

## OBLICZENIA STATYCZNE

### 1. Zestawienie obciążeń.

#### Wiatr

##### Płyty i ściany płaskie

Położenie obiektu: strefa 1, wysokość n.p.m.  $H = 47,00$  m

$$\Rightarrow V_k = 22,00 \text{ m/s}$$

Poziom odniesienia nad gruntem:  $z_1 = H = 2,80$  m

Umowny poziom gruntu:  $z_0 = 0,00$  m

Poziom odniesienia do obl. wsp. ekspozycji:  $z = z_0 + z_1 = 0,00 \text{ m} + 2,80 \text{ m} = 2,80$  m

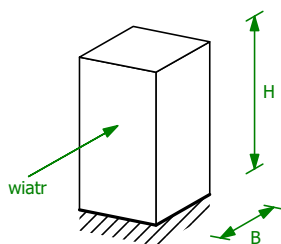
Współczynnik ekspozycji:  $C_e = 0,5 + 0,05 \times z = 0,5 + 0,05 \times 2,80 = 0,64$

Charakterystyczne ciśnienie prędkości:

$$\Rightarrow q_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

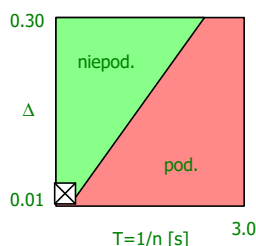
Współczynnik działania porywów wiatru  $\beta$

Rodzaj konstrukcji: budynki murowane lub z betonu monolitycznego



Częstotliwość drgań własnych:  $n = 1 / (0,015 \times H \times 1 \text{ s}) = 1 / (0,015 \times 10,00 \times 1 \text{ s}) = 6,67 \text{ 1/s}$

Logarytmiczny dekrement tłumienia:  $\Delta = 0,02$



Budowla niepodatna.

$$\Rightarrow \beta = 1,80$$

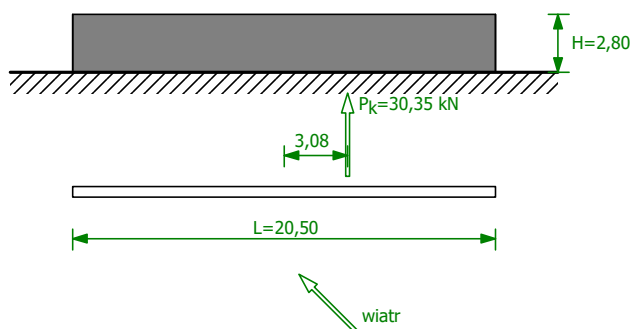
Rodzaj elementu: **galeria lub łącznik, powierzchnia nawietrzna**

Współczynnik ciśnienia zewnętrznego:  $C_z = 0,70$

Budynek zamknięty.

Współczynnik ciśnienia wewnętrznego:  $C_w = 0,00$

$$\Rightarrow C_p = 1,53$$



Obciążenie charakterystyczne  $p_k = q_k \times C_e \times C_p \times \beta = 0,30 \text{ kN/m}^2 \times 0,64 \times 1,53 \times 1,80 = 0,53 \text{ kN/m}^2$

Obciążenie obliczeniowe  $p_o = 1,50 \times 0,53 \text{ kN/m}^2 = \mathbf{0,79 \text{ kN/m}^2}$

#### Ciążar własny

##### Wieniec żelbetowy

Obciążenie charakterystyczne  $0,24 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 1,728 \text{ kN/m}$

Obciążenie obliczeniowe  $Q_{o1} = 1,35 \times 1,728 \text{ kN/m} = \mathbf{2,33 \text{ kN/m}}$

$Q_{o2} = 1,00 \times 1,728 \text{ kN/m} = \mathbf{1,73 \text{ kN/m}}$

##### Mur z cegły

Obciążenie charakterystyczne  $Q_k = 0,24 \text{ m} \times 2,50 \text{ m} \times 18,0 \text{ kN/m}^3 = 10,8 \text{ kN/m}$

Obciążenie obliczeniowe  $Q_{o1} = 1,35 \times 10,8 \text{ kN/m} = \mathbf{14,58 \text{ kN/m}}$

$$Q_{o2} = 1,00 \times 10,8 \text{ kN/m} = \mathbf{10,80 \text{ kN/m}}$$

### Mur betonowy

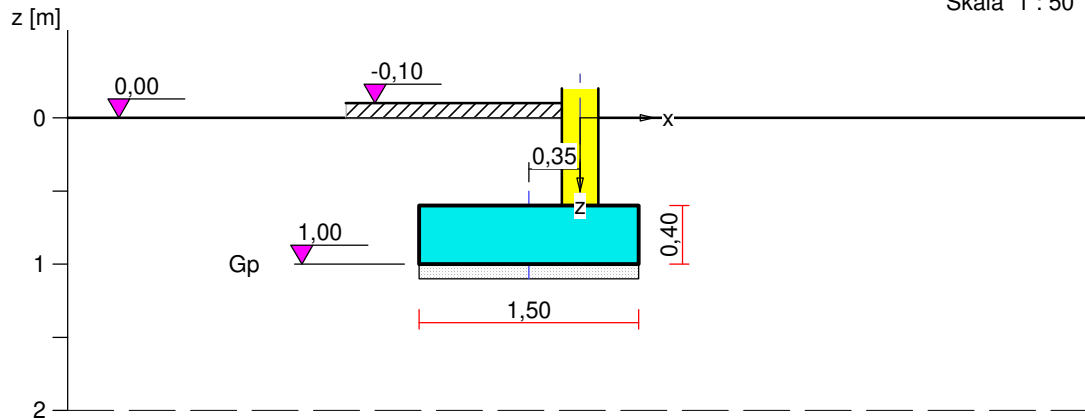
$$\text{Obciążenie charakterystyczne} \quad 0,25\text{m} \times 0,6\text{m} \times 23\text{kN/m}^3 = 3,45 \text{ kN/m}$$

$$\text{Obciążenie obliczeniowe} \quad Q_{o1} = 1,35 \times 3,45 \text{ kN/m} = \mathbf{4,66 \text{ kN/m}}$$

$$Q_{o2} = 1,00 \times 3,45 \text{ kN/m} = \mathbf{3,45 \text{ kN/m}}$$

## 2. Fundament.

Skala 1 : 50



### Podłoże gruntowe

#### Warstwy gruntu

Lp.	Poziom stopu [m]	Grubość warstwy [m]	Nazwa gruntu	Poz. wody grunt. [m]
1	0,00	nieokreśl.	Gлина piaszczysta	brak wody

#### Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	$I_D$ [-]	$I_L$ [-]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	stopień wilgotn.	$c_u$ [kPa]	$\Phi_u$ [°]	$M_0$ [kPa]	$M$ [kPa]
Gp		0,15	2,20		33,50	19,2	41944	55925
Pr	0,50		1,70	m.wilg.	0,00	33,0	94688	105208

### Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość:  $b = 0,25 \text{ m}$ , długość:  $l = 20,50 \text{ m}$ ,

Współrzędne końców osi ściany:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = 0,00 \text{ m}, \quad x_2 = 20,50 \text{ m}, \quad y_2 = 0,00 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $\phi = -90,00^\circ$ .

### Posadzki

#### Posadzka 1

Względny poziom posadzki:  $p_{p1} = -0,10 \text{ m}$ ,

Grubość:  $h = 0,10 \text{ m}$ , charakt. ciężar objętościowy:  $\gamma_{p1 \text{ char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$ ,

Obciążenie posadzki:  $q_{p1} = 5,00 \text{ kN/m}^2$ , współcz. obciążenia:  $\gamma_{qf} = 1,35$ ,

Wymiar posadzki:  $d_x = 2,00 \text{ m}$ .

#### Warstwa wyrównawcza pod fundamentem

Grubość:  $h = 0,10 \text{ m}$ ,

Charakterystyczny ciężar objętościowy:  $\gamma_{ww \text{ char}} = 22,00 \text{ kN/m}^3$ .

### Obciążenie od konstrukcji

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,60 \text{ m}$ .

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N [kN/m]	Hx [kN/m]	My [kNm/m]	$\gamma$ [-]
	obciążenia*	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]	[-]
1	D	16,0	1,5	2,97	1,35

\* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

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

### Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B20, nazwa stali: RB 500 W,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x:  $d_x = 12,0 \text{ mm}$ , na kierunku y:  $d_y = 8,0 \text{ mm}$ ,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

Dopuszcza się zbrojenie strzemionami, jeżeli warunek na przebicie tego wymaga.

### Wymiary fundamentu

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,00$  m  
 Kształt fundamentu: **prosty**  
 Wymiary podstawy:  $B = 1,50$  m,  $L = 20,50$  m,  
 Wysokość:  $H = 0,40$  m, mimośród:  $E = -0,35$  m.

### Stan graniczny I

#### Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	1,00	0,12	0,71

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

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B = 1,50$  m,  $L = 20,50$  m.

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

Rodzaj obciążenia: D,

#### Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	$\gamma$	Obc. obl. G	Mom. obl. M <sub>G</sub>
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	14,72	0,00	1,1 (0,9)	16,19	0,00
Grunt - pole 1	12,63	-0,26	1,2 (0,8)	15,15	-3,98
Grunt - pole 2	3,56	0,61	1,2 (0,8)	4,27	2,62
C.wł. posadzki 1	2,15	-0,26	1,3 (0,8)	2,79	-0,73
Obc. posadzki 1	4,88	-0,26	1,4 (0,0)	6,58	-1,73

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

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 15,98$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E = -0,35$  m,

siła pozioma:  $H_x = 1,48$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,40$  m,

moment:  $M_y = 2,97$  kNm/m.

#### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (15,98 + 44,98 \mid 27,91) \cdot 20,50 = 1249,68 \mid 899,72 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-15,98 \cdot -0,35 + 1,48 \cdot 0,40 + 2,97 + -3,82 \mid -1,36) \cdot 20,50 = 109,38 \mid 159,86 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r / N_r| = 159,86 / 899,72 = 0,18 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,18 \text{ m} < 0,25 \text{ m.}$$

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

#### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 1,50 - 2 \cdot 0,09 = 1,32 \text{ m, } L' = L = 20,50 \text{ m.}$$

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

średnia gęstość obl.:  $\rho_{D(r)} = 1,98 \text{ t/m}^3$ , min. wysokość:  $D_{\min} = 1,00$  m,

obciążenie:  $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,98 \cdot 9,81 \cdot 1,00 = 19,42 \text{ kPa.}$

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego:  $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 19,20 \cdot 0,90 = 17,28^\circ$ ,

spójność:  $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 33,50 \cdot 0,90 = 30,15 \text{ kPa,}$

$N_B = 0,91$   $N_C = 12,55$ ,  $N_D = 4,90$ .

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$$\text{tg } \delta = |H_x| \cdot L / N_r = 1,48 \cdot 20,50 / 1249,68 = 0,0243, \quad \text{tg } \delta / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0243 / 0,3111 = 0,078,$$

$$i_B = 0,93, \quad i_C = 0,96, \quad i_D = 0,97.$$

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,20 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 19,42 \text{ kN/m}^3.$$

Współczynniki kształtu:

$$m_B = 1 - 0,25 \cdot B' / L' = 0,98, \quad m_C = 1 + 0,3 \cdot B' / L' = 1,02, \quad m_D = 1 + 1,5 \cdot B' / L' = 1,10.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$Q_{fNB} = B' L' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_C + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_D + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B' \cdot i_B) = 13366,66 \text{ kN.}$$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 1249,68 \text{ kN} < m \cdot Q_{fNB} = 0,81 \cdot 13366,66 = 10826,99 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

### Stan graniczny II

#### Osiadanie fundamentu

##### Osiadanie całkowite:

Osiadanie pierwotne:  $s' = 0,01$  cm.

Osiadanie wtórne:  $s'' = 0,00$  cm.

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

Osiadanie:  $s = s' + \lambda \cdot s'' = 0,01 + 0 \cdot 0,00 = 0,01 \text{ cm}$ ,

Sprawdzenie warunku osiadania:

Dopuszczalne osiadanie:  $s_{\text{dop}} = 1,00 \text{ cm}$ .

$s = 0,01 \text{ cm} < s_{\text{dop}} = 1,00 \text{ cm}$

**Wniosek: Warunek osiadania jest spełniony.**

#### Szczegółowe wyniki osiadania fundamentu

Nr warstwy	Poziom stropu [m]	Grubość warstwy [m]	Napr. pierwotne [kPa]	Napr. wtórne [kPa]	Napr. dodatk. [kPa]	Osiadanie pierwotne [cm]	Osiadanie wtórne [cm]	Osiadanie sumaryczne [cm]
1	0,00	0,25	3	0	0	0,00	0,00	0,00
2	0,25	0,25	8	0	0	0,00	0,00	0,00
3	0,50	0,25	13	0	0	0,00	0,00	0,00
4	0,75	0,25	19	0	0	0,00	0,00	0,00
5	1,00	0,30	25	0	10	0,01	0,00	0,01
6	1,30	0,30	31	0	9	0,01	0,00	0,01
					Suma	0,01	0,00	0,01

Uwaga: Wartości naprężeń są średnimi wartościami naprężeń w warstwie

#### Wymiarowanie fundamentu

##### Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na przebiecie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca V [kN/m]	Nośność betonu $V_r$ [kN/m]	Nośność strzemion $V_s$ [kN/m]
* 1	1	0	299	–

##### Sprawdzenie ławy na przebiecie dla obciążenia nr 1

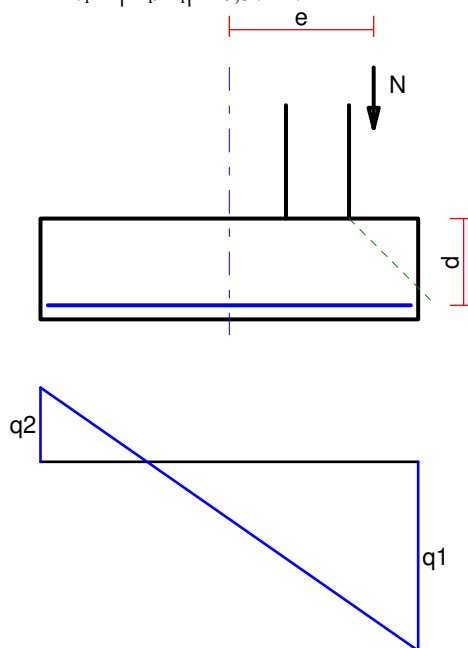
###### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 16 \text{ kN/m}$ , moment:  $M_r = 9,15 \text{ kNm/m}$ .

Mimośrodek siły względem środka podstawy:

$e_r = |M_r/N_r| = 0,57 \text{ m}$ .



###### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu:  $q_1 = 35 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = -14 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $c = -0,07 \text{ m}$ ,  $q_c = 37,31 \text{ kPa}$ .

###### Przebiecie ławy w przekroju 1:

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

Nośność betonu na ścinanie:  $V_{Rd} = f_{ctd} \cdot d = 870 \cdot 0,34 = 299 \text{ kN/m}$ .

$V_{Sd} = 0 \text{ kN/m} < V_{Rd} = 299 \text{ kN/m}$ .

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

##### Zestawienie wyników sprawdzenia ławy na zginanie

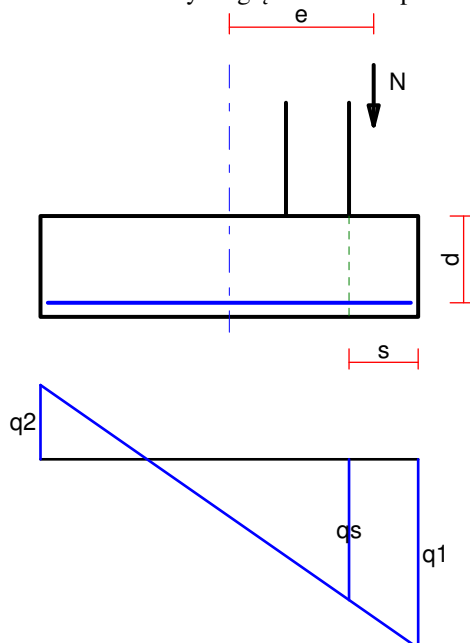
Nr obc.	Przekrój	Moment zginający M [kNm/m]	Nośność betonu $M_r$ [kNm/m]
* 1	1	1	–

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

###### Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do osi ławy:

siła pionowa:  $N_r = 16 \text{ kN/m}$ , moment:  $M_r = 6,18 \text{ kNm/m}$ .  
 Mimośród siły względem środka podstawy:  $e_r = |M_r/N_r| = 0,39 \text{ m}$ .



#### Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na brzegach fundamentu:  $q_1 = 35 \text{ kPa}$ ,  $q_2 = -14 \text{ kPa}$ .

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1:  $s = 0,28 \text{ m}$ ,  $q_s = 26,12 \text{ kPa}$ .

#### Zginanie ławy w przekroju 1:

Moment zginający:  $M_{sd} = (2 \cdot q_1 + q_s) \cdot s^2 / 6 = (2 \cdot 35,1 + 26,1) \cdot 0,08 = 1 \text{ kNm/m}$ .

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia:  $A_s = 0,1 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

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

#### Zbrojenie ławy

##### Zbrojenie główne na kierunku x:

Obliczona powierzchnia przekroju poprzecznego:  $A_s = 1,0 \text{ cm}^2/\text{m}$ .

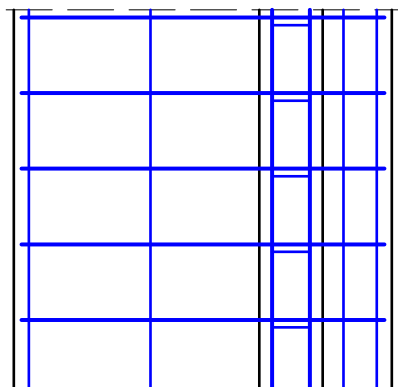
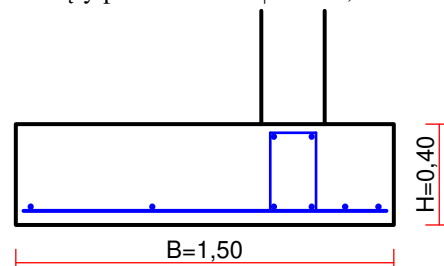
Średnica prętów:  $\phi = 12 \text{ mm}$ , rozstaw prętów:  $s = 30,0 \text{ cm}$ .

##### Pręty rozdzielcze:

Średnica prętów:  $\phi_r = 8 \text{ mm}$ , liczba prętów:  $n_r = 4$ .

##### Zbrojenie dodatkowe podłużne:

Pręty podłużne:  $4 \cdot \phi 12 \text{ mm}$ , strzemiona:  $\phi 6 \text{ mm}$  co  $30 \text{ cm}$ .



Ilość stali na 1 mb:  $9,0 \text{ kg/m}$ , ilość stali na całą ławę:  $185 \text{ kg}$ .

Ilość betonu na 1 mb:  $0,60 \text{ m}^3/\text{m}$ , ilość betonu na całą ławę:  $12,30 \text{ m}^3$ .

Ilość stali na  $1 \text{ m}^3$  betonu:  $15,0 \text{ kg/m}^3$ .