

## OBLICZENIA STATYCZNE

### Poz. 1.0. STROP NAD PARTEREM

#### 1.0.1 Obciążenia

##### a) STAŁE

Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	Wartość obliczeniowa [kN/m <sup>2</sup> ]
Wykładzina obiektowa	0,06	1,2	0,07
Gładź cementowa 5 cm	1,05	1,2	1,26
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Styropian 6 cm	0,027	1,2	0,032
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Strop TERIVA 4,0/1	2,47	1,1	2,717
Tynk cem. – wap.	0,285	1,2	0,342
RAZEM	3,912		4,445

##### b) ZMIENNE

- Obciążenie użytkowe

$$2,0 \text{ kN/m}^2 \times 1,4 = 2,8 \text{ kN/m}^2$$

- Obciążenie od ścianek działowych

$$0,75 \text{ kN/m}^2 \times 1,2 = 0,9 \text{ kN/m}^2$$

- Obciążenia przypadające na 1 mb belki stropowej

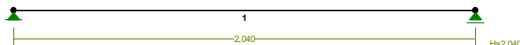
$$0,60 \text{ m} \times (3,912 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2 + 0,75 \text{ kN/m}^2) = 3,997 \text{ kN/m}$$

$$0,60 \text{ m} \times (4,445 \text{ kN/m}^2 + 2,80 \text{ kN/m}^2 + 0,90 \text{ kN/m}^2) = 4,887 \text{ kN/m}$$

Na podstawie obliczeń przyjęto strop typu TERIVA 4,0/1 nad parterem, dla obciążenia użytkowego 2,0 kN/m<sup>2</sup> i rozpiętości modułowej 2.80 m, 3.20 m, 3.40 m, 5.80 m, 6.00 m, 6.40 m, przy rozstawie a = 60 cm. Płyta nadbetonu grubości 3 cm z betonu B20. Strop wykonać na podstawie rysunku rzutu stropu oraz według instrukcji producenta montażu stropu TERIVA 4,0/1.

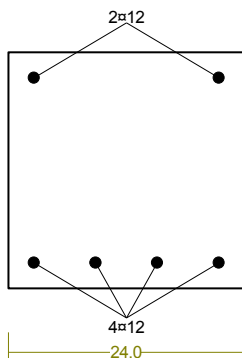
### Poz. 2.0. WIENIEC-NADPROŻE WN-1, WN-2

SCHEMAT:



#### Cechy przekroju:

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,02 \text{ m}$ ,  $x_b=1,02 \text{ m}$



Wymiary przekroju [cm]:

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

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:

$$A_c = 576 \text{ cm}^2, \quad J_{cx} = 27648 \text{ cm}^4, \quad J_{cy} = 27648 \text{ cm}^4$$

**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:

$$A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c = 100 \times 6,79/576=1,18 \%$$

$$J_{sx}=600 \text{ cm}^4, J_{sy}=422 \text{ cm}^4,$$

**Siły przekrojowe:**

pręt nr 1, przekrój:  $x_a=1,02 \text{ m}, x_b=1,02 \text{ m}$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

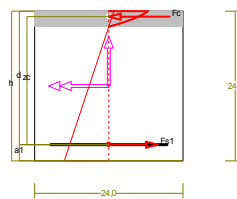
$$\text{Momenty zginające: } M_x = -6,690 \text{ kNm}, \quad M_y = 0,000 \text{ kNm},$$

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

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

**Zbrojenie wymagane:**

(pręt nr 1, przekrój:  $x_a=0,97 \text{ m}, x_b=1,07 \text{ m}$ )



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-6,672^2 + 0,000^2)} = 6,672 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1}=0,93 \text{ cm}^2 \Rightarrow (1 \square 12 = 1,13 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=0,93 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 0,93/576=0,16 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=24,0, d=21,4, x=2,5 (\xi=0,116),$$

$$a_1=2,6, a_c=0,9, z_c=20,5, A_{cc}=59 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-1,31 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -32,518, F_{s1} = 32,518,$$

$$M_c = 3,615, M_{s1} = 3,057,$$

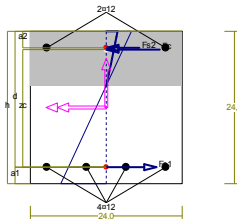
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -32,518 + (32,518) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 3,615 + (3,057) = 6,672 \text{ kNm} (M_{sd}=6,672 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

przekrój:  $x_a=0,97 \text{ m}, x_b=1,07 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-6,672^2 + 0,000^2)} = 6,672 \text{ kNm}$$

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

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=4,52 \text{ cm}^2$ ,

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 6,79/576=1,18 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=24,0, d=21,4, x=8,5 (\xi=0,399),$$

$$a_1=2,6, a_2=2,6, a_c=2,9, z_c=18,5, A_{cc}=205 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,26 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,18 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=0,40 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -27,611, F_{s1} = 35,898, F_{s2} = -8,288,$$

$$M_c = 2,518, M_{s1} = 3,374, M_{s2} = 0,779,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

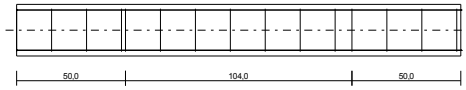
$$M_{Rd} = 30,385 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 2,518 + (3,374) + (0,779) = 6,672 \text{ kNm}$$

**Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)**

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=6$  mm ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

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



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 50,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 214 = 161 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 161$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 240,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,1** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

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

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

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 50,0$   $x_b = 154,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 214 = 161 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 161$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 240,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,1** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

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

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

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 154,0$   $x_b = 204,0$  cm

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla belek:

$$s_{\max} = 0,75 d = 0,75 \times 214 = 161 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 161$  mm.

Maksymalny rozstawy strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 240,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

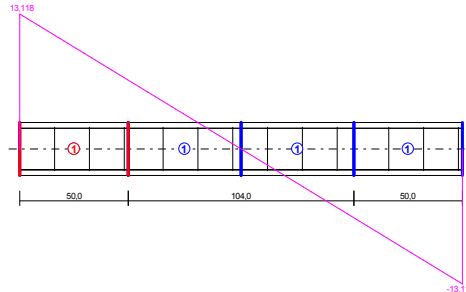
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **16,1** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

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

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

### Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



#### Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka:  $x_a = 0,0$   $x_b = 50,0$  cm

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;

$$V_{Sd \max} = 13,118 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 10,366$  kN

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{24,0 \times 21,4} = 0,00881; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00881$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,000 / 622,80 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,39 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00881) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 21,4 \times 10^{-1} = 34,909 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 10,366 < 34,909 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{10,366} < \mathbf{34,909} = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 24,0 \times 18,5 \times 10^{-1} = 133,689 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{13,118} < \mathbf{133,689} = V_{Rd2}$$

#### **Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 0,893$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 1,640 \times (1,000) = 0,820 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągającym:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 35,434 + 0,820 = 36,254 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 35,998 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 35,998$  kN

$$F_{td} = \mathbf{35,998} < \mathbf{158,336} = 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

#### **Zarysowanie**

Położenie przekroju:	$x = 1,020 \text{ m}$
Siły przekrojowe:	$M_{Sd} = 5,515 \text{ kNm}$ $N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$ $V_{Sd} = -0,000 \text{ kN}$
Wymiary przekroju:	$b_w = 24,0 \text{ cm}$ $d = h - a_1 = 24,0 - 2,6 = 21,4 \text{ cm}$ $A_c = 576 \text{ cm}^2$ $W_c = 2304 \text{ cm}^3$

### Minimalne zbrojenie:

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

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

$$= 0,4 \times 1,0 \times 1,9 \times 288 / 280 = 0,78 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 4,52 > 0,78 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2304 \times 10^{-3} = 4,378 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 5,515 > 4,378 = M_{cr}$$

### **Przekrój zarysowany.**

#### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4,52 / 123 = 0,03692$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,03692 = 82,50$$

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

$$= 65,63 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (4,378 / 5,515)^2] = 0,00022$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 82,50 \times 0,00022 = 0,03 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,03 < 0,3 = w_{lim}$$

#### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 2304 \times 10^{-3} = 4,378 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 5,515 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

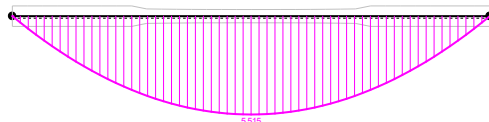
#### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 5,515 \text{ kNm}$ .

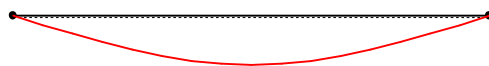
Wielkości geometryczne przekroju:	$x_I = 12,6 \text{ cm}$	$I_I = 39783 \text{ cm}^4$
	$x_{II} = 8,7 \text{ cm}$	$I_{II} = 22106 \text{ cm}^4$

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

$$= \frac{9667 \times 22106}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (4,378/5,515)^2 \times (1 - 22106/39783)} \times 10^{-5} = 2485 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,020$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 0,9 \text{ mm}$$

$$a = 0,9 < 10,2 = a_{lim}$$

**Przyjęto wieniec - nadproże żelbetowe WN-1 o wymiarach 24 x 24 cm z betonu C16/20, zbrojone w pasie dolnym 4 $\phi$ 12 w pasie górnym 2  $\phi$  12, stal A-III /34GS/, strzemiona  $\phi$  6 co 15 cm, stal A-I /St3SX/. Otulenie zbrojenia konstrukcyjnego 3 cm.**

**Przyjęto wieniec - nadproże żelbetowe WN-2 o wymiarach 24 x 24 cm z betonu C16/20, zbrojone w pasie dolnym 3 $\phi$ 12 w pasie górnym 2  $\phi$  12, stal A-III /34GS/, strzemiona  $\phi$  6 co 15 cm, stal A-I /St3SX/. Otulenie zbrojenia konstrukcyjnego 3 cm.**

### Poz. 3.0. STROP NAD PIĘTREM

#### 3.0.1 Obciążenia

##### a) STAŁE

Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	Wartość obliczeniowa [kN/m <sup>2</sup> ]
Papa termozgrzewalna	0,05	1,2	0,06
Papa podkładowa	0,05	1,2	0,06
Gładź cementowa 5cm	1,05	1,2	1,26
Warstwa spadkowa – keramzyt 37-67cm	4,16	1,2	4,992
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Styropian 25cm	0,112	1,2	0,135
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Strop TERIVA 8,0	4,00	1,1	4,40
Tynk cem. – wap.	0,285	1,2	0,342
RAZEM	9,727		11,273

b) ZMIENNE

- śnieg

sk1 = 0,96 kN/m

sol = 1,44 kN/m

- Obciążenia przypadające na 1 mb belki stropowej

$$0,45 \text{ m} \times (9,727 \text{ kN/m}^2 + 0,96 \text{ kN/m}^2) = 4,81 \text{ kN/m}$$

$$0,45 \text{ m} \times (11,273 \text{ kN/m}^2 + 1,44 \text{ kN/m}^2) = 5,72 \text{ kN/m}$$

**Na podstawie obliczeń przyjęto strop nad piętrem typu TERIVA 8,0; dla rozpiętości modułowej 2.80 m, 3.00 m, 3.90 m, 4.10 m, 5.50 m, 5.80 m, 6.00 m, 6.20 m i przy rozstawie a = 45 cm. Płyta nadbetonu grubości 4 cm z betonu C20/25. Strop wykonać na podstawie rysunku rzutu stropu oraz według instrukcji producenta montażu stropu TERIVA 6,0.**

**Poz. 4.0. STROP NAD PIĘTREM (ŁĄCZNIK)**

4.0.1 Obciążenia

a) STAŁE

Rodzaj obciążenia	Wartość charakterystyczna [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	Wartość obliczeniowa [kN/m <sup>2</sup> ]
Papa termozgrzewalna	0,05	1,2	0,06
Papa podkładowa	0,05	1,2	0,06
Gładź cementowa 5cm	1,05	1,2	1,26
Warstwa spadkowa – keramzyt 5-27cm	1,28	1,2	1,54
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Styropian 20cm	0,09	1,2	0,108
Folia PCV	0,01	1,2	0,012
Strop TERIVA 4,0/1	2,47	1,1	2,717
Tynk cem. – wap.	0,285	1,2	0,342
RAZEM	5,295		6,111

b) ZMIENNE

- śnieg

sk1 = 0,94 kN/m

sol = 1,41 kN/m

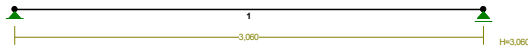
- Obciążenia przypadające na 1 mb belki stropowej

$$0,60 \text{ m} \times (5,295 \text{ kN/m}^2 + 0,94 \text{ kN/m}^2) = 3,74 \text{ kN/m}$$

$$0,60 \text{ m} \times (6,111 \text{ kN/m}^2 + 1,41 \text{ kN/m}^2) = 4,51 \text{ kN/m}$$

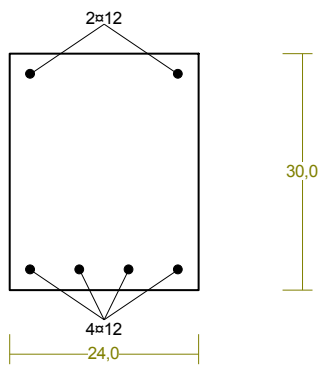
**Na podstawie obliczeń przyjęto strop nad piętrem typu TERIVA 4,0/1, dla rozpiętości modułowej 2.80 m, 3.20 m, 3.30 m, 3.40 m, 3.60 m, 6.40 m i przy rozstawie a = 60 cm. Płyta nadbetonu grubości 3 cm z betonu C16/20. Strop wykonać na podstawie rysunku rzutu stropu oraz według instrukcji producenta montażu stropu TERIVA 4,0/1.**

**Poz. 5.0. PODCIĄG PD-1**  
SCHEMAT:



**Cechy przekroju:**

przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=3,06$  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:

$$A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 6,79/720=0,94 \%$$

$$J_{sx}=1043 \text{ cm}^4, \quad J_{sy}=422 \text{ cm}^4,$$

**Siły przekrojowe:**

przekrój:  $x_a=0,00$  m,  $x_b=3,06$  m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

Momenty zginające:  $M_x = -29,785 \text{ kNm},$

$M_y = 0,000 \text{ kNm},$

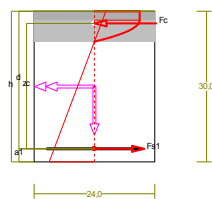
Siły poprzeczne:  $V_y = 0,000 \text{ kN},$

$V_x = 0,000 \text{ kN},$

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

**Zbrojenie wymagane:**

(przekrój:  $x_a=1,61$  m,  $x_b=1,45$  m)



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-29,702^2 + 0,000^2)} = 29,702 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1}=3,40 \text{ cm}^2 \Rightarrow (3 \times 12 = 3,39 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=3,40 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 3,40/720=0,47 \%$$

**Wielkości geometryczne [cm]:**

$$h=30,0, \quad d=27,4, \quad x=6,1 \quad (\xi=0,221),$$

$$a_1=2,6, \quad a_c=2,4, \quad z_c=25,0, \quad A_{cc}=145 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-2,84 \text{ ‰}, \quad \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

**Wielkości statyczne [kN, kNm]:**

$$F_c = -118,929, \quad F_{s1} = 118,927,$$

$$M_c = 14,955, \quad M_{s1} = 14,747,$$

**Warunki równowagi wewnętrznej:**

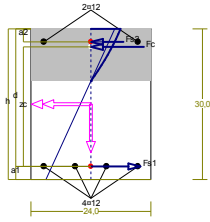
$$F_c + F_{s1} = -118,929 + (118,927) = -0,002 \text{ kN} \quad (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 14,955 + (14,747) = 29,702 \text{ kNm} \quad (M_{sd}=29,702 \text{ kNm})$$



## Nośność przekroju prostokątnego:

przekrój:  $x_a=1,61$  m,  $x_b=1,45$  m



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(-29,702^2 + 0,000^2)} = 29,702 \text{ kNm}$$

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

$$\text{Zbrojenie rozciągane: } A_{s1}=4,52 \text{ cm}^2,$$

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=6,79 \text{ cm}^2, \quad \rho=100 \times A_s/A_c = 100 \times 6,79/720=0,94 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=30,0, \quad d=27,4, \quad x=10,4 \quad (\xi=0,378),$$

$$a_1=2,6, \quad a_2=2,6, \quad a_c=3,6, \quad z_c=23,8, \quad A_{cc}=249 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,83 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s2}=-0,62 \text{ ‰}, \quad \varepsilon_{s1}=1,37 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -95,402, \quad F_{s1} = 123,597, \quad F_{s2} = -28,196,$$

$$M_c = 10,880, \quad M_{s1} = 15,326, \quad M_{s2} = 3,496,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

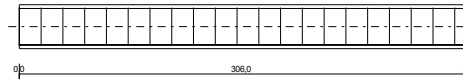
$$M_{Rd} = 39,771 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 10,880 + (15,326) + (3,496) = 29,702 \text{ kNm}$$

## Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

Na całej długości pręta przyjęto strzemiona o średnicy  $\phi=6$  mm ze stali A-I, dla której  $f_{ywd} = 210$  MPa.

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

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



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 306,0$  cm

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla belek:

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

przyjęto  $s_{\max} = 206$  mm.

Maksymalny rozstaw strzemion – wymagania dla słupów:

$$s_{\max} = \min\{h; b\} = \min\{240,0; 300,0\} = 240,0 \quad s_{\max} \leq 400 \text{ mm}$$

przyjęto  $s_{\max} = 240,0$  mm.

Ze względu na zbrojenie  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 12,0 = 180,0$  mm.

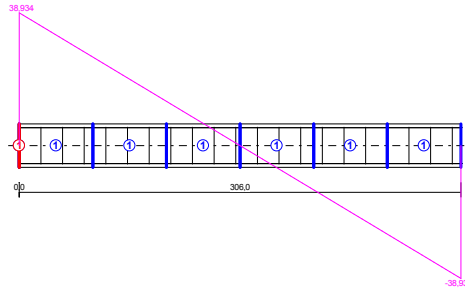
Przyjęto strzemiona 2-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **15,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 0,57 / (15,0 \times 24,0 \times 1,000) = 0,00157$$

$$\rho_w = 0,00157 > 0,00078 = \rho_{w \min}$$

## Ścinanie

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.



### Odcinek nr 1

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

Siły przekrojowe:  $N_{Sd} = 0,000$ ;  
 $V_{Sd \max} = 38,934$  kN

Siła poprzeczna w odległości  $d$  od podpory wynosi:  $V_{Sd} = 38,934$  kN

### Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,52}{24,0 \times 30,0} = 0,00628; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto  $\rho_L = 0,00628$ .

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_C = -0,000 / 766,80 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto  $\sigma_{cp} = -0,00$  MPa.

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

$$= [0,35 \times 1,33 \times 0,90 \times (1,2 + 40 \times 0,00628) + 0,15 \times -0,00] \times 24,0 \times 30,0 \times 10^{-1} = 43,778 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 38,934 < 43,778 = V_{Rd1}$$

### Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 38,934 < 43,778 = V_{Rd1}$$

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

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,562 \times 10,7 \times 0,0 \times 1,00E+22 \times 10^{-1} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 38,934 < 1,000000E+20 = V_{Rd2}$$

### **Nośność zbrojenia podłużnego**

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,339$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 4,867 \times (1,000) = 2,433 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 121,987 + 2,433 = 124,420 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 123,944 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 123,944$  kN

$$F_{td} = 123,944 < 158,336 = 4,52 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

### **Zarysowanie**

Położenie przekroju:  $x = 1,530$  m

Siły przekrojowe:  $M_{Sd} = 24,989$  kNm

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

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

Wymiary przekroju:  $b_w = 24,0$  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:

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

$$A_{s1} = 4,52 > 0,98 = A_s$$

### Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,840 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 24,989 > 6,840 = M_{cr}$$

### **Przekrój zarysowany.**

### Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4,52 / 156 = 0,02900$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,02900 = 91,38$$

$$\varepsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ = 228,51 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,840 / 24,989)^2] = 0,00110$$

$$w_k = \beta s_{rm} \varepsilon_{sm} = 1,7 \times 91,38 \times 0,00110 = 0,17 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,17 < 0,3 = w_{lim}$$

### Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

### **Ugięcia**

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 1,9 \times 3600 \times 10^{-3} = 6,840 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 24,989 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

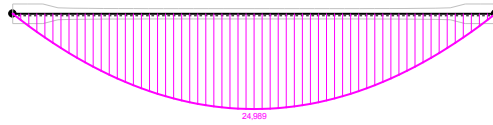
### Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 24,989 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 15,7 \text{ cm} \quad I_I = 75196 \text{ cm}^4 \\ x_{II} = 10,2 \text{ cm} \quad I_{II} = 38883 \text{ cm}^4$$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ = \frac{9667 \times 38883}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,840 / 24,989)^2 \times (1 - 38883 / 75196)} \times 10^{-5} = 3828 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.



Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,530$  m, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

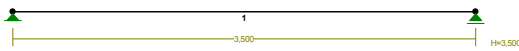
$$a = a_{\infty,d} = 6,3 \text{ mm}$$

$$a = 6,3 < 15,3 = a_{\text{lim}}$$

Przyjęto podciąg żelbetonowy PD-1 o wymiarach 24 x 30 cm z betonu C16/20, zbrojone w pasie dolnym 4 $\phi$ 12 w pasie górnym 2  $\phi$  12, stal A-III /34GS/, strzemiona  $\phi$  6 co 15 cm, stal A-I /St3SX/. Otulenie zbrojenia konstrukcyjnego 3 cm.

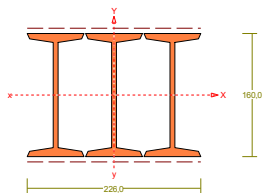
#### Poz. 6.0. PODCIĄG PD-2

SCHEMAT:



#### Pręt nr 1

Przekrój: 3 I 160



Wymiary przekroju:

I 160  $h=160,0$   $g=6,3$   $s=74,0$   $t=9,5$   $r=6,3$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=2805,0$   $J_{yg}=2798,0$   $A=68,40$   $i_x=6,4$   $i_y=6,4$ .

Materiał: St3S (X,Y,V,W). Wytrzymałość  $f_d=215$  MPa dla  $g=9,5$ .

#### Siły przekrojowe:

$x_a = 1,750$ ;  $x_b = 1,750$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: A

$M_x = -45,876$  kNm,  $V_y = 0,000$  kN,  $N = 0,000$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 130,8$  MPa  $\sigma_c = -130,8$  MPa.

#### Połączenie gałęzi:

Przyjęto, że gałęzie połączone są przewiązkami o szerokości  $b = 100,0$  mm i grubości  $g = 8,0$  mm w odstępach  $l_1 = 700,0$  mm, wykonanymi ze stali St3S (X,Y,V,W).

Smukłość gałęzi:

$$\lambda_v = \lambda_1 = l_1 / i_1 = 700,0 / 15,5 = 45,16$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 215} = 84,00$$

### Współczynniki redukcji nośności:

Współczynnik niestateczności dla ścianki przy ściskaniu wynosi  $\varphi_p = 1,000$ . Współczynnik niestateczności gałęzi wynosi:

$$\bar{\lambda} = \lambda_1 / \lambda_p = 45,16 / 84,00 = 0,538 \Rightarrow \varphi_1 = 0,923.$$

W związku z tym współczynniki redukcji nośności wynoszą:

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

### Smukłość zastępcza pręta:

- dla wyboczenia w płaszczyźnie prostopadłej do osi Y

$$\lambda = l_{wy} / i_y = 3500,0 / 64,0 = 54,72$$

$$\lambda_m = \sqrt{\lambda^2 + \lambda_v^2} \cdot m / 2 = \sqrt{54,72^2 + 45,16^2 \times 3/2} = 77,81$$

$$\bar{\lambda}_m = \frac{\lambda_m}{\lambda_p} \sqrt{\psi_0} = \frac{77,81}{84,00} \times \sqrt{0,923} = 0,890$$

### Nośność przewiązek:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,500.$$

Przewiązki prostopadłe do osi Y:

$$Q = 1,2 \quad V = 1,2 \times 0,000 = 0,000 \text{ kN}$$

$$Q \geq 0,012 A f_d = 0,012 \times 68,40 \times 215 \times 10^{-1} = 17,647 \text{ kN}$$

Przyjęto  $Q = 17,647$  kN

$$V_Q = \frac{Q l_1}{n(m-1)a} = \frac{17,647 \times 700,0}{2 \times (3-1) \times 76,0} = 81,270 \text{ kN} \quad M_Q = \frac{Q l_1}{m n} = \frac{17,647 \times 0,7}{3 \times 2} = 2,059 \text{ kNm}$$

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 0,9 \times 100,0 \times 8,0 \times 215 \times 10^{-3} = 89,784 \text{ kN}$$

$$M_R = W f_d = 8,0 \times 100,0^2 / 6 \times 215 \times 10^{-6} = 2,867 \text{ kNm}$$

$$V_Q = 81,270 < 89,784 = V_R \quad M_Q = 2,059 < 2,867 = M_R$$

### Naprężenia:

$$x_a = 1,750; \quad x_b = 1,750.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 130,8$  MPa  $\sigma_c = -130,8$  MPa.

Naprężenia:

$$\text{- normalne:} \quad \sigma = 0,0 \quad \Delta\sigma = 130,8 \text{ MPa} \quad \psi_{oc} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 130,8 = 130,8 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,500$$

$$l_w = 1,000 \times 3,500 = 3,500 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\kappa_a = 1,000 \quad \kappa_b = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,500$$
$$l_w = 1,000 \times 3,500 = 3,500 \text{ m}$$

**Siły krytyczne:**

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2805,0}{3,500^2} 10^{-2} = 4632,873 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 2798,0}{3,500^2} 10^{-2} = 4621,239 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$$x_a = 1,750; \quad x_b = 1,750.$$

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 350,6 \times 215 \times 10^{-3} = 75,384 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{45,876}{1,000 \times 75,384} = 0,609 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,500.$$

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 1,000 \times 30,2 \times 215 \times 10^{-1} = 377,093 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 113,128 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 52,430 < 377,093 = V_R$$

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

$$x_a = 1,750; \quad x_b = 1,750.$$

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,000 < 113,128 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 75,384 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{45,876}{75,384} = 0,609 < 1$$

**Nośność środka pod obciążeniem skupionym:**

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,500.$$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 100,0 \text{ mm}$ .

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 0,0 \text{ MPa}$ . Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,W} = c_o t_w \eta_c f_d = 178,8 \times 6,3 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 242,243 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,000 < 242,243 = P_{R,W}$$

**Złożony stan środka**

$x_a = 1,750$ ;  $x_b = 1,750$ .

Siły przekrojowe przypadające na środnik i nośności środnika:

$$\begin{array}{llll} N_w & = 0,000 & N_{Rw} & = 174,003 \quad \text{kN} \\ M_w & = 1,820 & M_{Rw} & = 3,725 \quad \text{kNm} \\ V & = 0,000 & V_R & = 377,093 \quad \text{kN} \\ P & = 0,000 & P_{Rc} & = 242,243 \quad \text{kN} \end{array}$$

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środnika:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$

$$\left( \frac{0,000}{174,003} + \frac{1,820}{3,725} + \frac{0,000}{242,243} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,000}{174,003} + \frac{1,820}{3,725} \right) \frac{0,000}{242,243} + \left( \frac{0,000}{377,093} \right)^2 = 0,239 < 1$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 8,6 \text{ mm}$$

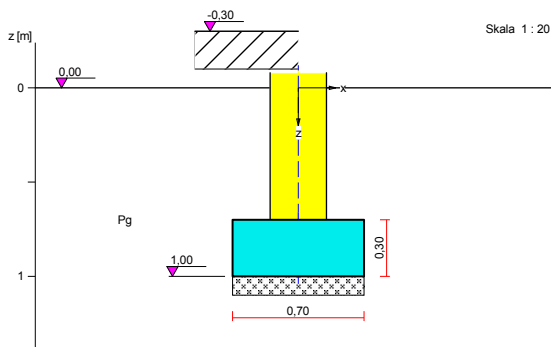
$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 3500 / 350 = 10,0 \text{ mm}$$

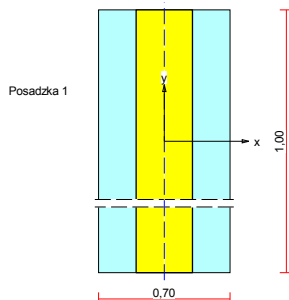
$$a_{\max} = 8,6 < 10,0 = a_{\text{gr}}$$

**Przyjęto podciąg PD-2, który należy wykonać z czterech belek stalowych I 160 ze stali St3S.**

### Poz. 7.0. ŁAWA FUNDAMENTOWA

W miejscu projektowanej rozbudowy, stwierdzono następujące warunki geotechniczne: pod powierzchnią warstwą ziemi urodzajnej gr. 30 cm występują piaski gliniaste średnie. Powyżej poziomu posadowienia ław fundamentowych nie stwierdzono wód gruntowych. W wykopie próbnym nie stwierdzono występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych. Podłoże gruntowe objęte projektowaną inwestycją o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym zalicza się do prostych warunków gruntowych i pierwszej kategorii geotechnicznej, dla których zgodnie z §7 pkt. 1a Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24.09.1998r. (Dz. U. Nr 126 poz. 839) wystarcza jakościowe określenie parametrów wytrzymałościowych gruntów. Przyjęto dopuszczalny nacisk na podłoże gruntowe 0,15 MPa.





## 1. Podłoże gruntowe

### 1.1. Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_t = 0,00$  m,  
 Projektowany względny poziom terenu:  $z_p = 0,00$  m.

### 1.2. Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	nieokreśl.	Piasek gliniasty	brak wody

## 2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość:  $b = 0,30$  m, długość:  $l = 1,00$  m,

Współrzędne końców osi ściany:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = -0,50 \text{ m}, \quad x_2 = 0,00 \text{ m}, \quad y_2 = 0,50 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\alpha = 0,00^\circ$ .

## 3. Posadzki

### 3.1. Posadzka 1

Względny poziom posadzki:  $p_{p1} = -0,30$  m,

Grubość:  $h = 0,20$  m, charakt. ciężar objętościowy:  $\rho_{p1 \text{ char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$ ,

Obciążenie posadzki:  $q_{p1} = 0,00 \text{ kN/m}^2$ , współcz. obciążenia:  $\rho_{qf} = 1,20$ ,

Wymiar posadzki:  $d_x = 2,00$  m.

## 4. Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,70$  m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	Hx	My	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[ <input type="checkbox"/>
1	D	84,7	0,0	0,00	1,20

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

## 5. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B20, nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 12,0$  mm, na kierunku y:  $d_y = 12,0$  mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.



## 6. Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,00$  m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy:  $B = 0,70$  m,  $L = 1,00$  m,

Wysokość:  $H = 0,30$  m, mimośród:  $E = 0,00$  m.

## 7. Stan graniczny I

### 7.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,00	0,37	0,04

### 7.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B = 0,70$  m,  $L = 1,00$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,00$  m.

Rodzaj obciążenia: D,

#### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 84,70$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E = 0,00$  m,

siła pozioma:  $H_x = 0,00$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,30$  m,

moment:  $M_y = 0,00$  kNm/m.

Ciężar własny fundamentu, gruntu, posadzek, obciążenia posadzek na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $G = 14,21$  kN/m, moment:  $M_{Gy} = -0,41$  kNm/m.

Uwaga: Przy sprawdzaniu położenia wypadkowej alternatywnie brano pod uwagę obciążenia obliczeniowe wyznaczone przy zastosowaniu dolnych współczynników obciążenia.

#### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (84,70 + 14,21 | 10,27) \cdot 1,00 = 98,91 | 94,97 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-84,70 \cdot 0,00 + -0,41 | -0,26) \cdot 1,00 = -0,41 | -0,26 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 0,41 / 98,91 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,12 \text{ m.}$$

**Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.**

#### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,70 - 2 \cdot 0,00 = 0,69 \text{ m, } L' = L = 1,00 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 2):

średnia gęstość obl.:  $\rho_{D(r)} = 1,89 \text{ t/m}^3$ , min. wysokość:  $D_{\min} = 1,00$  m,

obciążenie:  $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,89 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 18,54 \text{ kPa.}$

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego:  $\phi_{u(r)} = \phi_{u(n)} \cdot \phi_m = 16,30 \cdot 0,90 = 14,67^0$ ,

spójność:  $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \phi_m = 27,80 \cdot 0,90 = 25,02 \text{ kPa,}$

$N_B = 0,55$   $N_C = 10,77$ ,  $N_D = 3,82$ .

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \alpha = |H_x| \cdot L / N_r = 0,00 \cdot 1,00 / 98,91 = 0,0000, \quad \text{tg } \alpha / \text{tg } \phi_{u(r)} = 0,0000 / 0,2618 = 0,000,$$

$$i_B = 1,00, \quad i_C = 1,00, \quad i_D = 1,00.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \phi_m \cdot g = 2,10 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,54 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,83, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,21, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 2,04.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B'L'(m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \alpha_{D(r)} \cdot g \cdot D_{min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \alpha_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 329,03 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 98,91 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 329,03 = 266,51 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

## 8. Stan graniczny II

### 8.1. Osiadanie fundamentu

**Osiadanie całkowite:**

Osiadanie pierwotne:  $s' = 0,25 \text{ cm.}$

Osiadanie wtórne:  $s'' = 0,00 \text{ cm.}$

Współczynnik stopnia odprężenia podłoża:  $\alpha = 0.$

Osiadanie:  $s = s' + \alpha \cdot s'' = 0,25 + 0 \cdot 0,00 = 0,25 \text{ cm,}$

Sprawdzenie warunku osiadania:

**Warunek nie jest określony.**

## 9. Wymiarowanie fundamentu

### 9.1. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca V [kN/m]	Nośność betonu V <sub>r</sub> [kN/m]	Nośność strzemion V <sub>s</sub> [kN/m]
* 1	1	0	212	-

### 9.2. Sprawdzenie ławy na przebicie dla obciążenia nr 1

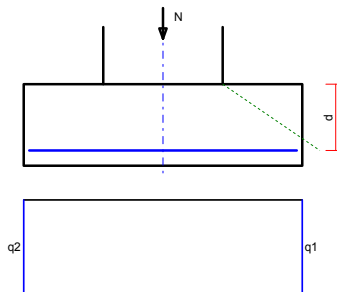
**Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 85 \text{ kN/m,}$  moment:  $M_r = 0,00 \text{ kNm/m.}$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 0,00 \text{ m.}$$



**Przebicie ławy w przekroju 1:**

Siła ścinająca:  $V_{sd} = 0,5 \cdot (q_1 + q_c) \cdot c = 0,5 \cdot (121,0 + 121,0) \cdot 0,04 = 0 \text{ kN/m.}$

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{rd} = f_{ctd} \cdot d = 870 \cdot 0,24 = 212 \text{ kN/m.}$

$$V_{sd} = 0 \text{ kN/m} < V_{rd} = 212 \text{ kN/m.}$$

**Wniosek: warunek na przebicie jest spełniony.**

### 9.3. Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

Nr obc.	Przekrój	Moment zginający M [kNm/m]	Nośność betonu M <sub>r</sub> [kNm/m]
* 1	1	2	-

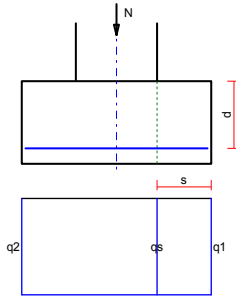
### 9.4. Sprawdzenie ławy na zginanie dla obciążenia nr 1

**Zestawienie obciążeń:**

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 85 \text{ kN/m,}$  moment:  $M_r = 0,00 \text{ kNm/m.}$

Mimośród siły względem środka podstawy:  $e_r = |M_r/N_r| = 0,00$  m.



### Zginanie ławy w przekroju 1:

Moment zginający:  $M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 121,0 + 121,0) \cdot 0,04 = 2$  kNm/m.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,5$  cm<sup>2</sup>/m.

**Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.**

## 10. Zbrojenie ławy

### Zbrojenie główne na kierunku x:

Obliczona powierzchnia przekroju poprzecznego:  $A_s = 1,0$  cm<sup>2</sup>/m.

Średnica prętów:  $\varnothing = 12$  mm, rozstaw prętów:  $s = 25,0$  cm.

### Pręty rozdzielcze:

Średnica prętów:  $\varnothing_r = 6$  mm, liczba prętów:  $n_r = 2$ .

### Zbrojenie dodatkowe podłużne:

Pręty podłużne:  $4 \cdot \varnothing 12$  mm, strzemiona:  $\varnothing 6$  mm co 50 cm.

**Przyjęto ławę fundamentową o wymiarach 70 x 30 cm, z betonu B20 MPa, zbrojoną podłużnie 6  $\varnothing 12$ , stal A-III, strzemiona  $\varnothing 6$  co 30cm ze stali A-I. Otulenie zbrojenia 5 cm. Ławę wykonać na warstwie betonu B10 gr. 10 cm.**

.....  
/OPRACOWAŁ/