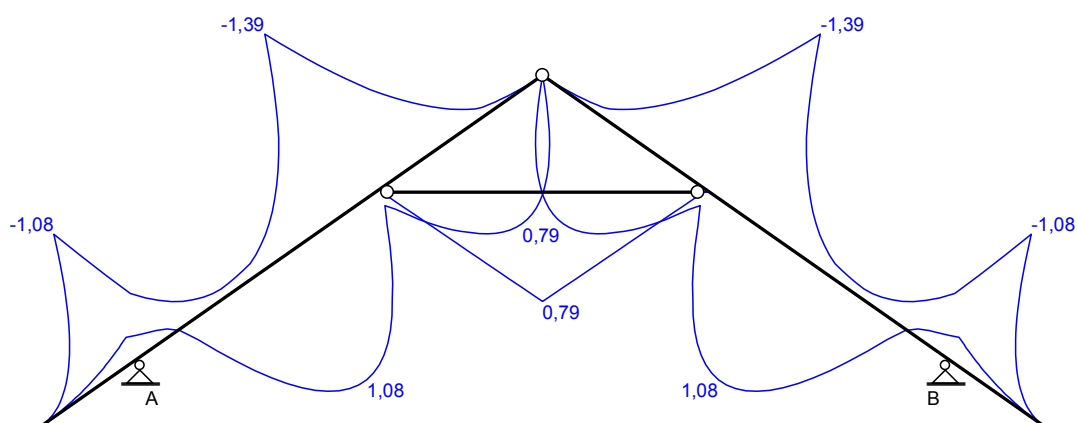
### Założenia obliczeniowe:

- klasa użytkowania konstrukcji: 2

- obciążenie śniegiem traktuje się jako obciążenie średniotrwałe

### WYNIKI

#### Obwiednia momentów:



#### Ekstremalne reakcje podporowe

$V_{\max} = 13,53 \text{ kN}$        $V_{\min} = 2,79 \text{ kN}$

$H_{\max} = 10,76 \text{ kN}$        $H_{\min} = 3,18 \text{ kN}$

### Wymiarowanie wg PN-B-03150: 2000

drewno z gatunków iglastych, klasy **C27** →  $f_{m,y,d} = 16,62 \text{ MPa}$ ,  $f_{m,z,d} = 16,62 \text{ MPa}$ ,  $f_{c,0,d} = 13,54 \text{ MPa}$

**Krokiew 7/18 cm** (zaciosy: murlata - 3 cm, jętka - 3 cm) z drewna C27

#### Smukłość

$$\lambda_y = 59,7 < 150$$

$$\lambda_z = 0,0 < 150$$

#### Maksymalne siły i naprężenia w przęśle

$$M = 1,08 \text{ kNm} \quad N = 12,08 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,85 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,96 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,733$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,268 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,125 < 1$$

#### Maksymalne siły i naprężenia na podporze - murlacie

$$M = -1,08 \text{ kNm} \quad N = 15,71 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,13 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 1,50 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,261 < 1$$

#### Maksymalne siły i naprężenia na podporze - jętce

$$M = -1,39 \text{ kNm} \quad N = 10,18 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 6,46 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 1,41 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,733$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,531 < 1$$

$$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,283 < 1$$

**Jętka 7/18 cm** z drewna C27

#### Smukłość

$$\lambda_y = 51,3 < 150$$

$$\lambda_z = 132,0 < 150$$

#### Maksymalne siły i naprężenia

$$M = 0,79 \text{ kNm} \quad N = 8,21 \text{ kN}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 2,09 \text{ MPa} \quad \sigma_{c,0,d} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$k_{c,y} = 0,842, \quad k_{c,z} = 0,190$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,183 < 1$$

$$\sigma_{c,0,d}/(k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}) + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} = 0,380 < 1$$

### **Murłata 14/14 cm z drewna C27**

#### Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 15,04 \text{ kN/m} \quad q_y = 11,96 \text{ kN/m}$$

#### Maksymalne siły i naprężenia

$$M_z = 5,12 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,z,d} = 11,200 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,674 < 1$$

### **Część wspornikowa murłaty**

#### Obciążenia obliczeniowe

$$q_z = 15,04 \text{ kN/m} \quad q_y = 11,96 \text{ kN/m}$$

#### Maksymalne siły i naprężenia

$$M_y = 1,88 \text{ kNm} \quad M_z = 1,49 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,y,d} = 4,11 \text{ MPa} \quad \sigma_{m,z,d} = 3,27 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + k_m \cdot \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,385 < 1$$

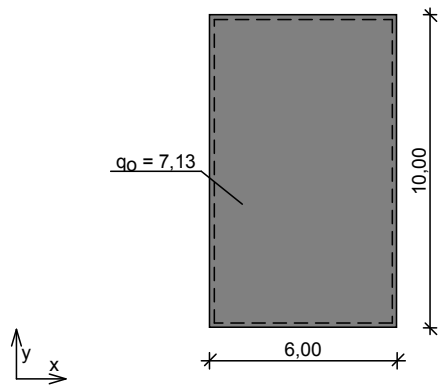
$$k_m \cdot \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} = 0,370 < 1$$

### **Poz. 1.1-strop**

#### Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m<sup>2</sup>]:

Lp.	Opis obciążenia	Obc.char.	$\gamma_f$	$k_d$	Obc.obl.
1.	obc.użytkowe	1,50	1,40	--	2,10
2.	styropian 15cm	0,07	1,20	--	0,08
3.	Płyta żelbetowa grub.18 cm	4,50	1,10	--	4,95
	$\Sigma:$	6,07	1,18		7,13

Schemat statyczny płyty:



Rozpiętość obliczeniowa płyty  $l_{\text{eff},x} = 6,00$  m

Rozpiętość obliczeniowa płyty  $l_{\text{eff},y} = 10,00$  m

### **Wyniki obliczeń statycznych:**

#### Kierunek x:

Moment przeszłowy obliczeniowy  $M_{\text{Sdx}} = 20,87$  kNm/m

Moment przeszłowy charakterystyczny  $M_{\text{Skx}} = 17,76$  kNm/m

Moment przeszłowy charakterystyczny długotrwały  $M_{\text{Skx,it}} = 17,76$  kNm/m

Maksymalne oddziaływanie podporowe  $Q_{\text{ox,max}} = 21,40$  kN/m

Zastępcze oddziaływanie podporowe  $Q_{\text{ox}} = 18,13$  kN/m

#### Kierunek y:

Moment przeszłowy obliczeniowy  $M_{\text{Sdy}} = 7,51$  kNm/m

Moment przeszłowy charakterystyczny  $M_{\text{Sky}} = 6,39$  kNm/m

Moment przeszłowy charakterystyczny długotrwały  $M_{\text{Sky,it}} = 6,39$  kNm/m

Maksymalne oddziaływanie podporowe  $Q_{\text{oy,max}} = 21,40$  kN/m

Zastępcze oddziaływanie podporowe  $Q_{\text{oy}} = 13,38$  kN/m

### **Dane materiałowe :**

**Grubość płyty**            **18,0 cm**

Klasa betonu **B20** (C16/20) →  $f_{\text{cd}} = 10,67$  MPa,  $f_{\text{ctd}} = 0,87$  MPa,  $E_{\text{cm}} = 29,0$  GPa

Ciężar objętościowy betonu     $\rho = 25$  kN/m<sup>3</sup>

Wilgotność środowiska            RH = 50%

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono)  $\phi = 3,16$

Stal zbrojeniowa A-III (**34GS**)  $\rightarrow f_{yk} = 410 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$ ,  $f_{tk} = 500 \text{ MPa}$

Otulenie zbrojenia przęsłowego w kierunku x  $c_{nom,x} = 20 \text{ mm}$

Otulenie zbrojenia przęsłowego w kierunku y  $c_{nom,y} = 20 \text{ mm}$

### Założenia obliczeniowe :

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Graniczna szerokość rys  $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

Graniczne ugięcie  $a_{lim} = l_{eff}/200$  - jak dla stropów (tablica 8)

### Wymiarowanie wg PN-B-03264:2002 (metoda uproszczona):

Kierunek x:

Przęsło:

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 4,05 \text{ cm}^2/\text{mb}$ . Przyjęto  $\phi 12$  co **20,0 cm** o  $A_s = 5,65 \text{ cm}^2/\text{mb}$  ( $\rho = 0,37\%$ )

Szerokość rys prostopadłych:  $w_{kx} = 0,226 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

Maksymalne ugięcie:  $a_x(M_{Skx,It}) = 40,04 \text{ mm}$

Kierunek y:

Przęsło:

Zbrojenie potrzebne  $A_s = 2,00 \text{ cm}^2/\text{mb}$ . Przyjęto  $\phi 12$  co **20,0 cm** o  $A_s = 5,65 \text{ cm}^2/\text{mb}$  ( $\rho = 0,37\%$ )

Szerokość rys prostopadłych:  $w_{ky} = 0,000 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

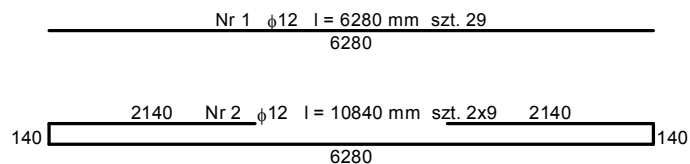
Maksymalne ugięcie:  $a_y(M_{Sky,It}) = 17,46 \text{ mm}$

Ugięcie całkowite płyty:

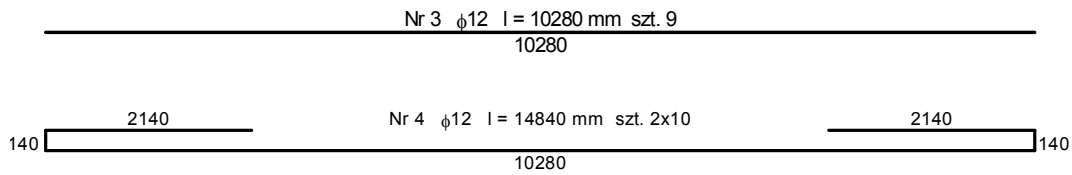
Maksymalne ugięcie od  $M_{Sk,It}$ :  $a(M_{Sk,It}) = 28,75 \text{ mm} < a_{lim} = 30,00 \text{ mm}$

### Szkic zbrojenia:

Kierunek x:



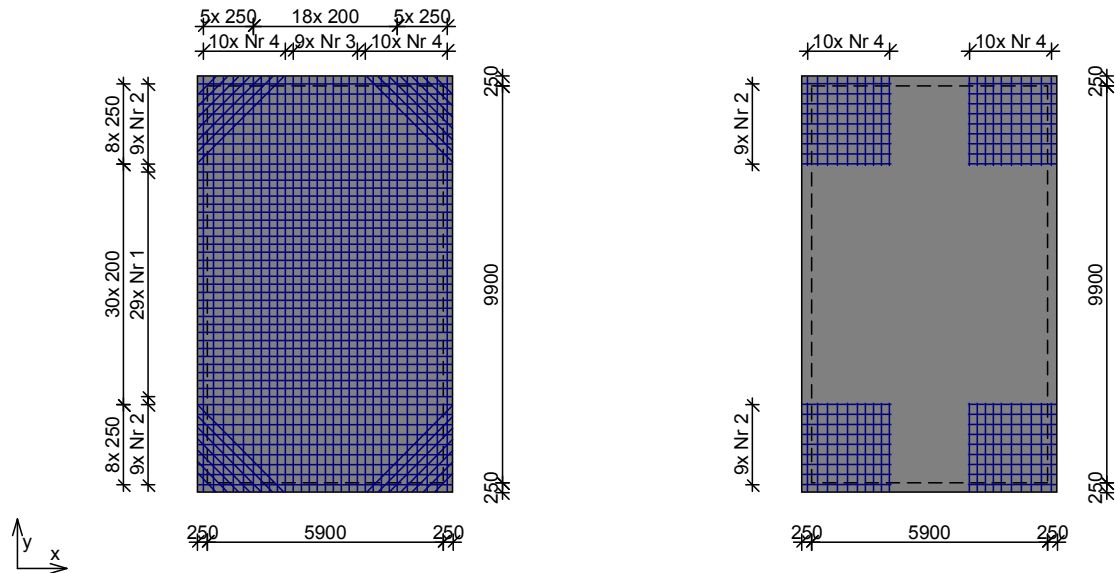
Kierunek y:



Zbrojenie naroży dołem:

Nr 5  $\phi 12$  co 200 mm  $l = 650-3050$  mm szt. 4x 7  
650-3050

Schemat rozmieszczenia prętów (dołem i góra):



Zestawienie stali zbrojeniowej

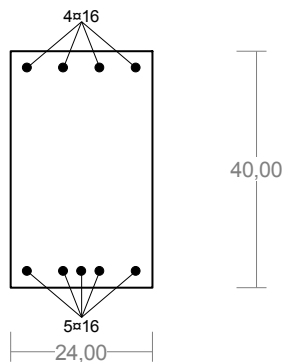
Nr	Średnica	Długość	Liczba	34GS
				$\phi 12$
1.	12	628	29	182,12
2.	12	1084	18	195,12
3.	12	1028	9	92,52
4.	12	1484	20	296,80
5.	12	305	4	12,20
	12	265	4	10,60

	12	225	4	9,00
	12	185	4	7,40
	12	145	4	5,80
	12	105	4	4,20
	12	65	4	2,60
Długość wg średnic [m]				818,4
Masa 1mb pręta [kg/mb]				0,888
Masa wg średnic [kg]				726,7
Masa wg gatunku stali [kg]				727,0
Razem [kg]				<b>727</b>

### Poz. 1.2- Nadproże 40x24cm

#### Cechy przekroju:

zadanie poz.1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,05$  m,  $x_b=2,05$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B20

$$f_{ck} = 16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 960 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 128000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 46080 \text{ cm}^4$$

STAL: A-III (34GS)

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 18,10 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 18,10 / 960 = 1,88 \%,$$

$$J_{sx} = 5353 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 756 \text{ cm}^4,$$

#### Siły przekrojowe:

zadanie: poz.1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,05$  m,  $x_b=2,05$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -99,4 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$



Siły poprzeczne:  $V_y = 0,0 \text{ kN}$ ,  $V_x = 0,0 \text{ kN}$ ,

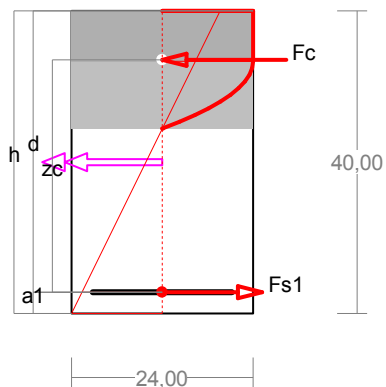
Siła osiowa:  $N = 0,0 \text{ kN} = N_{Sd}$ .

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie poz.1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,05 \text{ m}$ ,  $x_b=2,05 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,667$ ).



Wielkości obliczeniowe:

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

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-99,4^2+0,0^2)}=99,4 \text{ kNm}$

$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd}=350 \text{ MPa}=f_{td}$ ,

Zbrojenie rozciągane ( $\varepsilon_{s1}=4,87 \text{ ‰}$ ):

$A_{s1}=\mathbf{9,24 \text{ cm}^2} \Rightarrow (5 \times 16 = 10,05 \text{ cm}^2)$ ,

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,24 \text{ cm}^2$ ,  $\rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 9,24/960=0,96 \text{ ‰}$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$h=40,0$ ,  $d=37,2$ ,  $x=15,6$  ( $\xi=0,418$ ),

$a_1=2,8$ ,  $a_c=6,5$ ,  $z_c=30,7$ ,  $A_{cc}=373 \text{ cm}^2$ ,

$\varepsilon_c=-3,50 \text{ ‰}$ ,  $\varepsilon_{s1}=4,87 \text{ ‰}$ ,

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c=-323,5$ ,  $F_{s1}=323,5$ ,

$M_c=43,8$ ,  $M_{s1}=55,6$ ,

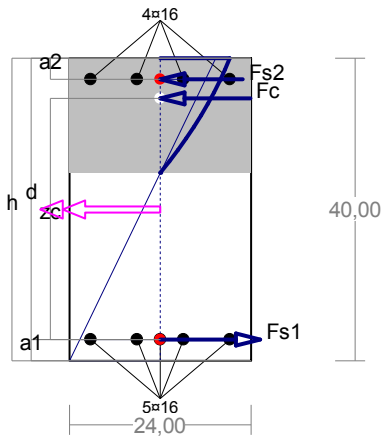
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$F_c+F_{s1}=-323,5+(323,5)=-0,0 \text{ kN}$  ( $N_{Sd}=0,0 \text{ kN}$ )

$M_c+M_{s1}=43,8+(55,6)=99,4 \text{ kNm}$  ( $M_{Sd}=99,4 \text{ kNm}$ )

### Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie poz.1, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,05 \text{ m}$ ,  $x_b=2,05 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-99,4^2+0,0^2)}=99,4 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa}=f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=\mathbf{10,05 \text{ cm}^2},$$

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=18,10 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 18,10/960=1,88 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,2, x=15,2 (\xi=0,407),$$

$$a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=5,3, z_c=31,9, A_{cc}=364 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,03 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,84 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,50 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-166,0, F_{s1}=301,1, F_{s2}=-135,0,$$

$$M_c=24,4, M_{s1}=51,8, M_{s2}=23,2,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd}=\mathbf{121,2 \text{ kNm}} > M_{Sd}=M_c+M_{s1}+M_{s2}=24,4+(51,8)+(23,2)=\mathbf{99,4 \text{ kNm}}$$

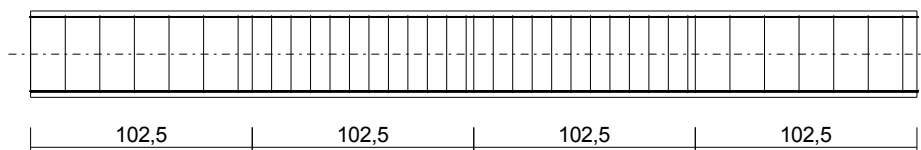
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie poz.1, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd}=190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min}=0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}=0,08 \times \sqrt{16} / 410=0,00078$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 102,5$  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 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00524$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00524} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 102,5$   $x_b = 205,0$  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 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **9,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (9,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00931$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00931} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 205,0$   $x_b = 307,5$  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 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **9,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (9,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00931$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00931} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 307,5$   $x_b = 410,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

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

przyjęto  $s_{\max} = 279 \text{ mm}$ .

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

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

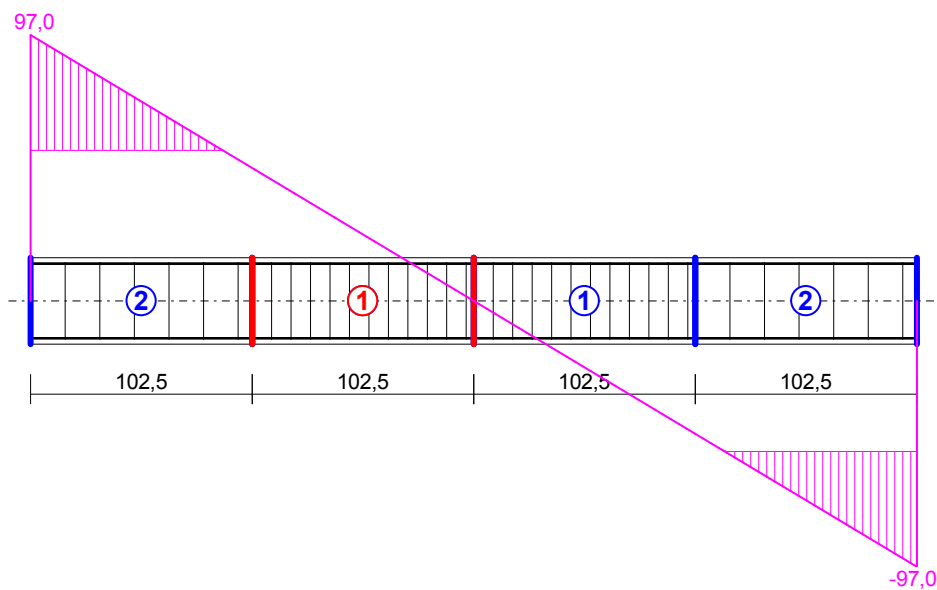
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00524$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00524} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

zadanie poz.1, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 2

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 102,5 \quad x_b = 205,0 \text{ cm}$

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0;$

$$V_{Sd \max} = 48,5 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{10,05}{24,0 \times 37,2} = 0,01126; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 1084,80 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

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

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 24,0 \times 37,2 \times 10^{-1} = 55,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 48,5 < 55,3 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 48,5 < 55,3 = V_{Rd1}$$

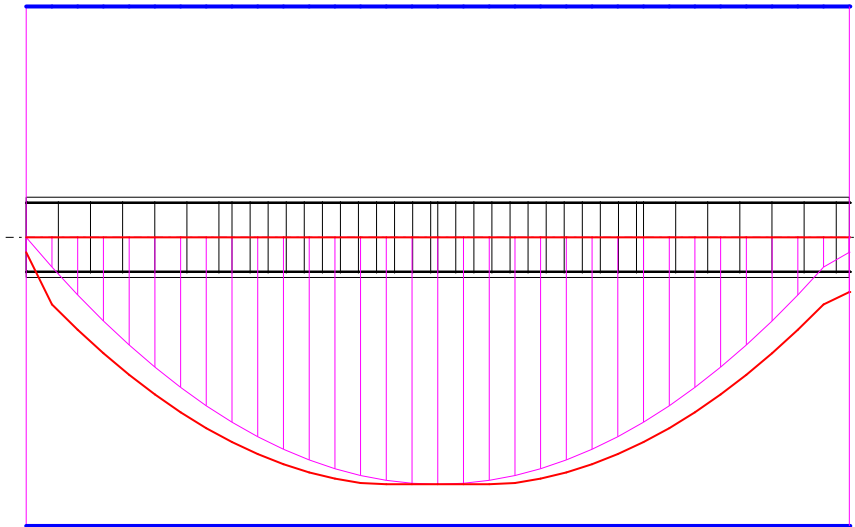
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 33,5 \times 10^{-1} = 241,4 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 48,5 < 241,4 = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie poz.1, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,050 \text{ m}$ :

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

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 301,1 + 0,0 = 301,1 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 301,1 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 301,1 \text{ kN}$

$$F_{td} = 301,1 < 351,9 = 10,05 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie poz.1, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 2,050 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 98,9 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

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

$$A_c = 960 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6400 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 480 / 240 = 1,52 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 10,05 > 1,52 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6400 \times 10^{-3} = 12,2 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 98,9 > 12,2 = M_{cr}$$

### **Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 10,05 / 168 = 0,05984$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 16 / 0,05984 = 76,74$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 296,6 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,2 / 98,9)^2] = 0,00147 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 76,74 \times 0,00147 = 0,19 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,19 < 0,3 = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

zadanie poz.1, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6400 \times 10^{-3} = 12,2 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{sd} = 98,9 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = 98,9 \text{ kNm}$ .

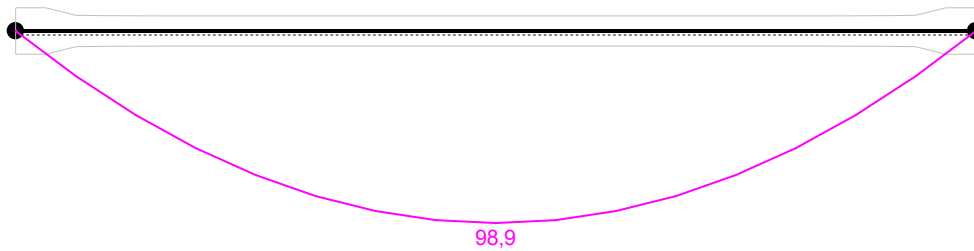
Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 20,5 \text{ cm} \quad I_I = 238376 \text{ cm}^4$$

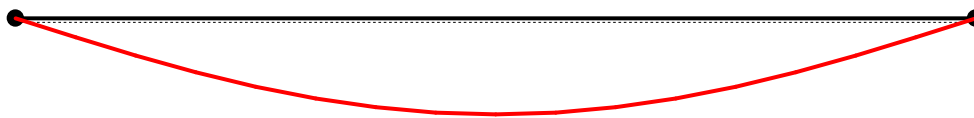
$$x_{II} = 14,8 \text{ cm} \quad I_{II} = 154257 \text{ cm}^4$$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_1)} =$$

$$= \frac{9667 \times 154257}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,2/98,9)^2 \times (1 - 154257/238376)} \times 10^{-5} = 14951 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,050$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

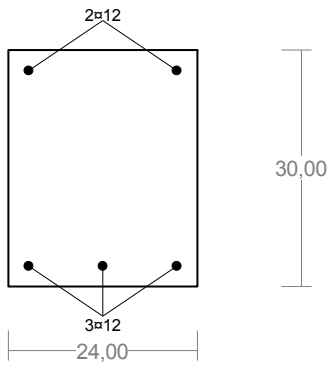
$$a = a_{\infty,d} = 11,6 \text{ mm}$$

$$a = 11,6 < 16,4 = a_{lim}$$

### Poz. 1.3 – Nadproże 30x24cm

#### Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25$  m,  $x_b=1,25$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=30,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck} = 16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 720 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 54000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 34560 \text{ cm}^4$$

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

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 5,65 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 5,65 / 720 = 0,79 \%,$$

$$J_{sx} = 869 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 400 \text{ cm}^4,$$

**Siły przekrojowe:**

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 1,25 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,25 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Momenty zginające:  $M_x = -26,7 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 0,0 \text{ kNm}$ ,

Siły poprzeczne:  $V_y = 0,0 \text{ kN}$ ,  $V_x = 0,0 \text{ kN}$ ,

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

**Zbrojenie wymagane:**

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 1,25 \text{ m}$ ,  $x_b = 1,25 \text{ m}$ )

Wielkości obliczeniowe:

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

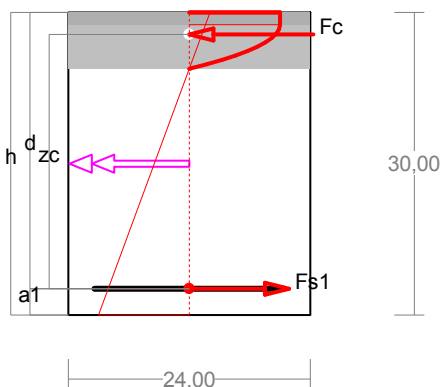
$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-26,7^2 + 0,0^2)} = 26,7 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

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

$$A_{s1} = 3,03 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3\phi 12 = 3,39 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.



$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 3,03 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 3,03 / 720 = 0,42 \%$$



### Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=27,4, x=5,6 (\xi=0,204),$$

$$a_1=2,6, a_c=2,2, z_c=25,2, A_{cc}=134 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-2,56 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-106,0, F_{s1}=106,0,$$

$$M_c=13,6, M_{s1}=13,1,$$

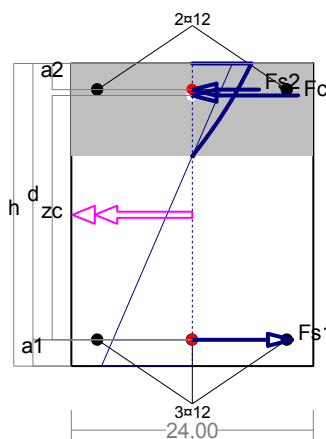
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-106,0+(106,0)=-0,0 \text{ kN } (N_{sd}=0,0 \text{ kN})$$

$$M_c+M_{s1}=13,6+(13,1)=26,7 \text{ kNm } (M_{sd}=26,7 \text{ kNm})$$

### **Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25 \text{ m}, x_b=1,25 \text{ m}$



### Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-26,7^2 + 0,0^2)} = 26,7 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=\mathbf{3,39 \text{ cm}^2},$$

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=5,65 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 5,65/720=0,79 \%$$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=27,4, x=9,2 (\xi=0,335),$$

$$a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,2, z_c=24,2, A_{cc}=221 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,82 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,59 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,62 \text{ ‰},$$

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-83,2, F_{s1}=109,7, F_{s2}=-26,5,$$

$$M_c=9,8, M_{s1}=13,6, M_{s2}=3,3,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 30,1 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 9,8 + (13,6) + (3,3) = 26,7 \text{ kNm}$$

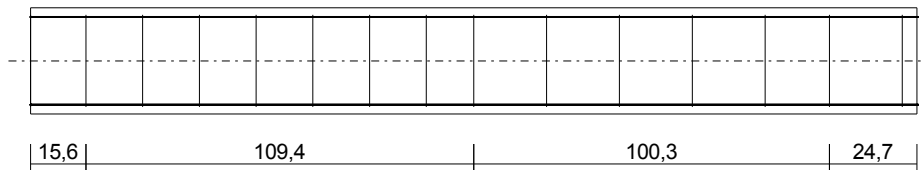
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 15,6 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 206 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = 0,00115 > 0,00078 = \rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 15,6$   $x_b = 125,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{max} = 206 \text{ mm}$ .

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (16,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00147$$

$$\rho_w = 0,00147 > 0,00078 = \rho_{w,min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 125,0$   $x_b = 225,3$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00115} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 225,3$   $x_b = 250,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

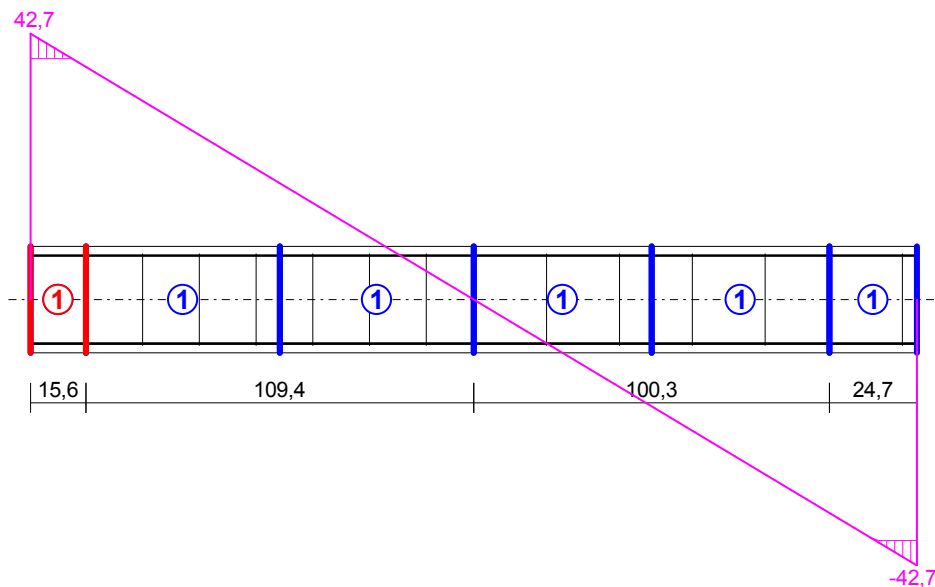
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00115} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

### Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 15,6$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;  
 $V_{Sd \max} = 42,7 \text{ kN}$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 37,4 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{24,0 \times 27,4} = 0,00516; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00516$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 759,00 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00516) + 0,15 \times 0,0] \times 24,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 38,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 37,4 < 38,7 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{37,4 < 38,7} = V_{Rd1}$$

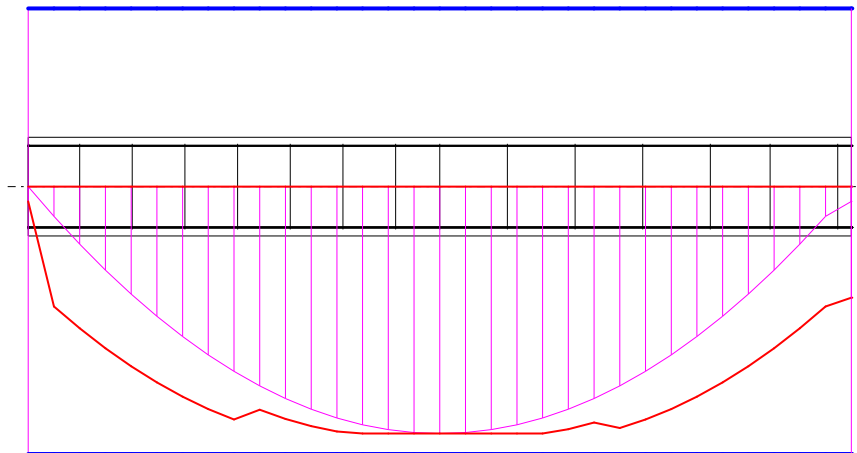
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 177,8 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{42,7 < 177,8} = V_{Rd2}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie nowe, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,016 \text{ m}$ :

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 8,0 \times (1,129) = 4,5 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 105,8 + 4,5 = 110,3 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 109,7 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 109,7 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{109,7} < \mathbf{118,8} = 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 1,250 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 26,6 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 720 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3600 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 360 / 280 = 0,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{3,39} > \mathbf{0,98} = A_s$$

## Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,8 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 26,6 > 6,8 = M_{cr}$$

## **Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 3,39 / 156 = 0,02175$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,02175 = 105,17$$

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

$$= 320,0 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,8 / 26,6)^2] = 0,00155$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 105,17 \times 0,00155 = 0,28 \text{ mm}$$

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

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

## Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,8 \text{ kNm}$$

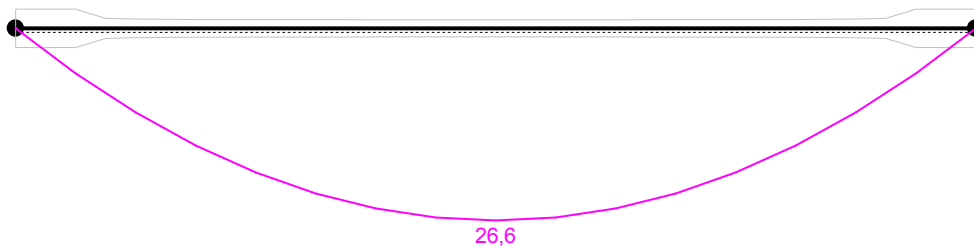
Całkowity moment zginający  $M_{sd} = 26,6 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

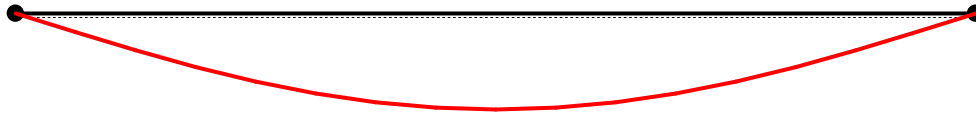
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = 26,6 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 15,3 \text{ cm}$   $I_I = 71889 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 9,1 \text{ cm}$   $I_{II} = 31514 \text{ cm}^4$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$
$$= \frac{9667 \times 31514}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,8 / 26,6)^2 \times (1 - 31514 / 71889)} \times 10^{-5} = 3104 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,250$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

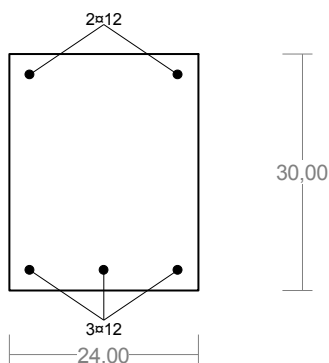
$$a = a_{\infty,d} = 5,5 \text{ mm}$$

$$a = 5,5 < 10,0 = a_{\text{lim}}$$

### Poz. 1.4 – Nadproże 24x24cm

#### Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25$  m,  $x_b=1,25$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=30,0, \quad b=24,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck} = 16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 720 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 54000 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 34560 \text{ cm}^4$$

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

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

$$\xi_{\text{lim}} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 5,65 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 5,65 / 720 = 0,79 \%$$

$$J_{sx} = 869 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 400 \text{ cm}^4,$$

#### Siły przekrojowe:

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25$  m,  $x_b=1,25$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

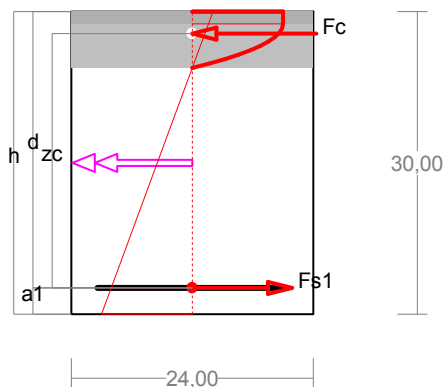
Momenty zginające:  $M_x = -26,7 \text{ kNm}$ ,  $M_y = 0,0 \text{ kNm}$ ,

Siły poprzeczne:  $V_y = 0,0 \text{ kN}$ ,  $V_x = 0,0 \text{ kN}$ ,

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

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25 \text{ m}$ ,  $x_b=1,25 \text{ m}$ )



Wielkości obliczeniowe:

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

$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-26,7^2+0,0^2)} = 26,7 \text{ kNm}$

$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd}=350 \text{ MPa} = f_{td}$ ,

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

$A_{s1}=3,03 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 12 = 3,39 \text{ cm}^2)$ ,

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,03 \text{ cm}^2$ ,  $\rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 3,03/720=0,42 \text{ ‰}$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$h=30,0$ ,  $d=27,4$ ,  $x=5,6$  ( $\xi=0,204$ ),

$a_1=2,6$ ,  $a_c=2,2$ ,  $z_c=25,2$ ,  $A_{cc}=134 \text{ cm}^2$ ,

$\epsilon_c=-2,56 \text{ ‰}$ ,  $\epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$ ,

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$F_c=-106,0$ ,  $F_{s1} = 106,0$ ,

$M_c= 13,6$ ,  $M_{s1} = 13,1$ ,

### Warunki równowagi wewnętrznej:

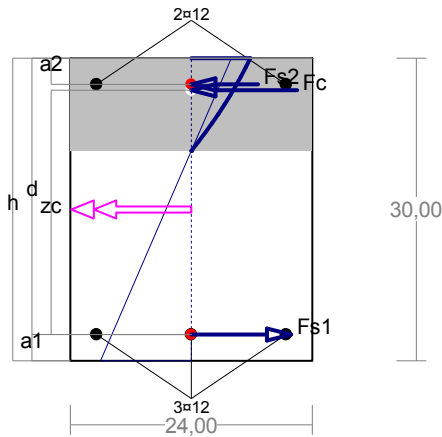
$F_c+F_{s1}=-106,0+(106,0)=-0,0 \text{ kN}$  ( $N_{Sd}=0,0 \text{ kN}$ )

$M_c+M_{s1}=13,6+(13,1)=26,7 \text{ kNm}$  ( $M_{Sd}=26,7 \text{ kNm}$ )

### Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,25 \text{ m}$ ,  $x_b=1,25 \text{ m}$





Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-26,7^2+0,0^2)}=26,7 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7 \text{ MPa}, f_{yd}=350 \text{ MPa}=f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=\mathbf{3,39 \text{ cm}^2},$$

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=5,65 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 5,65/720=0,79 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, d=27,4, x=9,2 (\xi=0,335),$$

$$a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=3,2, z_c=24,2, A_{cc}=221 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,82 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2}=-0,59 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,62 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-83,2, F_{s1}=109,7, F_{s2}=-26,5,$$

$$M_c=9,8, M_{s1}=13,6, M_{s2}=3,3,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = \mathbf{30,1 \text{ kNm}} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 9,8 + (13,6) + (3,3) = \mathbf{26,7 \text{ kNm}}$$

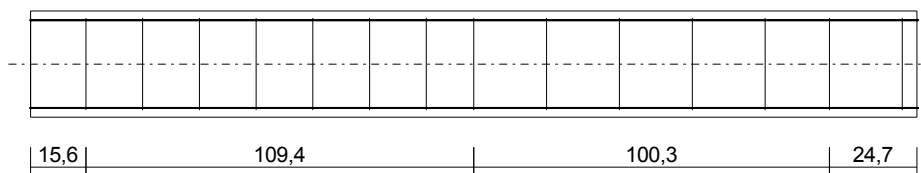
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 15,6$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00115} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 15,6$   $x_b = 125,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (16,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00147$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00147} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 125,0$   $x_b = 225,3$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00115} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 225,3$   $x_b = 250,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 274 = 206 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **20,6** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

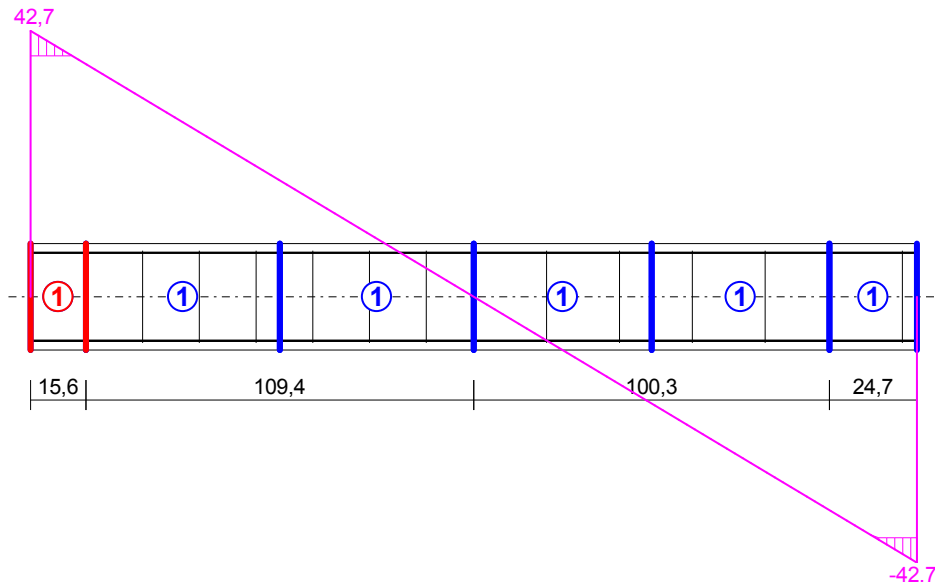
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (20,6 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00115$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00115} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 15,6$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$$V_{Sd \max} = 42,7 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 37,4$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{3,39}{24,0 \times 27,4} = 0,00516; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00516$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 759,00 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00516) + 0,15 \times 0,0] \times 24,0 \times 27,4 \times 10^{-1} = 38,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 37,4 < 38,7 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{37,4} < \mathbf{38,7} = V_{Rd1}$$

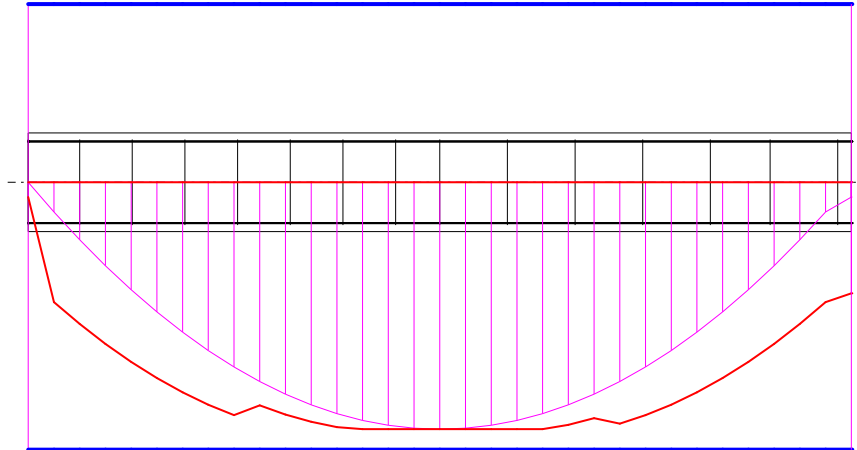
$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 24,7 \times 10^{-1} = 177,8 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 42,7 < 177,8 = V_{Rd2}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,016$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 8,0 \times (1,129) = 4,5 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 105,8 + 4,5 = 110,3 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 109,7 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 109,7$  kN

$$F_{td} = 109,7 < 118,8 = 3,39 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 1,250 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 26,6 \text{ kNm}$$

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

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

Wymiary przekroju:

$$b_w = 24,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 30,0 - 2,6 = 27,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 720 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 3600 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 360 / 280 = 0,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{3,39} > \mathbf{0,98} = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,8 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 26,6 > 6,8 = M_{cr}$$

### **Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 3,39 / 156 = 0,02175$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 12 / 0,02175 = 105,17$$

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

$$= 320,0 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,8 / 26,6)^2] = 0,00155$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 105,17 \times 0,00155 = 0,28 \text{ mm}$$

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

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,8 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 26,6 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

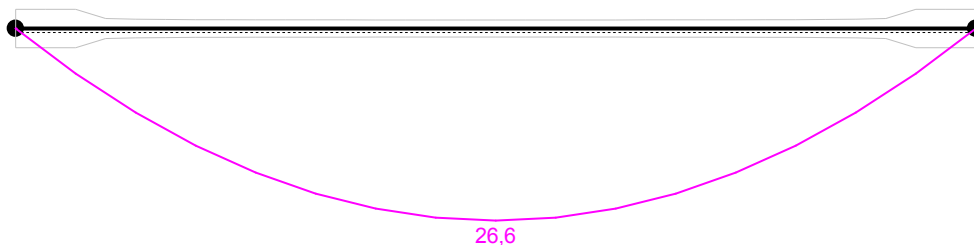
### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 26,6 \text{ kNm}$ .

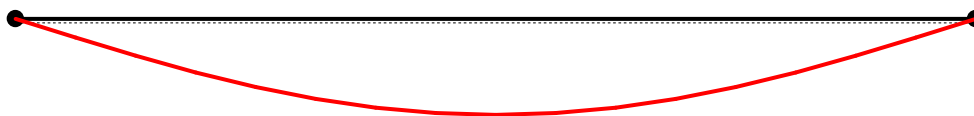
$$\text{Wielkości geometryczne przekroju:} \quad x_I = 15,3 \text{ cm} \quad I_I = 71889 \text{ cm}^4 \\ x_{II} = 9,1 \text{ cm} \quad I_{II} = 31514 \text{ cm}^4$$

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

$$= \frac{9667 \times 31514}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,8/26,6)^2 \times (1 - 31514/71889)} \times 10^{-5} = 3104 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,250 \text{ m}$ , wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

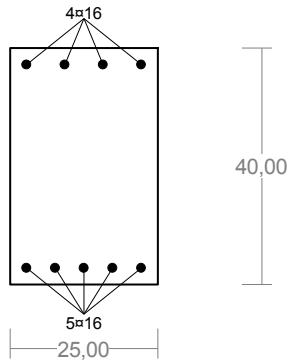
$$a = a_{\infty, d} = 5,5 \text{ mm}$$

$$a = 5,5 < 10,0 = a_{\text{lim}}$$

### Poz. 1.5 – Rygiel 40x25cm

#### Cechy przekroju:

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 2,19 \text{ m}$ ,  $x_b = 2,81 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=25,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck} = 16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 133333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 52083 \text{ cm}^4$$

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

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1} + A_{s2} = 18,10 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 (A_{s1} + A_{s2}) / A_c = 100 \times 18,10 / 1000 = 1,81 \%,$$

$$J_{sx} = 5353 \text{ cm}^4, \quad J_{sy} = 893 \text{ cm}^4,$$

**Siły przekrojowe:**

zadanie: nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 2,19 \text{ m}$ ,  $x_b = 2,81 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$\text{Momenty zginające:} \quad M_x = -47,2 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,0 \text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne:} \quad V_y = -8,6 \text{ kN}, \quad V_x = 0,0 \text{ kN},$$

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

**Zbrojenie wymagane:**

(zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 5,00 \text{ m}$ ,  $x_b = 0,00 \text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim} = 0,667$ ).

Wielkości obliczeniowe:

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

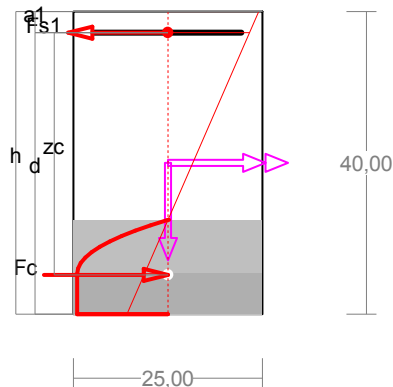
$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(86,4^2 + 0,0^2)} = 86,4 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ( $\epsilon_{s1} = 6,95 \text{ ‰}$ ):

$$A_{s1} = 7,71 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo



wymagane.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 7,71 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 7,71 / 1000 = 0,77 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,2, x = 12,5 (\xi = 0,335),$$

$$a_1 = 2,8, a_c = 5,2, z_c = 32,0, A_{cc} = 311 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -3,50 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 6,95 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -269,8, F_{s1} = 269,8,$$

$$M_c = 40,0, M_{s1} = 46,4,$$

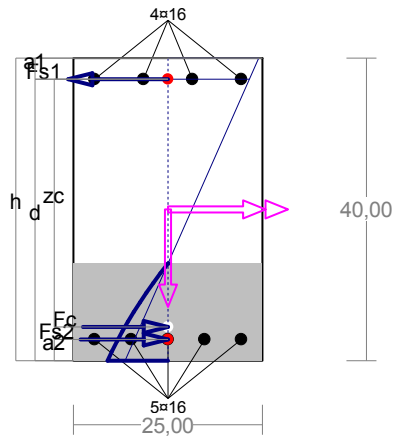
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -269,8 + (269,8) = 0,0 \text{ kN} (N_{sd} = 0,0 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 40,0 + (46,4) = 86,4 \text{ kNm} (M_{sd} = 86,4 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie nowe, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 5,00 \text{ m}, x_b = 0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(86,4^2 + 0,0^2)} = 86,4 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

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

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 10,05 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 18,10 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 18,10 / 1000 = 1,81 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, d = 37,2, x = 12,8 (\xi = 0,345),$$

$$a_1 = 2,8, a_2 = 2,8, a_c = 4,5, z_c = 32,7, A_{cc} = 321 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c = -0,84 \text{ ‰}, \varepsilon_{s2} = -0,66 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1} = 1,60 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -124,5, F_{s1} = 257,1, F_{s2} = -132,6,$$



$$M_c = 19,4, M_{s1} = 44,2, M_{s2} = 22,8,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 97,5 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 19,4 + (44,2) + (22,8) = 86,4 \text{ kNm}$$

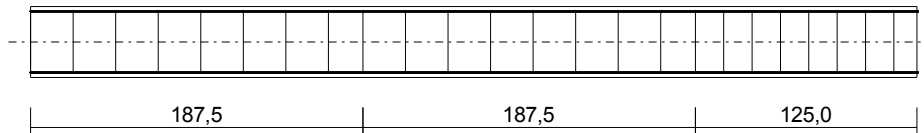
### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie nowe, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 6 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,\min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$



Rozstaw strzemion:

#### Strefa nr 1

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

Maksymalny rozstaw strzemion:

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

przyjęto  $s_{\max} = 279 \text{ mm}$ .

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

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,13 / (24,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00188$$

$$\rho_w = 0,00188 > 0,00078 = \rho_{w,\min}$$

#### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 187,5$   $x_b = 375,0 \text{ cm}$

Maksymalny rozstaw strzemion:

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

przyjęto  $s_{\max} = 279 \text{ mm}$ .

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

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,13 / (24,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00188$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00188} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 375,0$   $x_b = 500,0$  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 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

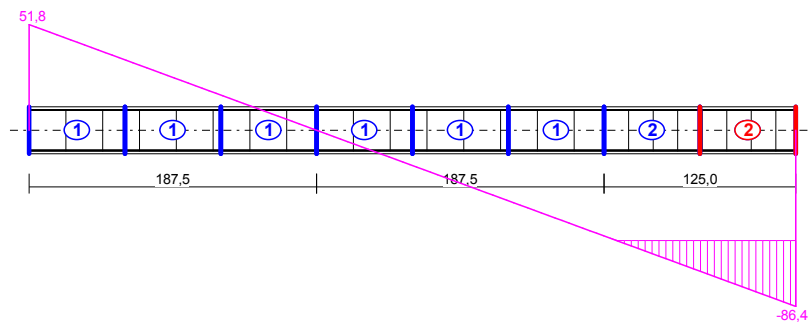
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 1,13 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00283$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00283} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

zadanie nowe, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 437,5$   $x_b = 500,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,0$ ;

$$V_{Sd \max} = -86,4 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = -76,1$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{8,04}{25,0 \times 37,2} = 0,00865; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00865$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = 0,0 / 1124,80 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = 0,0$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00865) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 37,2 \times 10^{-1} = 55,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 76,1 > 55,7 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 30,6^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

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

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

Przyjęto  $\Delta V_{Rd} = 0,0$  kN.

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 33,5 \frac{1,692}{1 + 1,692^2} \times 10^{-1} + 0,0 = 220,3 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 86,4 < 220,3 = V_{Rd2}$$

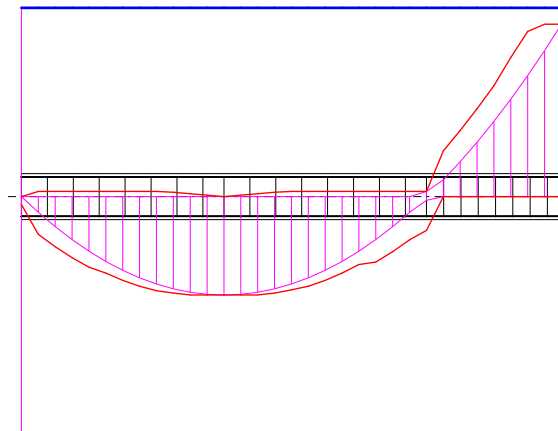
$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha =$$

$$= \frac{1,13 \times 190}{16,0} 33,5 \times 1,692 \times 10^{-1} = 76,1 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 76,1 < 76,1 = V_{Rd3}$$

### Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie nowe, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 4,844$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 82,1 \times (1,692 - 0,0 / 76,1 \times 0,000) = 69,4 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 217,8 + 69,4 = 287,2 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 257,1 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 257,1 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{257,1} < \mathbf{281,5} = 8,04 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

## Zarysowanie

zadanie nowe, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 5,000 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -85,6 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = -85,6 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

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

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6667 \text{ cm}^3$$

## Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 500 / 240 = 1,58 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = \mathbf{8,04} > \mathbf{1,58} = A_s$$

## Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 85,6 > 12,7 = M_{cr}$$

## **Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 8,04 / 175 = 0,04596$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,5 \times 16 / 0,04596 = 84,82$$

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

$$= 314,9 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,7 / 85,6)^2] = 0,00156$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 84,82 \times 0,00156 = 0,22 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,22} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{1,13}{16,0 \times 25,0} = 0,00283$$

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

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00283 + 0,00000 = 0,00283$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00283 / (1,0 \times 6,0)]} = 707,36$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{-85,6}{25,0 \times 37,2} \times 10 = 0,921 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,921^2 \times 707,36}{0,00283 \times 200000 \times 16} = 0,27 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,27 < 0,3 = w_{lim}$$

## Ugięcia

zadanie nowe, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy  $\phi(t, t_0) = 1,00$ .

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 1,00} = 14500 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{sd} = -85,6 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = -85,6 \text{ kNm}$ .

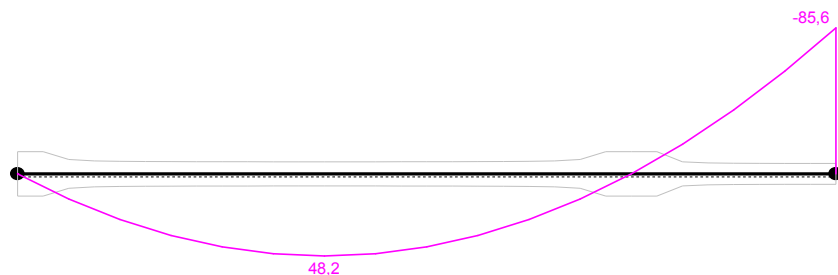
Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 19,6 \text{ cm} \quad I_I = 206991 \text{ cm}^4$$

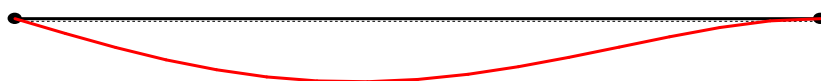
$$x_{II} = 11,5 \text{ cm} \quad I_{II} = 96438 \text{ cm}^4$$

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

$$= \frac{14500 \times 96438}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,7 / 85,6)^2 \times (1 - 96438 / 206991)} \times 10^{-5} = 14066 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 2,188$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

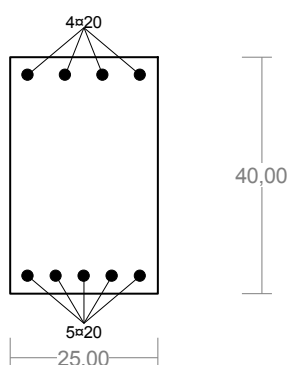
$$a = a_{\infty,d} = 5,7 \text{ mm}$$

$$a = 5,7 < 20,0 = a_{lim}$$

### Poz.1.6 – Rygiel 40x25cm

#### Cechy przekroju:

zadanie rygiel, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,52$  m,  $x_b=3,48$  m



Wymiary przekroju [cm]:

$$h=40,0, \quad b=25,0,$$

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

**BETON: B20**

$$f_{ck} = 16,0 \text{ MPa}, \quad f_{cd} = \alpha \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1,00 \times 16,0 / 1,50 = 10,7 \text{ MPa}$$

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 133333 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 52083 \text{ cm}^4$$

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

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

$$\xi_{lim} = 0,0035 / (0,0035 + f_{yd} / E_s) = 0,0035 / (0,0035 + 350 / 200000) = 0,667,$$

Zbrojenie główne:

$$A_{s1}+A_{s2}=\mathbf{28,27\text{ cm}^2}, \rho=100(A_{s1}+A_{s2})/A_c=100\times 28,27/1000=\mathbf{2,83\%},$$

$$J_{sx}=\mathbf{8171\text{ cm}^4}, J_{sy}=\mathbf{1339\text{ cm}^4},$$

### Siły przekrojowe:

zadanie: rygiel, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,52\text{ m}$ ,  $x_b=3,48\text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **A**

$$\text{Momenty zginające: } M_x = -121,2\text{ kNm}, \quad M_y = 0,0\text{ kNm},$$

$$\text{Siły poprzeczne: } V_y = 13,3\text{ kN}, \quad V_x = 0,0\text{ kN},$$

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

### Zbrojenie wymagane:

(zadanie rygiel, pręt nr 1, przekrój:  $x_a=2,52\text{ m}$ ,  $x_b=3,48\text{ m}$ )

Obliczenia wykonano:

- przy założeniu maksymalnego wykorzystania nośności strefy ściskanej betonu ( $\xi_{lim}=0,667$ ).

Wielkości obliczeniowe:

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

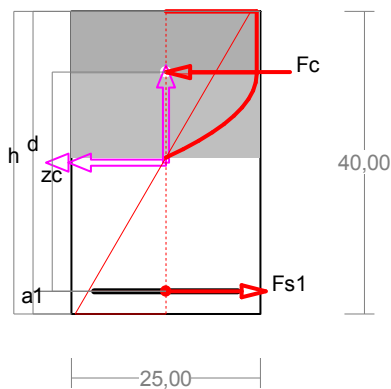
$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-121,2^2+0,0^2)} = 121,2\text{ kNm}$$

$$f_{cd}=10,7\text{ MPa}, f_{yd}=350\text{ MPa}=f_{td},$$

Zbrojenie rozciągnięte ( $\varepsilon_{s1}=3,20\text{ ‰}$ ):

$$A_{s1}=\mathbf{11,96\text{ cm}^2} \Rightarrow (4\varnothing 20 = 12,57\text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.



$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=11,96\text{ cm}^2, \rho=100\times A_s/A_c=100\times 11,96/1000=1,20\%$$

### Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,0, x=19,3 (\xi=0,522),$$

$$a_1=3,0, a_c=8,0, z_c=29,0, A_{cc}=483\text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-3,50\text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=3,20\text{ ‰},$$

### Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -418,5, F_{s1} = 418,5,$$

$$M_c = 50,1, M_{s1} = 71,1,$$

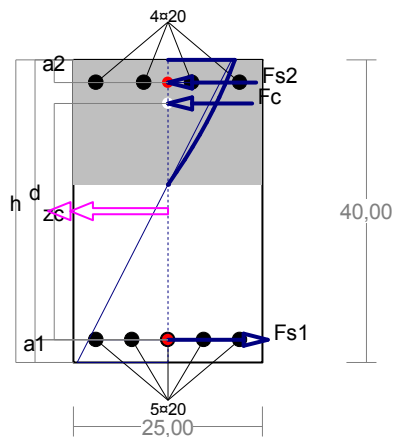
### Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-418,5+(418,5)=-0,0\text{ kN} (N_{sd}=0,0\text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 50,1 + (71,1) = 121,2 \text{ kNm} \quad (M_{sd} = 121,2 \text{ kNm})$$

### Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie rygiel, pręt nr 1, przekrój:  $x_a = 3,00 \text{ m}$ ,  $x_b = 3,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd} = \sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-124,4^2 + 0,0^2)} = 124,4 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 10,7 \text{ MPa}, \quad f_{yd} = 350 \text{ MPa} = f_{td},$$

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1} = 15,71 \text{ cm}^2,$$

$$\text{Zbrojenie ściskane: } A_{s2} = 12,57 \text{ cm}^2,$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 28,27 \text{ cm}^2, \quad \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 28,27 / 1000 = 2,83 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 40,0, \quad d = 37,0, \quad x = 16,5 \quad (\xi = 0,446),$$

$$a_1 = 3,0, \quad a_2 = 3,0, \quad a_c = 5,8, \quad z_c = 31,2, \quad A_{cc} = 412 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_{c1} = -0,97 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2} = -0,80 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1} = 1,21 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -180,1, \quad F_{s1} = 380,5, \quad F_{s2} = -200,4,$$

$$M_c = 25,6, \quad M_{s1} = 64,7, \quad M_{s2} = 34,1,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 186,9 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 25,6 + (64,7) + (34,1) = 124,4 \text{ kNm}$$

### Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

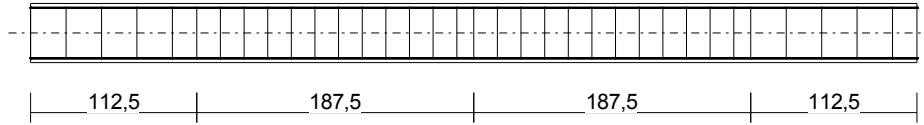
zadanie rygiel, pręt nr 1

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi = 8 \text{ mm}$  ze stali A-0, dla której  $f_{ywd} = 190 \text{ MPa}$ .

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 0,08 \times \sqrt{16} / 410 = 0,00078$$





Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 112,5$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 370 = 278 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 278$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (24,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00335$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00335} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 112,5$   $x_b = 300,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 370 = 278 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 278$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00503$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00503} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 300,0$   $x_b = 487,5$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 370 = 278 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 278$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (16,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00503$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00503} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 487,5$   $x_b = 600,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 370 = 278 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 278$  mm.

Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 20,0 = 300,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **24,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

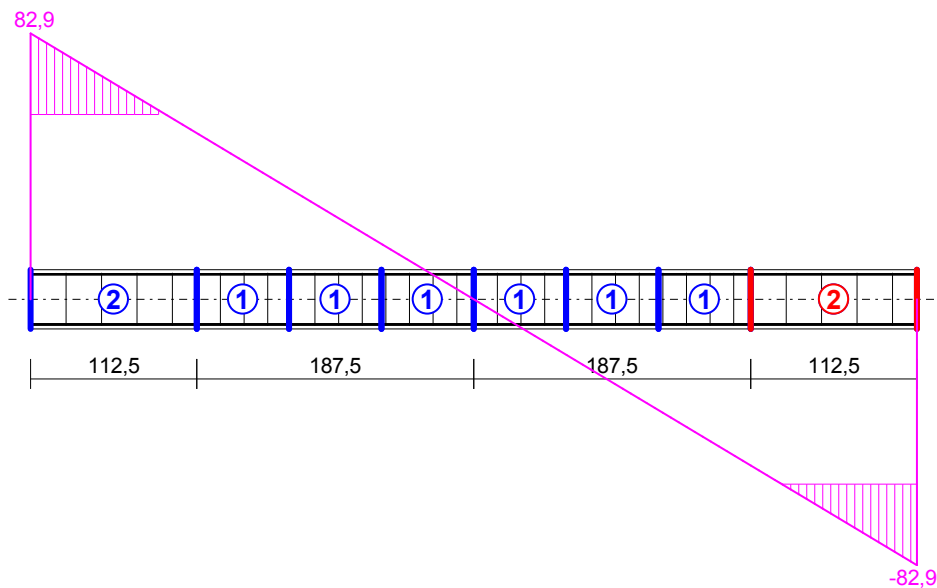
$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (24,0 \times 25,0 \times 1,000) = 0,00335$$

$$\rho_w = \mathbf{0,00335} > \mathbf{0,00078} = \rho_{w \min}$$

### Ścinanie

zadanie rygiel, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 8

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 487,5$   $x_b = 600,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{sd} = 0,0$ ;

$$V_{sd \max} = -82,9 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{sd} = -72,7$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{15,71}{25,0 \times 37,0} = 0,01698; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,01000$ .

$$\sigma_{cp} = N_{sd} / A_c = 0,0 / 1195,00 \times 10 = 0,0 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd1} = [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ = [0,35 \times 1,23 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,01000) + 0,15 \times 0,0] \times 25,0 \times 37,0 \times 10^{-1} = 57,3 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 72,7 > 57,3 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka II-go rodzaju:

Przyjęto kąt  $\theta = 36,1^\circ$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 16 / 250) = 0,562$$

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

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

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

$$V_{Rd2} = v f_{cd} b_w z \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta} + \Delta V_{Rd} =$$

$$= 0,562 \times 10,7 \times 25,0 \times 33,3 \frac{1,371}{1 + 1,371^2} \times 10^{-1} + 0,0 = 238,2 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 82,9 < 238,2 = V_{Rd2}$$

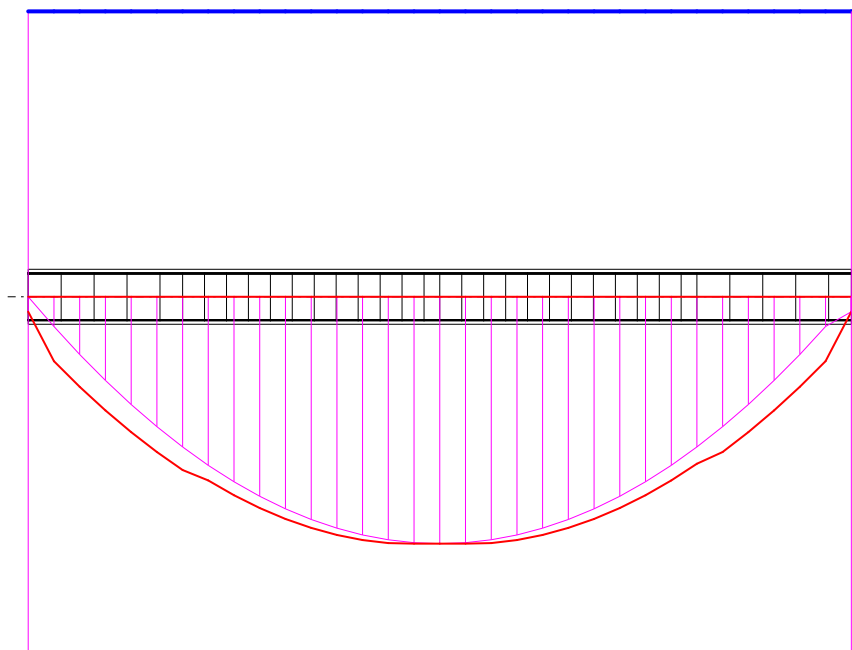
$$V_{Rd3} = V_{Rd31} + V_{Rd32} = \frac{A_{sw1} f_{ywd1}}{s_1} z \cot \theta + \frac{A_{sw2} f_{ywd2}}{s_2} z (\cot \theta + \cot \alpha) \sin \alpha =$$

$$= \frac{2,01 \times 190}{24,0} 33,3 \times 1,371 \times 10^{-1} = 72,7 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 72,7 < 72,7 = V_{Rd3}$$

**Nośność zbrojenia podłużnego**

zadanie rygiel, pręt nr 1.



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 2,813$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot\theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot\alpha) = 0,5 \times 5,2 \times (1,000) = 2,6 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 379,0 + 2,6 = 381,6 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 380,5 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 380,5 \text{ kN}$

$$F_{td} = 380,5 < 549,8 = 15,71 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### Zarysowanie

zadanie rygiel, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 0,000 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -0,0 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = 82,2 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 25,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 40,0 - 3,0 = 37,0 \text{ cm}$$

$$A_c = 1000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6667 \text{ cm}^3$$

### Minimalne zbrojenie:

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

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 1,0 \times 1,0 \times 1,9 \times 0 / 217 = 0,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 15,71 > 0,00 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$

$$M_{sd} = 0,0 < 12,7 = M_{cr}$$

**Przekrój niezarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

$$\rho_{w1} = \frac{A_{sw1}}{s_1 b_w} = \frac{2,01}{24,0 \times 25,0} = 0,00335$$

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

$$\rho_w = \rho_{w1} + \rho_{w2} = 0,00335 + 0,00000 = 0,00335$$

$$\lambda = \frac{1}{3 \left[ \frac{\rho_{w1}}{\eta_1 \phi_1} + \frac{\rho_{w2}}{\eta_2 \phi_2} \right]} = \frac{1}{3 \times [0,00335 / (1,0 \times 8,0)]} = 795,77$$

$$\tau = \frac{V_{sd}}{b_w d} = \frac{82,2}{25,0 \times 37,0} \times 10 = 0,889 \text{ MPa}$$

$$w_k = \frac{4 \tau^2 \lambda}{\rho_w E_s f_{ck}} = \frac{4 \times 0,889^2 \times 795,77}{0,00335 \times 200000 \times 16} = 0,23 \text{ mm}$$

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

## Ugięcia

zadanie rygiel, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{29000}{1 + 2,00} = 9667 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 6667 \times 10^{-3} = 12,7 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{sd} = 123,3 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

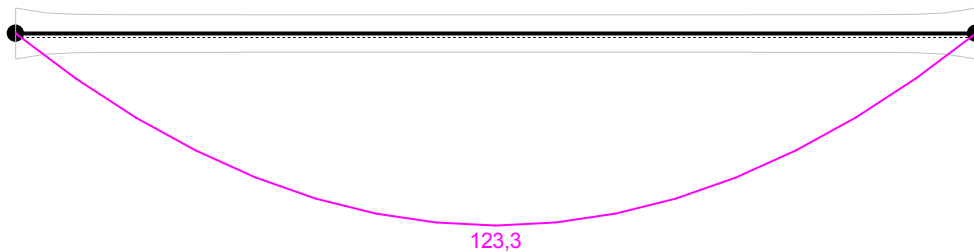
Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{sd} = 123,3 \text{ kNm}$ .

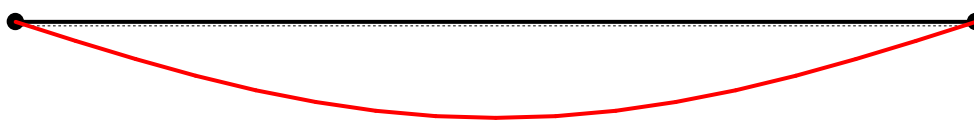
Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 20,7 \text{ cm}$   $I_I = 301624 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 16,2 \text{ cm}$   $I_{II} = 221333 \text{ cm}^4$

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

$$= \frac{9667 \times 221333}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (12,7 / 123,3)^2 \times (1 - 221333 / 301624)} \times 10^{-5} = 21426 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 3,000$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 21,6 \text{ mm}$$

$$a = 21,6 < 30,0 = a_{\text{lim}}$$

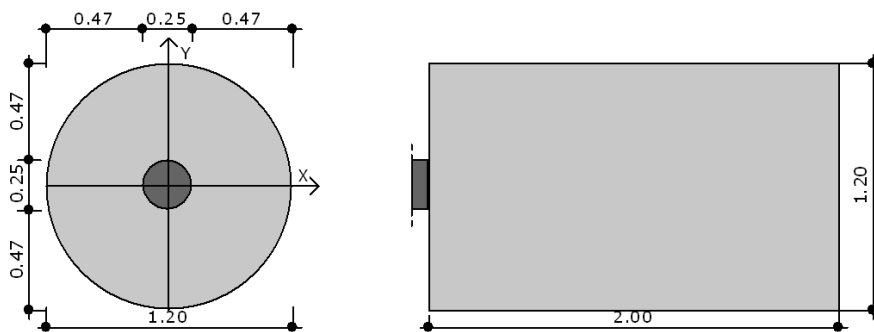
### studnia

#### Poz. 2.0-Fundamenty

#### Geometria

Średnica stopy $D$	[m]	1.20
Wysokość stopy $H_f$	[m]	2.00
Średnica słupa $d$	[m]	0.25
Mimośród $e_x$	[m]	0.00

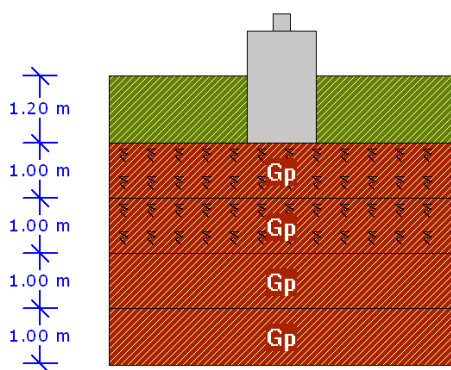
Mimośród $e_y$	[m]	0.00
----------------	-----	------



### Materiały

Klasa betonu		B20
Klasa stali		34GS
Otulina	[cm]	7.00
Średnica prętów	[mm]	16.00

### Warunki gruntowe



Warstwa	Nazwa gruntu	Miaższość [m]	$\rho^{(n)}$ [t/m <sup>3</sup> ]	$C_u^{(n)}$ [kPa]	$\phi_u^{(n)}$ [°]	M [kPa]	$M_o$ [kPa]
1	Gliny piaszczyste	1.00	1.85	31.27	18.07	32044.62	28843.04
2	Gliny piaszczyste	1.00	1.85	39.33	21.53	50809.35	45732.99
3	Gliny piaszczyste	1.00	1.85	31.54	18.27	49231.85	36933.12
4	Gliny piaszczyste	1.00	1.85	28.00	16.40	38993.88	29252.73

Metoda określenia parametrów geotechnicznych		B
Głębokość posadowienia	[m]	1.20
Ciężar zasyпки	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.00

### Obciążenia

Numer zestawu	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$T_y$ [kN]	$M_x$ [kNm]	$T_x$ [kN]
1	172.70	0.00	0.00	0.00	0.00

### Stan graniczny nośności

Sprawdzenie nośności zastępczej. Fundament kołowy sprowadzono do kwadratowego.

DLA SCHEMATU NR 1

DLA WARSTWY NR 1

$$N=234.90 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNY}=0.81 \cdot 763.32 = 618.29 \text{ kN}$$

$$N=234.90 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNX}=0.81 \cdot 763.32 = 618.29 \text{ kN}$$



DLA WARSTWY NR 2

$$N=269.93 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNY}=0.81 \cdot 2138.61 = 1732.28 \text{ kN}$$

$$N=269.93 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNX}=0.81 \cdot 2138.61 = 1732.28 \text{ kN}$$

DLA WARSTWY NR 3

$$N=319.58 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNY}=0.81 \cdot 2626.53 = 2127.49 \text{ kN}$$

$$N=319.58 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNX}=0.81 \cdot 2626.53 = 2127.49 \text{ kN}$$

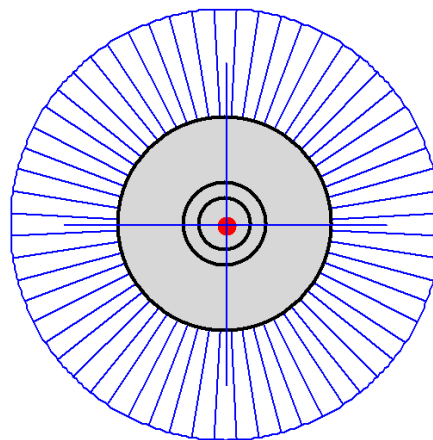
DLA WARSTWY NR 4

$$N=386.40 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNY}=0.81 \cdot 3469.02 = 2809.90 \text{ kN}$$

$$N=386.40 \text{ kN} \leq m \cdot Q_{fNX}=0.81 \cdot 3469.02 = 2809.90 \text{ kN}$$

### Naprężenia pod fundamentem

DLA SCHEMATU NR 1



207.70 [kN/m<sup>2</sup>]

$$q_{\max} = 207.70 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$q_{\min} = 207.70 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

### Osiadanie fundamentu

DLA SCHEMATU NR1

Osiadania pierwotne = 0.343 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.343 cm

Nachylenie względem osi X = 0.00000 °

Nachylenie względem osi Y = 0.00000 °

Przechyłka = 0.00000 °

Warunek naprężeniowy  $0.3 \cdot \sigma_{zp} = 0.3 \cdot 47.53 \text{ kN/m}^2 = 14.26 \text{ kN/m}^2 \geq \sigma_{zd} = 14.19 \text{ kN/m}^2$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 3.70 m

**Rozkład naprężeń pod analizowanym fundamentem:**

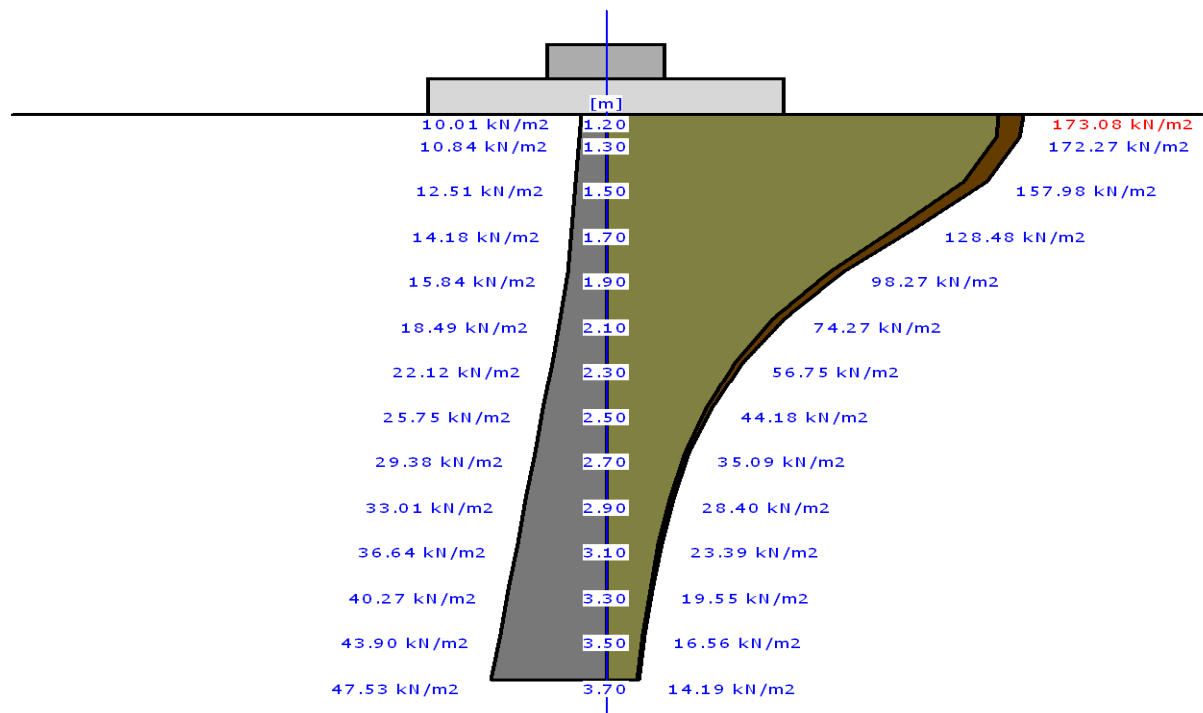


Tabela z wartościami:

Nr	H [m]	$\sigma_{zR}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{zS}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{zD}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Suma = $\sigma_{zS} + \sigma_{zD} + \sigma_{zDsiła} + \sigma_{zDfund}$

0	1.20	10.01	10.01	163.08	173.08
1	1.30	10.84	9.96	162.31	172.27
2	1.50	12.51	9.13	148.85	157.98
3	1.70	14.18	7.43	121.05	128.48
4	1.90	15.84	5.68	92.59	98.27
5	2.10	18.49	4.29	69.98	74.27
6	2.30	22.12	3.28	53.47	56.75
7	2.50	25.75	2.55	41.63	44.18
8	2.70	29.38	2.03	33.06	35.09
9	2.90	33.01	1.64	26.76	28.40
10	3.10	36.64	1.35	22.03	23.39
11	3.30	40.27	1.13	18.42	19.55
12	3.50	43.90	0.96	15.60	16.56
13	3.70	47.53	0.82	13.37	14.19

Legenda:

H [m] - głębokość liczona od poziomu terenu

$\sigma_{zR}$  [kN/m<sup>2</sup>] - naprężenia pierwotne

$\sigma_{zS}$  [kN/m<sup>2</sup>] - naprężenia wtórne

$\sigma_{zD}$  [kN/m<sup>2</sup>] - naprężenia dodatkowe