

II. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ

- lokalizacja:	Chrabków
- strefa obciążenia śniegiem:	3
- strefa obciążenia wiatrem:	1 Teren II
- wysokość nad poziomem morza w [m]	$A := 256,50$
- kąt nachylenia połaci dachu	$\alpha := 35^\circ$
- wysokość budynku	$h_k := 6,50 \text{ m}$

OBCIĄŻENIA STAŁE

Ciężar własny wszystkich elementów konstrukcyjnych budynku jest uwzględniony poprzez generowanie go w programie do obliczeń statycznych.

Pokrycie dachu nieocieplonego

- pokrycie - dachówka	$0,50 \text{ kN m}^{-2}$
- łaty i kontrłaty	$0,05 \text{ kN m}^{-2}$
- izolacja paroprzepuszczalna	$0,01 \text{ kN m}^{-2}$
Razem	$0,56 \text{ kN m}^{-2}$

Strop na jętkach

- płyta OSB-3 25 mm / deski	$0,17 \text{ kN m}^{-2}$
- wełna mineralna 30 cm	$0,24 \text{ kN m}^{-2}$
- paroizolacja	$0,01 \text{ kN m}^{-2}$
- płyta G-K na stelażu	$0,15 \text{ kN m}^{-2}$
Razem	$0,57 \text{ kN m}^{-2}$

Pokrycie dachu ocieplonego

- pokrycie - dachówka	$0,50 \text{ kN m}^{-2}$
- łaty i kontrłaty	$0,05 \text{ kN m}^{-2}$
- izolacja paroprzepuszczalna	$0,01 \text{ kN m}^{-2}$
- wełna mineralna 30 cm	$0,24 \text{ kN m}^{-2}$
- paroizolacja	$0,01 \text{ kN m}^{-2}$
- płyta G-K na stelażu	$0,15 \text{ kN m}^{-2}$
Razem	$0,96 \text{ kN m}^{-2}$

Ściana wewnętrzna nośna

- tynk cementowo - wapienny 1,5 cm	$0,28 \text{ kN m}^{-2}$
- pustak ceramiczny 25 cm	$2,21 \text{ kN m}^{-2}$
- tynk cementowo - wapienny 1,5 cm	$0,28 \text{ kN m}^{-2}$
Razem	$2,77 \text{ kN m}^{-2}$

Ściana zewnętrzna

- tynk cementowo - wapienny 1,5 cm	$0,28 \text{ kN m}^{-2}$
- pustak ceramiczny 25 cm	$2,21 \text{ kN m}^{-2}$
- izolacja termiczna EPS 20 cm	$0,03 \text{ kN m}^{-2}$
- tynk cienkowastwowy	$0,13 \text{ kN m}^{-2}$

Razem $2,65 \text{ kN m}^{-2}$

Ściany działowe

- tynk cementowo - wapienny 1,5 cm	$0,28 \text{ kN m}^{-2}$
- pustak ceramiczny 11,5 cm	$1,01 \text{ kN m}^{-2}$
- tynk cementowo - wapienny 1,5 cm	$0,28 \text{ kN m}^{-2}$

Razem $1,57 \text{ kN m}^{-2}$

Stolarka okienna

- stolarka okienna PCV	$0,80 \text{ kN m}^{-2}$
------------------------	--------------------------

OBCIĄŻENIA TECHNOLOGICZNE

- strych	$q := 0,50 \text{ kN m}^{-2}$
----------	-------------------------------

OBCIĄŻENIE ŚNIEGIEM (PN-EN 1991-1-3:2005)

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu (3 stefa)	$s_k := 1,20 \text{ kN m}^{-2}$
Współczynnik ekspozycji (teren normalny)	$C_e := 1,0$
Współczynnik termiczny	$C_t := 1$
Współczynnik kształtu dachu	$\mu_1 = 0,6667$
Obciążenie charakt. na rzut powierzchni dachu	$s_1 := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \text{ kN m}^{-2}$

OBCIĄŻENIE WIATREM (PN-EN 1991-1-4:2008)

Wartość nad poziomem gruntu	$z := h_k \text{ m}^{-1} \text{ [m]}$
Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (1 stefa)	$v_{b,0} = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Współczynnik kierunkowy	$C_{dir} := 1$
Współczynnik sezonowy	$C_{season} := 1$
Bazowa prędkość wiatru	$v_b := C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Wartość bazowa ciśnienia prędkości	$q_b := \frac{1}{2} \cdot 1,25 \text{ kg m}^{-3} \cdot v_b^2 = 0,30 \text{ kN m}^{-2}$
Kategoria terenu - Teren II (tereny z niską roślinnością i pojedynczymi przeszkodami)	$z_{min} := 2 \text{ [m]}$ $z_{max} := 300 \text{ [m]}$
Współczynnik rzeźby terenu	$C_o(z) := 1$

Obliczenia wg procedury załącznika krajowego

$$\text{Współczynniki ekspozycji} \quad c_e(z) := 2,3 \cdot \left(\frac{z}{10} \right)^{0,24} \quad c_e(z) = 2,07$$

$$\text{Szczytowe ciśnienie prędkości} \quad q_p(z) := c_e(z) \cdot q_b \quad q_p(z) = 0,63 \text{ kN m}^{-2}$$

Współczynniki ciśnienia generowane są w programie do obliczeń statycznych

2. WIĘŻBA DACHOWA

Krokiew

Materiał: C24

Klasa użytkowania: 1

Przekrój poprzeczny: Dr 8x16

Zginanie (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,61 \cdot L = 0,61 \cdot 2142,28 = 1309,67 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-1395625,71)|}{341333,30} = 4,09 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 1 \cdot 24,00}{1,3} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4,09}{14,77} = 27,7 \% \quad \text{spełniony}$$

Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,64 \cdot L = 0,64 \cdot 2142,28 = 1371,34 \text{ mm}$

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,38}{8,62} + \frac{|4,07|}{14,77} + 0,7 \cdot \frac{|0,24|}{16,75} = 33,0 \% \quad (6.17)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \frac{0,38}{8,62} + 0,7 \cdot \frac{|4,07|}{14,77} + \frac{|0,24|}{16,75} = 25,2 \% \quad (6.18)$$

SGU (Stan graniczny użytkowalności)

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,57 \cdot L = 0,57 \cdot 2142,28 = 1221,24 \text{ mm}$

$$k_{def} = 0,6$$

$$w_{net,fin,z} = \left| w_{fin,z} - u_{fin,i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L} \right) - u_{fin,j,z} \cdot \frac{x}{L} \right| = 3,60 \text{ mm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{2142,28}{300,0} = 7,14 \text{ mm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{3,60}{7,14} = 50,4 \%$$

Platew

Materiał: C24

Klasa użytkowania: 1

Przekrój poprzeczny: Dr 16x24

Zginanie (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,45 \cdot L = 0,45 \cdot 4500,00 = 2035,00$ mm

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-7687774,18)|}{1535999,94} = 5,01 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,80 \cdot 1 \cdot 24,00}{1,3} = 14,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{5,01}{14,77} = 33,9 \% \quad \text{spełniony}$$

Zginanie (z)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Położenie przekroju decydującego: $x = 1,00 \cdot L = 1,00 \cdot 4500,00 = 4500,00$ mm

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{|M_z|}{W_z} = \frac{|4050498,96|}{1023999,88} = 3,96 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,z} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,z,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,z} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,10 \cdot 1 \cdot 24,00}{1,3} = 20,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_z} = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{3,96}{20,31} = 19,5 \% \quad \text{spełniony}$$

Siła Normalna-Zginanie

EN 1995-1-1: 6.3.2, 6.2.4

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,45 \cdot L = 0,45 \cdot 4500,00 = 2035,00$ mm

$$\eta_1 = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,19}{12,92} \right)^2 + \frac{|4,96|}{14,77} + 0,7 \cdot \frac{|0,89|}{14,77} = 37,8 \% \quad (6.19)$$

$$\eta_2 = \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{|\sigma_{m,y,d}|}{f_{m,y,d}} + \frac{|\sigma_{m,z,d}|}{f_{m,z,d}} = \left(\frac{0,19}{12,92} \right)^2 + 0,7 \cdot \frac{|4,96|}{14,77} + \frac{|0,89|}{14,77} = 29,5 \% \quad (6.20)$$

SGU (Stan graniczny użytkowalności)

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,49 \cdot L = 0,49 \cdot 4500,00 = 2207,00$ mm

$$k_{def} = 0,6$$

$$w_{net,fin,y} = \left| w_{fin,y} - u_{fin,i,y} \cdot \left(1 - \frac{x}{L} \right) - u_{fin,j,y} \cdot \frac{x}{L} \right| = 2,57 \text{ mm}$$

$$w_{limit,y} = \frac{L}{300,0} = \frac{4500,00}{300,0} = 15,00 \text{ mm}$$

$$\eta_{SLS,y} = \frac{w_{net,fin,y}}{w_{limit,y}} = \frac{2,57}{15,00} = 17,2 \%$$

$$w_{net,fin,z} = \left| w_{fin,z} - u_{fin,i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L} \right) - u_{fin,j,z} \cdot \frac{x}{L} \right| = 11,59 \text{ mm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{4500,00}{300,0} = 15,00 \text{ mm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{11,59}{15,00} = 77,3 \%$$

Belka stropowa

Materiał: **C24**

Klasa użytkowania: **1**

Przekrój poprzeczny: **Dr 10x20**

Zginanie (y)

EN 1995-1-1: 6.1.6

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,42 \cdot L = 0,42 \cdot 5000,00 = 2125,00 \text{ mm}$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{|M_y|}{W_y} = \frac{|(-3049381,02)|}{666666,66} = 4,57 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{h,y} = 1 \quad (3.1)$$

$$f_{m,y,d} = \frac{k_{mod} \cdot k_{h,y} \cdot f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{0,70 \cdot 1 \cdot 24,00}{1,3} = 12,92 \text{ N/mm}^2$$

$$\eta_{M_y} = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4,57}{12,92} = 35,4 \% \quad \text{spełniony}$$

SGU (Stan graniczny użytkowalności)

EN 1995-1-1: 2.2.3, 7.2

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,45 \cdot L = 0,45 \cdot 5000,00 = 2250,00 \text{ mm}$

$$k_{def} = 0,6$$

$$w_{net,fin,z} = \left| w_{fin,z} - u_{fin,i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L} \right) - u_{fin,j,z} \cdot \frac{x}{L} \right| = 10,69 \text{ mm}$$

$$w_{limit,z} = \frac{L}{300,0} = \frac{5000,00}{300,0} = 16,67 \text{ mm}$$

$$\eta_{SLS,z} = \frac{w_{net,fin,z}}{w_{limit,z}} = \frac{10,69}{16,67} = 64,1 \%$$

3. RAMA STALOWA

Materiał: S 235

Przekrój poprzeczny: HE 160 A

Siła normalna-Zginanie-Zwichrzenie

EN 1993-1-1: 6.3.3, Annex B: Method 2

Klasa przekroju: 1 (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,00 \cdot L = 0,00 \cdot 343,81 = 0$ cm

$$C_{my} = \max (0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{my}, 0,4) = \max (0,2 + 0,8 \cdot 0,677, 0,4) = 0,741 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mz} = \max (0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{mz}, 0,4) = \max (0,2 + 0,8 \cdot 0,746, 0,4) = 0,797 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$C_{mLT} = \max (0,2 + 0,8 \cdot \alpha_{mLT}, 0,4) = \max (0,2 + 0,8 \cdot 0,677, 0,4) = 0,741 \geq 0,4 \quad \text{Tabela B.3}$$

$$f_{yy} = \min (\lambda_y^* - 0,2 ; 0,8) = \min (0,56 - 0,2 ; 0,8) = 0,357$$

$$f_{zy} = \min \left(\frac{0,1}{C_{mLT} - 0,25} ; \frac{0,1 \cdot \lambda_z^*}{C_{mLT} - 0,25} \right) = \min \left(\frac{0,1}{0,741 - 0,25} ; \frac{0,1 \cdot 0,92}{0,741 - 0,25} \right) = 0,187$$

$$f_{zz} = \min (2 \cdot \lambda_z^* - 0,6 ; 1,4) = \min (2 \cdot 0,92 - 0,6 ; 1,4) = 1,238$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left(1 + f_{yy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,741 \cdot \left(1 + 0,357 \cdot \frac{\frac{|(-26,05)|}{0,86 \cdot 911,34}}{1} \right) = 0,75$$

$$k_{zy} = 1 - f_{zy} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} = 1 - 0,187 \cdot \frac{\frac{|(-26,05)|}{0,59 \cdot 911,34}}{1} = 0,991 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$k_{yz} = 0,6 \cdot k_{zz} = 0,6 \cdot 0,845 = 0,507$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left(1 + f_{zz} \cdot \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot N_{pl,Rd}}}{\gamma_{M1}} \right) = 0,797 \cdot \left(1 + 1,238 \cdot \frac{\frac{|(-26,05)|}{0,59 \cdot 911,34}}{1} \right) = 0,845 \quad \text{Tabela Annex B.1, B.2}$$

$$\chi_y = \min \left(\frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^{*2}}} ; 1 \right) = 0,86 \quad (6.49)$$

$$\chi_z = \min \left(\frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^{*2}}} ; 1 \right) = 0,59 \quad (6.49)$$

$$\chi_{LT} = \min \left(\frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \cdot \lambda_{LT}^2}} ; 1 \right) = 0,94 \quad (6.56)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_1} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_y \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{yz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} = 22,2 \% \quad (6.61)$$

$$\eta_{NMLTBuckl_2} = \frac{\frac{|N_{Ed1}|}{\chi_z \cdot A \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{\frac{|M_{y,Ed1}|}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} + k_{zz} \cdot \frac{\frac{|M_{z,Ed1}|}{W_{pl,z} \cdot f_y}}{\gamma_{M1}} = 30,3 \% \quad (6.62)$$

SGU (Stan graniczny użytkowalności)

EN 1993-1-1: 7., EN 1990: 3.4, A1.4.

Klasa przekroju: **1** (Wymiarowanie w zakresie plastycznym)

Położenie przekroju decydującego: $x = 0,45 \cdot L = 0,45 \cdot 343,81 = 154,72$ cm

$$e_z = \left| e_{z,i} - e_{i,z} \cdot \left(1 - \frac{x}{L} \right) - e_{j,z} \cdot \frac{x}{L} + u_z \right| = 0,27 \text{ cm}$$

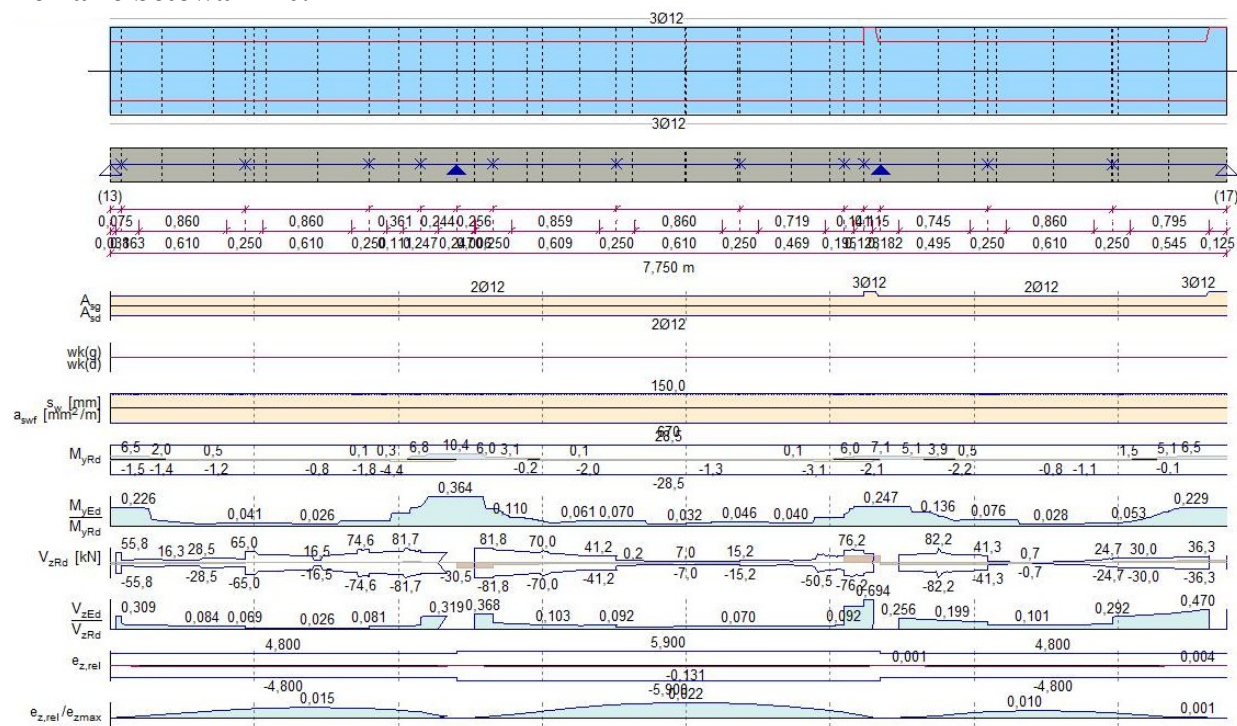
$$e_{z,Limit} = \frac{L}{300,0} = \frac{343,81}{300,0} = 1,15 \text{ cm}$$

$$\eta_{e_z} = \frac{e_z}{e_{z,Limit}} = \frac{0,27}{1,15} = 23,7 \%$$

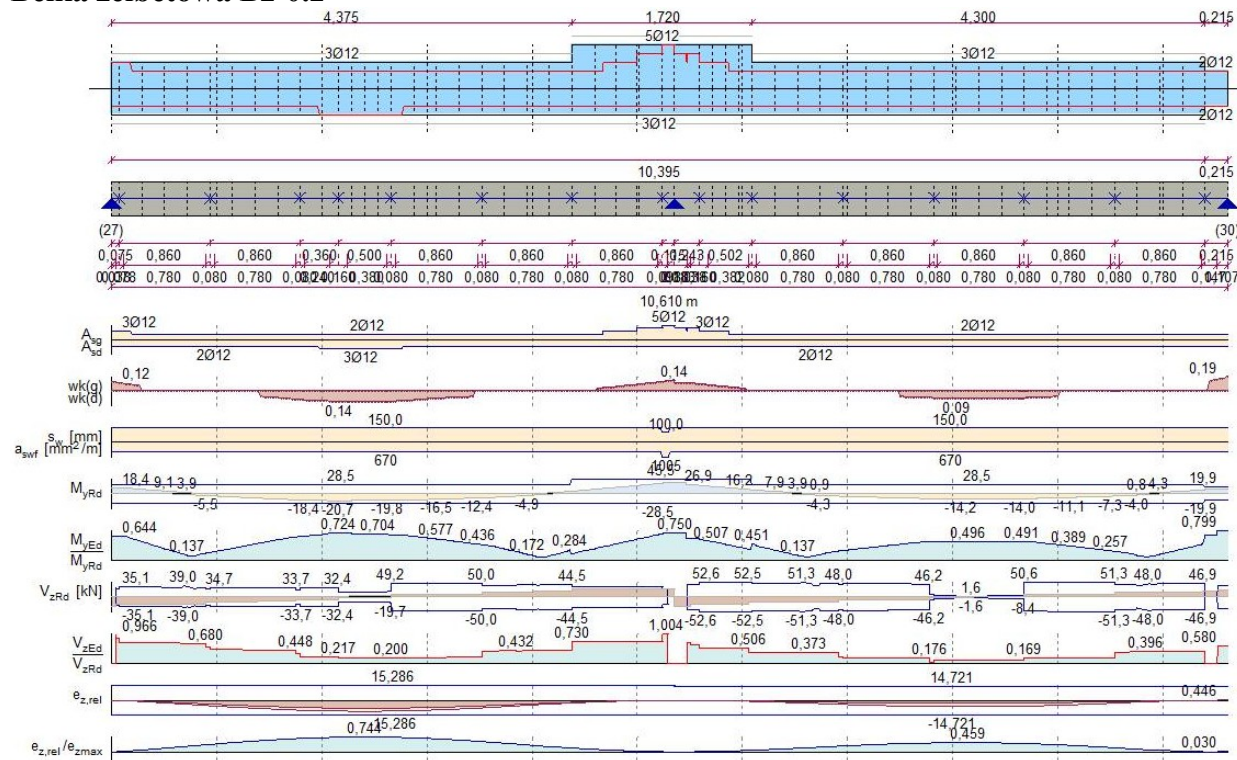
$$\eta_{SLS} = \max \left(\eta_{e_z} \right) = \max (23,7) = 23,7 \% \quad \text{spełniony}$$

4. BELKI ŻELBETOWE

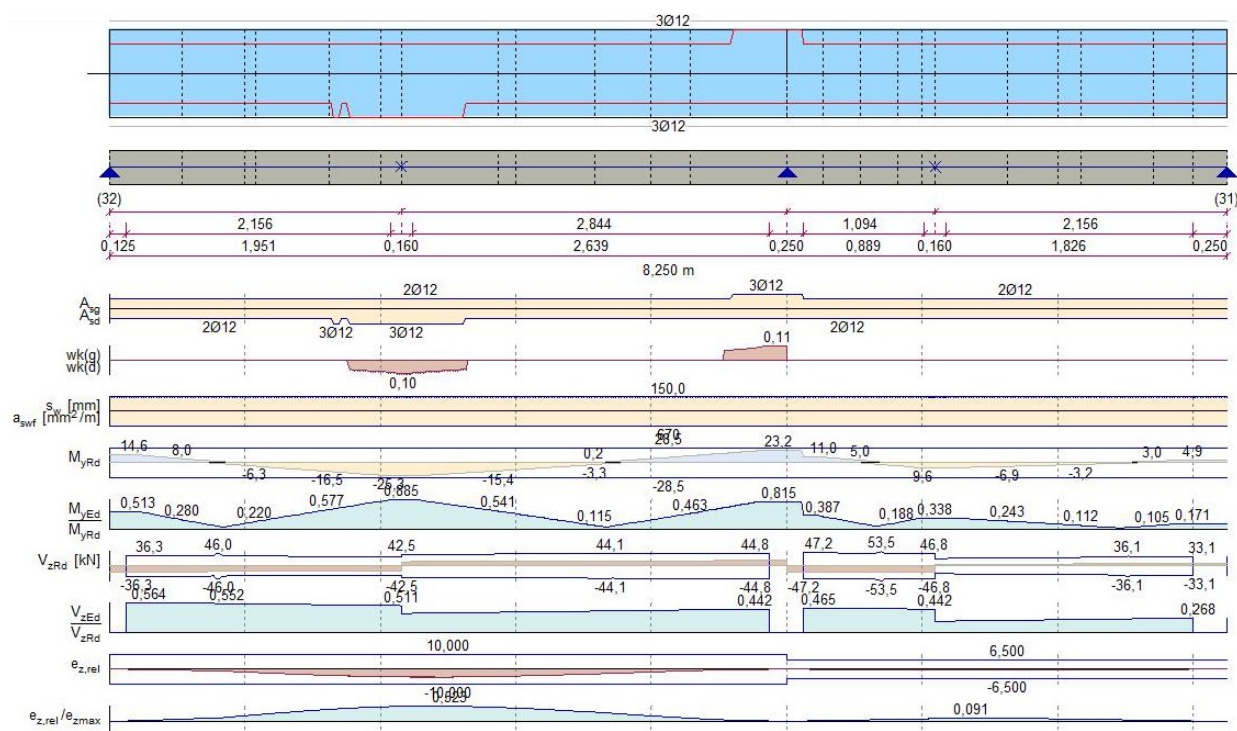
Belka żelbetowa Bz-0.1



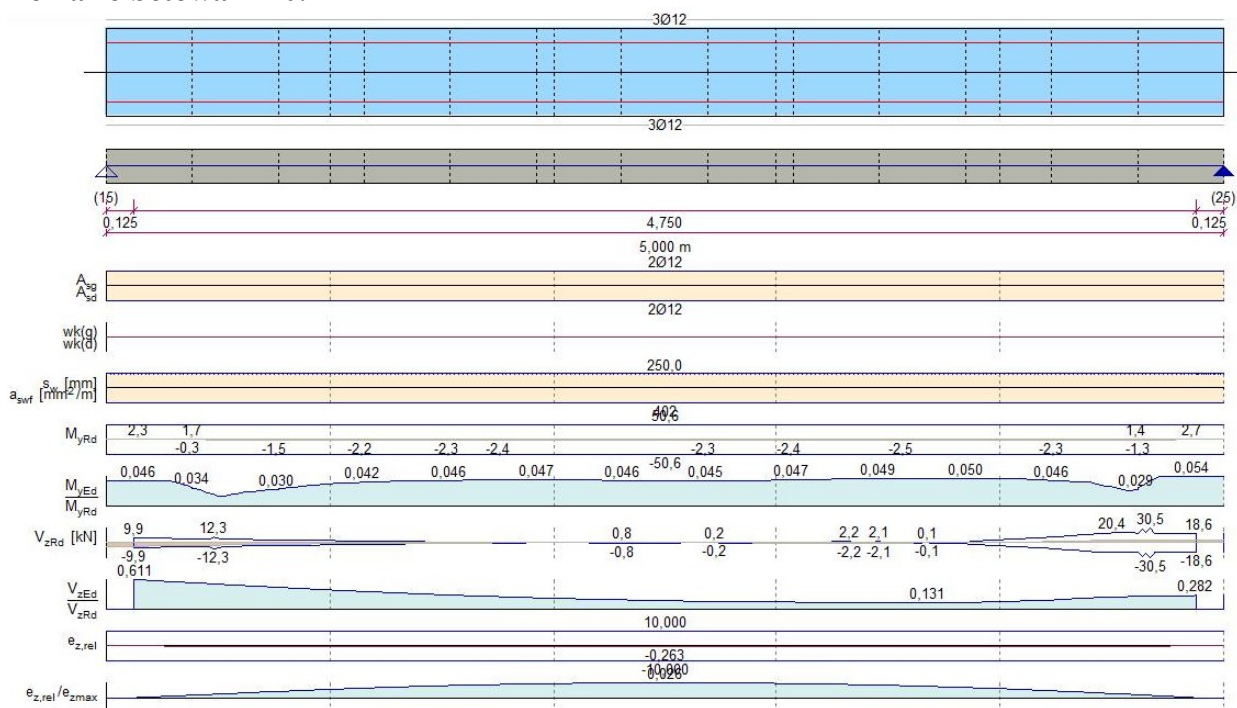
Belka żelbetowa Bz-0.2



Belka żelbetowa Bz-0.3



Belka żelbetowa Bz-0.4



5. SŁUP ŻELBETOWY SZ-0.2

K	min. max.	Pot. [m]	Nx [kN]	M _{z_d} [kNm]	M _{y_g} [kNm]	M _{z_g} [kNm]	V _{y_d} [kN]	V _{z_d} [kN]	V _{y_g} [kN]	V _{z_g} [kN]	e ₀ d _y [mm]	e ₀ d _z [mm]	e ₀ g _y [mm]	e ₀ g _z [mm]	ee _y [mm]	ee _z [mm]	ei _y [mm]	ei _z [mm]	e _{2y} [mm]	e _{2z} [mm]	M _{y_{min}} [kNm]	M _{y_{max}} [kNm]	M _{z_{min}} [kNm]	M _{z_{max}} [kNm]	η (N = const.)	η (e = const.)	
Nx	min	2,480	-89.0	31,3	0,7	-3,9	-1,3	0,1	-13,9	0,1	-31,6	0	-351,3	0	44,1	0	-351,3	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,1	-94,0	94,0	0,614	0,557
	min	0,354	-88.7	38,6	0,9	35,1	0,9	-0,3	-4,3	0,2	-15,8	0	-435,2	0	-396,0	0	-435,2	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,717	0,675
	min	0,354	-89.0	34,3	0,6	31,3	0,7	-0,3	-3,7	0,1	-13,9	0	-385,5	0	-351,5	0	-385,5	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-94,0	94,0	0,639	0,585
	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	min	2,480	-88.7	35,1	0,9	-4,8	-1,4	0,2	-15,8	0,2	-35,2	0	-396,0	0	54,1	0	-396,0	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,685	0,638
	min	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
Nx	min	2,480	-89.0	31,3	0,7	-3,9	-1,2	0,1	-13,9	0,2	-31,6	0	-351,5	0	44,1	0	-351,5	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,1	-94,0	94,0	0,615	0,558
	min	2,480	-89.0	31,3	0,7	-3,9	-1,2	0,1	-13,9	0,2	-31,6	0	-351,5	0	44,1	0	-351,5	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,1	-94,0	94,0	0,615	0,558
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	19,6	-23,7	17,3	25,0	17,3	25,0	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	20,7	-23,7	18,5	25,1	18,5	25,1	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	19,6	-23,7	17,3	25,0	17,3	25,0	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	20,7	-23,7	18,5	25,1	18,5	25,1	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
M _{y_d}	min	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	19,6	-23,7	17,3	25,0	17,3	25,0	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	min	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	20,7	-23,7	18,5	25,1	18,5	25,1	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	0,354	-88.7	38,6	0,9	35,1	0,9	-0,3	-4,3	0,2	-15,8	0	-435,2	0	-396,0	0	-435,2	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,717	0,675
	max	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
	max	2,126	-56,9	11,3	-1,3	1,1	0,8	-0,1	-1,1	0,1	-5,3	0	-197,9	14,0	-19,9	0	-197,9	0	9,6	0	0	-51,4	52,4	-89,5	89,5	0,225	0,160
	max	2,126	-48,9	9,2	-1,3	0,9	0,8	-0,1	-0,9	0	-4,3	0	-188,3	16,9	-19,3	0	-188,3	0	9,6	0	0	-50,8	51,7	-88,4	88,4	0,187	0,129
M _{z_d}	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	min	2,480	-88.7	35,1	0,9	-4,8	-1,4	0,2	-15,8	0,2	-35,2	0	-396,0	0	54,1	0	-396,0	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,685	0,638
	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	max	0,354	-88.7	38,6	0,9	35,1	0,9	-0,3	-4,3	0,2	-15,8	0	-435,2	0	-396,0	0	-435,2	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,717	0,675
	max	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
	max	2,480	-88.7	35,1	0,9	-4,8	-1,4	0,2	-15,8	0,2	-35,2	0	-396,0	0	54,1	0	-396,0	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,685	0,638
M _{z_g}	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	max	0,354	-88.7	38,6	0,9	35,1	0,9	-0,3	-4,3	0,2	-15,8	0	-435,2	0	-396,0	0	-435,2	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,717	0,675
	max	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
	max	2,480	-88.7	35,1	0,9	-4,8	-1,4	0,2	-15,8	0,2	-35,2	0	-396,0	0	54,1	0	-396,0	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,685	0,638
	max	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
St. wyk.	min	2,480	-88.7	35,1	1,0	-4,8	-1,5	0,3	-15,8	0,2	-35,2	0	-395,8	0	54,1	0	-395,8	0	9,6	0	19,3	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,684	0,637
	min	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	19,6	-23,7	17,3	25,0	17,3	25,0	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	2,480	-39.8	0,9	0,8	-1,0	0,7	0	-4,3	0,4	-8,7	20,7	-23,7	18,5	25,1	18,5	25,1	0	9,6	0	0	-50,0	51,0	-87,1	87,1	0,029	0,026
	max	0,354	-88.7	38,6	0,9	35,1	0,9	-0,3	-4,3	0,2	-15,8	0	-435,2	0	-396,0	0	-435,2	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,717	0,675
	max	0,354	-88.7	38,6	1,0	35,1	1,0	-0,4	-4,3	0,3	-15,8	0	-435,0	0	-395,8	0	-435,0	0	9,6	0	0	-54,1	55,0	-93,9	93,9	0,716	0,674

6. ŁAWA FUNDAMENTOWA Ł-1

Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca) PN EN 1997-1 Załącznik A

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$h_d = f_y = (-9,5) = 9,5 \text{ kN/m}$$

$$v_d = v + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 88 + (4,9 + 1,1 + 3,6) \cdot 1,35 = 101 \text{ kN/m}$$

Mimośród siły pionowej (v_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_y = \frac{v \cdot e_{0y} - m_x + f_y \cdot (h_b + h) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{v_d} = -0,047 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 0,5 - |(-0,047)| \cdot 2 = 0,41 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = 1 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,41 \cdot 1 = 0,41 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{v_d}{A'} = \frac{101}{0,41} = 250 \text{ KPa}$$

$$H_B = -9,5 \text{ kN/m}$$

$$H_L = 0 \text{ kN/m}$$

Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_\gamma \cdot q'_k = 1 \cdot 22 = 22 \text{ KPa}$$

Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN EN 1997-1 Załącznik D D.4

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{3,1416 \cdot \tan 30,00^\circ} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{30,00^\circ}{2} \right) = 18,401$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (18,401 - 1) \cdot \tan 30,00^\circ = 20,093$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \varphi'} = \frac{(18,401 - 1)}{\tan 30,00^\circ} = 30,14$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_\gamma = 1$$

$$s_q = 1$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1 \cdot 18,401 - 1}{18,401 - 1} = 1$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_\gamma = 1$$

$$b_q = b_\gamma = 1$$

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = 2$$

$$m_L = 1$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H} \right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H} \right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{(-9,5)}{9,5} \right)^2 + 1 \cdot \left(\frac{0}{9,5} \right)^2 = 2$$

$$i_{\gamma} = \left[1 - \frac{H}{v_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'} \right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{9,5}{101 + 0,41 \cdot 0 \cdot \cotg 30,00^\circ} \right]^{(2+1)} = 0,74316$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{v_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'} \right]^m = \left[1 - \frac{9,5}{101 + 0,41 \cdot 0 \cdot \cotg 30,00^\circ} \right]^2 = 0,82046$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tg \varphi'} = 0,82046 - \frac{1 - 0,82046}{30,14 \cdot \tg 30,00^\circ} = 0,81014$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	30,14	20,093	18,401
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1	1	1
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1
Współczynniki nachylenia obciążenia	i	0,81014	0,74316	0,82046

Nośność podłoża:

$$R_{d,V} = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot i_{\gamma}}{\gamma_{R,v}} \cdot A' = 114 \text{ kN/m}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v} = \frac{v_d}{R_{d,V}} = \frac{101}{114} = 0,887 < \Lambda_{R,v,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN EN 1997-1 Załącznik F

(Decydująca) PN EN 1997-1 Załącznik A

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -2,8 \text{ m}$$

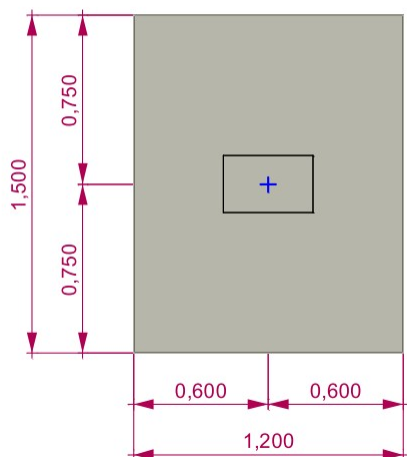
Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. PN EN 1997-1 6.6.2 (6)

Osiadanie:

$$s = \Sigma s_i = 1,580 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm} \text{ spełniony}$$

7. STOPA FUNDAMENTOWA F-2

Geometria:



Materiały

Beton: C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{Gęstość: } \rho_C = 2200 \text{ kg/m}^3$$

Żelbet:

$$\text{Gęstość: } \rho_{RC} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

Stal zbrojeniowa

Zbrojenie podłużne: RB500W(A)

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0,7 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 22 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = 75 + (18 + 3,9 + 25) \cdot 1 = 121 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h) + (G_{f,k} \cdot e_{fx} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} = 0,001 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h) + (G_{f,k} \cdot e_{fy} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} = 0,52 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 1,5 - |0,52| \cdot 2 = 0,46 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 1,2 - |0,001| \cdot 2 = 1,2 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 0,46 \cdot 1,2 = 0,56 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{121}{0,56} = 218 \text{ KPa}$$

$$H_B = 22 \text{ kN}$$

$$H_L = 0,7 \text{ kN}$$

Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_\gamma \cdot q'_{k1} = 1 \cdot 22 = 22 \text{ KPa}$$

Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń PN EN 1997-1 Załącznik D D.4

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{3,1416 \cdot \tan 30,00^\circ} \cdot \tan^2 \left(45^\circ + \frac{30,00^\circ}{2} \right) = 18,401$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (18,401 - 1) \cdot \tan 30,00^\circ = 20,093$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \varphi'} = \frac{(18,401 - 1)}{\tan 30,00^\circ} = 30,14$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{0,46}{1,2} = 0,88381$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' = 1 + \frac{0,46}{1,2} \cdot \sin 30,00^\circ = 1,1937$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,1937 \cdot 18,401 - 1}{18,401 - 1} = 1,2048$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_\gamma = 1$$

$$b_q = b_\gamma = 1$$

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{0,46}{1,2}}{1 + \frac{0,46}{1,2}} = 1,7208$$

$$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{1,2}{0,46}}{1 + \frac{1,2}{0,46}} = 1,2792$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H}\right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H}\right)^2 = 1,7208 \cdot \left(\frac{22}{22}\right)^2 + 1,2792 \cdot \left(\frac{0,7}{22}\right)^2 = 1,7204$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{22}{121 + 0,56 \cdot 0 \cdot \cotg 30,00^\circ}\right]^{(1,7204+1)} = 0,57455$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^m = \left[1 - \frac{22}{121 + 0,56 \cdot 0 \cdot \cotg 30,00^\circ}\right]^{1,7204} = 0,70436$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tg \varphi'} = 0,70436 - \frac{1 - 0,70436}{30,14 \cdot \tg 30,00^\circ} = 0,68737$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	30,14	20,093	18,401
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1,2048	0,88381	1,1937
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1
Współczynniki nachylenia obciążenia	i	0,68737	0,57455	0,70436

Nośność podłoża:

$$R_{d,V} = \frac{c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma}{\gamma_{R,v}} \cdot A' = 155 \text{ kN}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_{d,V}} = \frac{121}{155} = 0,784 < \Lambda_{R,v,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN EN 1997-1 Załącznik F

(Decydująca) [PN EN 1997-1 Załącznik A](#)

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -2,7 \text{ m}$$

Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu. [PN EN 1997-1 6.6.2 \(6\)](#)

Osiadanie:

$$s = \sum s_i = 1,045 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm} \text{ spełniony}$$