

## 11.2. Fundament pod słupami podtrzymującymi schody.

### 11.2.1. Fundament pod słupem pod węzłem nr 4

#### 11.2.1.1. Sprawdzenie nośności gruntu.

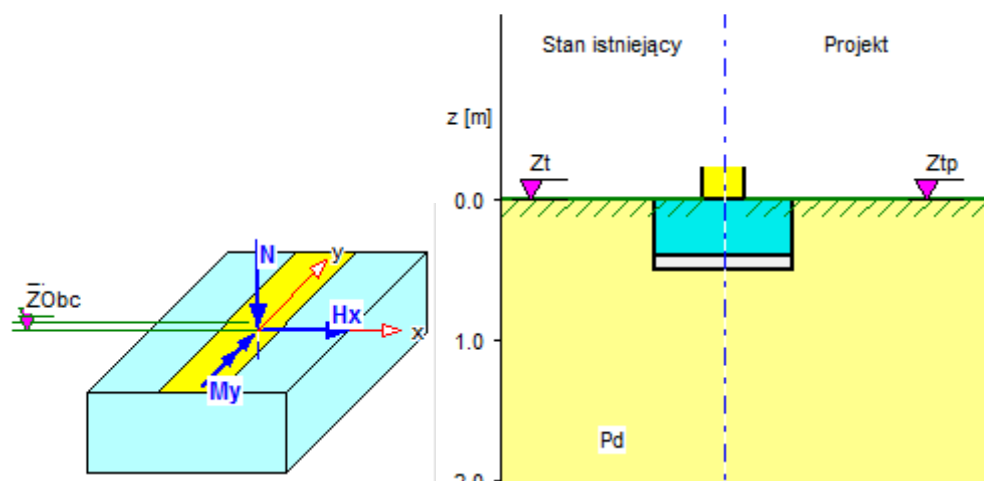
Fundament obciążony jest 4-ma słupami pod spocznikiem. 2 słupy na środku usytuowane są obok siebie, dlatego w obliczeniach uproszczono je do jednego słupa przenoszącego 2 reakcje.

Obciążenie ciągłe wynosi:  $60,68\text{kN} \cdot 4/3,85\text{m} = 63,04\text{kN/m}$

gdzie 3,85m to szerokość fundamentu.

Lp.	Typ	N [kN/mb]	Hx [kN/mb]	My [kNm/mb]	Gam.	Literał obc.
1	D	63,0	0,0	0,0	1,20	reakcje

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poziom wody
1	0,00	nieokr.	Piasek drobny	ID:0,60_w	brak



#### Stan graniczny I

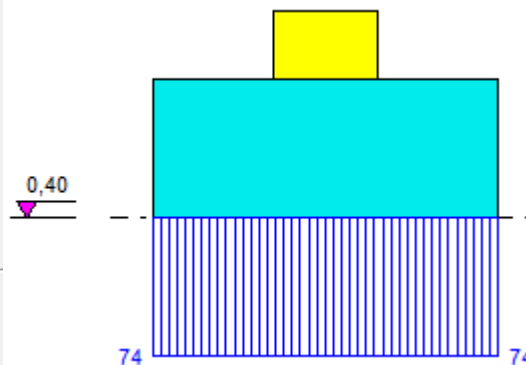
Tabela wyników - analiza nośności

Numer obc.	Typ	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośrodowo
* 1	D	0,40	0,454	0,000

Wypadkowe obciążenie  $N = 284,1 \text{ kN}$   
Mimośród siły  $e = 0,00 \text{ m}$   
Nośność podłoża  $m Q_{fNB} = 625,2 \text{ kN}$   
Umowna szerokość fundamentu  $B = 1,00 \text{ m}$   
Dopuszczalny mimośród  $e_{dop} = 0,17 \text{ m}$

---

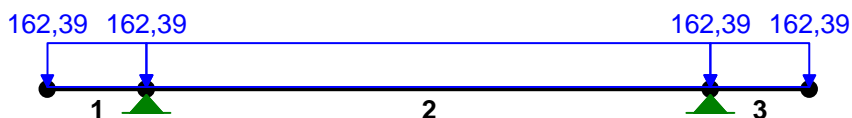
**Warunki:**  $N = 284,1 \text{ kN} < Q_{fNB} = 625,2 \text{ kN}$   
 $|e_x| = 0,00 \text{ m} < e_{dop} = 0,17 \text{ m}$



### 11.2.1.2. Obliczenie zbrojenia na odpór gruntu.

Przyjęto układ odwrócony. Obciążenie stanowi odpór gruntu równy:  $625,2 \text{ kN} / 3,85 \text{ m} = 162,39 \text{ kN/m}$  i ciężar własny. Przekrój pręta (fundamentu) ma wymiary  $40 \times 100 \text{ cm}$ .

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

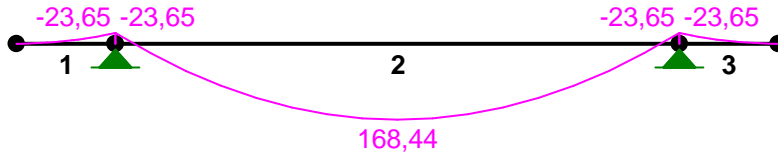
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1(Tg):	P2(Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	A	" "		Zmienne	$\gamma_f = 1,10$	
1	Liniowe	0,0	162,39	162,39	0,00	0,50
2	Liniowe	0,0	162,39	162,39	0,00	2,85
3	Liniowe	0,0	162,39	162,39	0,00	0,50

=====

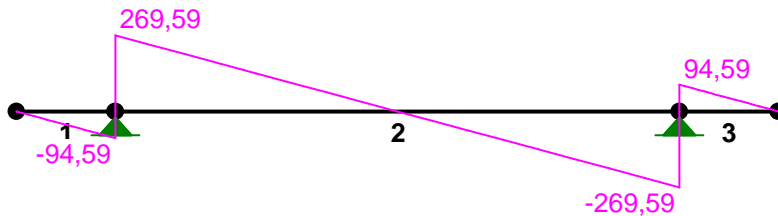
W Y N I K I  
Teoria I-go rzędu

=====

MOMENTY:



TNĄCE:



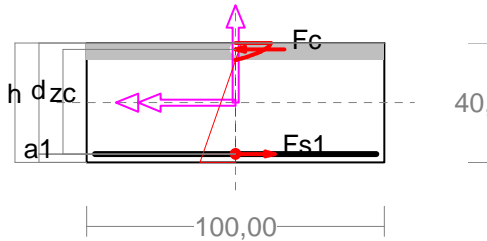
NORMALNE: brak

**SIŁY PRZEKROJOWE:** T.I rzędu  
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	-0,00	-0,00	0,00
	1,00	0,500	-23,65	-94,59	0,00
2	0,00	0,000	-23,65	269,59	0,00
	0,50	1,425	<b>168,44*</b>	0,00	0,00
	1,00	2,850	-23,65	-269,59	0,00
3	0,00	0,000	-23,65	94,59	0,00
	1,00	0,500	0,00	0,00	0,00

\* = Wartości ekstremalne

## Zbrojenie wymagane:



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-168,38^2+0,00^2)}=168,38 \text{ kNm}$$

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

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

$$A_{s1}=\mathbf{12,62} \text{ cm}^2 \Rightarrow (7 \times 16 = 14,07 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (\* $A_{s2}=0$  nie jest obliczeniowo wymagane.\*\*) ( $\epsilon_c=-1,81 \text{ ‰}$ ):

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

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=12,62 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 12,62/4000=0,32 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,2, x=5,7 (\xi=0,153),$$

$$a_1=2,8, a_c=2,1, z_c=35,1, A_{cc}=571 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-1,81 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-479,82, F_{s1}=479,82,$$

$$M_c=85,85, M_{s1}=82,53,$$

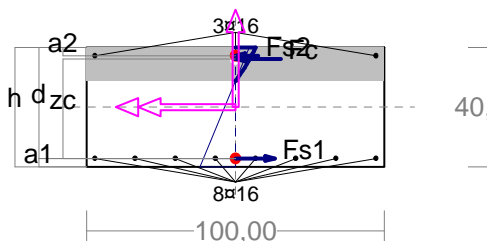
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c+F_{s1}=-479,82+(479,82)=-0,00 \text{ kN} (N_{Sd}=0,00 \text{ kN})$$

$$M_c+M_{s1}=85,85+(82,53)=168,38 \text{ kNm} (M_{Sd}=168,38 \text{ kNm})$$

**Nośność przekroju prostokątnego:**

zadanie fun1, pręt nr 2, przekrój:  $x_a=1,40 \text{ m}, x_b=1,45 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

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

$$M_{Sd}=\sqrt{(M_{Sdx}^2+M_{Sdy}^2)}=\sqrt{(-168,38^2+0,00^2)}=168,38 \text{ kNm}$$

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

Zbrojenie rozciągane:  $A_{s1}=\mathbf{16,08} \text{ cm}^2$ ,

Zbrojenie ściskane:  $A_{s2}=\mathbf{6,03} \text{ cm}^2$ ,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=22,12 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=$$

$$100 \times 22,12/4000=0,55 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=40,0, d=37,2, x=11,2 (\xi=0,300),$$

$$a_1=2,8, a_2=2,8, a_c=3,8, z_c=33,4, A_{cc}=1117 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c=-0,67 \text{ ‰}, \epsilon_{s2}=-0,50 \text{ ‰}, \epsilon_{s1}=1,56 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c=-442,24, F_{s1}=502,84, F_{s2}=-60,60,$$

$$M_c=71,47, M_{s1}=86,49, M_{s2}=10,42,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 213,50 \text{ kNm} > M_{Sd} = M_c + M_{s1} + M_{s2} = 71,47 + (86,49) + (10,42) = 168,38 \text{ kNm}$$

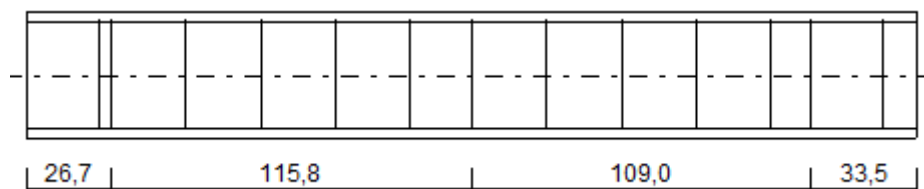
## Zbrojenie poprzeczne (strzemiona)

zadanie fun1, pręt nr 2

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

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

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



Rozstaw strzemion:

### Strefa nr 1

Początek i koniec strefy:  $x_a = 0,0$   $x_b = 26,7 \text{ cm}$

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 **23,0 cm**, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (23,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00087$$

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

### Strefa nr 2

Początek i koniec strefy:  $x_a = 26,7$   $x_b = 142,5 \text{ cm}$

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:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (24,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00084$$

$$\rho_w = 0,00084 < 0,00087 = \rho_{w \min}$$

### Strefa nr 3

Początek i koniec strefy:  $x_a = 142,5$   $x_b = 251,5 \text{ cm}$

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:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (24,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00084$$

$$\rho_w = 0,00084 < 0,00087 = \rho_{w \min}$$

#### Strefa nr 4

Początek i koniec strefy:  $x_a = 251,5$   $x_b = 285,0$  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.

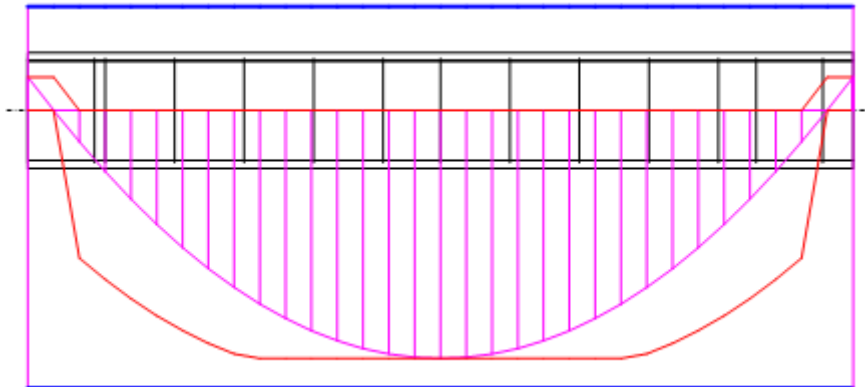
Ze względu na pręty ściskane  $s_{\max} = 15 \phi = 15 \times 16,0 = 240,0$  mm.

Przyjęto strzemiona 4-cięte, prostopadłe do osi pręta o rozstawie **23,0** cm, dla których stopień zbrojenia na ścinanie wynosi:

$$\rho_w = A_{sw} / (s b_w \sin \alpha) = 2,01 / (23,0 \times 100,0 \times 1,000) = 0,00087$$

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

#### **Nośność zbrojenia podłużnego**



Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla  $x = 1,420$  m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times 0,00 \times (2,000) = 0,00 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciąganych:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 503,01 + 0,00 = 503,01 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 503,01 \text{ kN}$$

Przyjęto  $F_{td} = 503,01$  kN

$$F_{td} = 503,01 < 562,97 = 16,08 \times 350 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

#### **Zarysowanie**

zadanie fun1, pręt nr 2,

Położenie przekroju:

$$x = 1,420 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = 153,12 \text{ kNm}$$

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

$$V_{Sd} = 0,83 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

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

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

$$A_c = 4000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 26667 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

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

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ = 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 2000 / 240 = 7,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \mathbf{16,08} > \mathbf{7,33} = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 26667 \times 10^{-3} = 58,67 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 153,12 > 58,67 = M_{cr}$$

**Przekrój zarysowany.**

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto  $k_2 = 0,5$ .

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 16,08 / 700 = 0,02298$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 16 / 0,02298 = 119,63$$

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ = 285,04 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (58,67 / 153,12)^2] = 0,00132$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 119,63 \times 0,00132 = 0,27 \text{ mm}$$

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

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

**Ugięcia**

zadanie fun1, pręt nr 2

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

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

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

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 26667 \times 10^{-3} = 58,67 \text{ kNm}$$

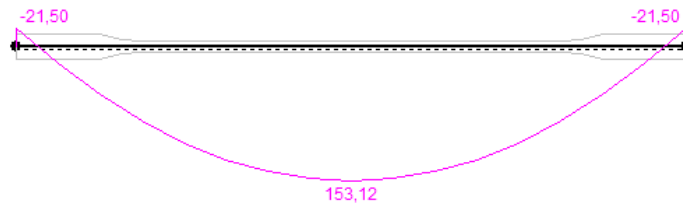
Całkowity moment zginający  $M_{Sd} = 153,12 \text{ kN}$  powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

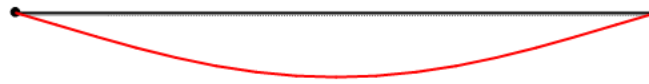
Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu  $M_{Sd} = 153,12 \text{ kNm}$ .

Wielkości geometryczne przekroju:  $x_I = 20,8 \text{ cm}$   $I_I = 661502 \text{ cm}^4$   
 $x_{II} = 11,9 \text{ cm}$   $I_{II} = 272077 \text{ cm}^4$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ = \frac{10000 \times 272077}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (58,67 / 153,12)^2 \times (1 - 272077 / 661502)} \times 10^{-5} = 28436 \text{ kNm}^2$$



Wykres sztywności i momentów dla obciążeń długotrwałych.

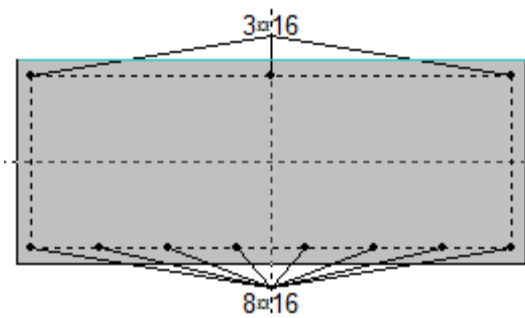
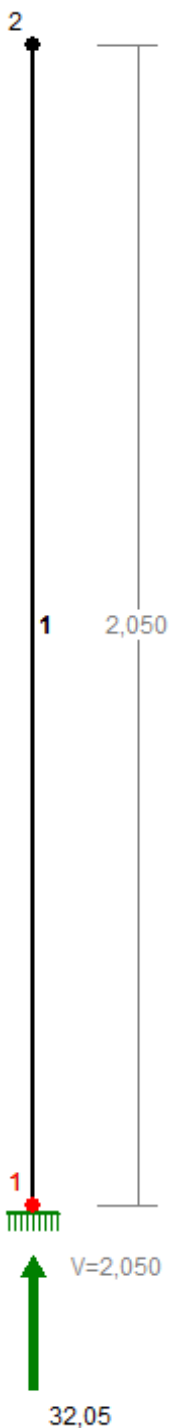


Ugięcia.

Ugięcie w punkcie o współrzędnej  $x = 1,425$  cm, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ( $1/\rho$ ) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 4,3 \text{ mm}$$

$$a = 4,3 < 14,2 = a_{lim}$$



### 11.2.2. Fundament pod słupem pod węzłem nr 6

#### 11.2.2.1. Sprawdzenie nośności gruntu.

Fundament obciążony jest 4-ma słupami pod spocznikiem. 2 słupy na środku usytuowane są obok siebie, dlatego w obliczeniach uproszczono je do jednego słupa przenoszącego 2 reakcje.

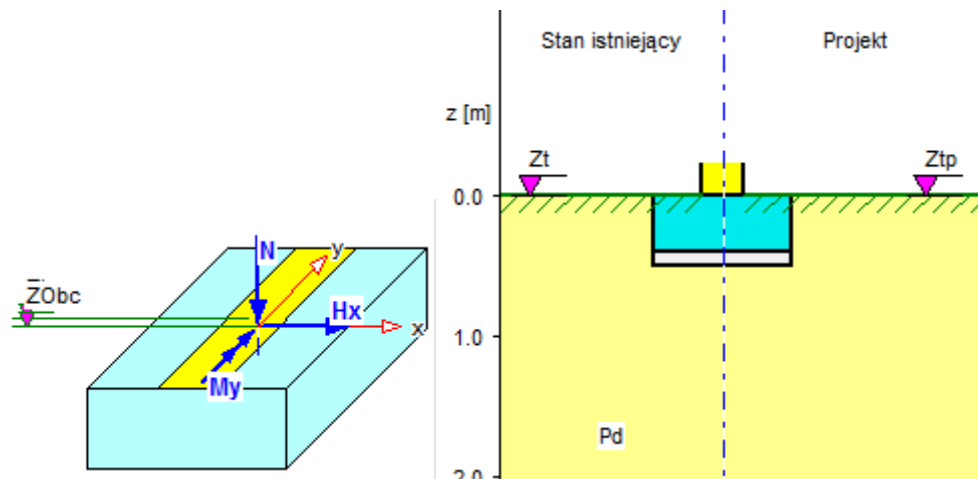
Obciążenie ciągłe wynosi:  $32,05\text{kN} \cdot 4/3,85\text{m} = 33,29\text{kN/m}$

gdzie 3,85m to szerokość fundamentu.

Lp.	Typ	N [kN/mb]	Hx [kN/mb]	My [kNm/mb]	Gam.	Literak obc.
1	D	33,3	0,0	0,0	1,20	reakcje

Lp.	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poziom wody
1	0,00	nieokr.	Piasek drobny	ID:0,60_w	brak





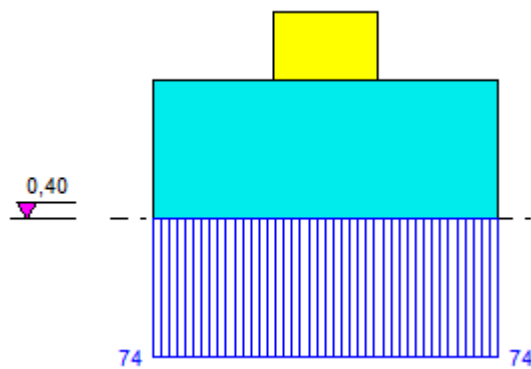
### Stan graniczny I

Wypadkowe obciążenie  $N = 169,8 \text{ kN}$   
 Mimośród siły  $e = 0,00 \text{ m}$   
 Nośność podłoża  $m Q_{fNB} = 625,2 \text{ kN}$   
 Umowna szerokość fundamentu  $B = 1,00 \text{ m}$   
 Dopuszczalny mimośród  $e_{dop} = 0,17 \text{ m}$

Tabela wyników - analiza nośności

Numer obc.	Typ	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośrodu
* 1	D	0,40	0,272	0,000

**Warunki:**  $N = 169,8 \text{ kN} < Q_{fNB} = 625,2 \text{ kN}$   
 $|e_x| = 0,00 \text{ m} < e_{dop} = 0,17 \text{ m}$



### 11.2.2.2. Obliczenie zbrojenia na odpór gruntu.

Przyjęto układ odwrócony. Obciążenie stanowi odpór gruntu równy:  $625,2 \text{ kN}/3,85 \text{ m} = 162,39 \text{ kN/m}$  i ciężar własny. Zatem wymiarowanie zbrojenia przebiega identycznie jak dla pkt. 11.2.1.

