
ZAŁĄCZNIK 1
OBLICZENIA STATYCZNE

KONSTRUKCJA DREWNIANA DACHU

Przypadki obciążeń

	Nazwa	Grupa	Typ grupy
1	cw	cw	Stałe
2	wykończenie	stałe	Stałe
3	śnieg	śnieg	Zmienne
4	śnieg zaspa	śnieg zaspa	Zmienne

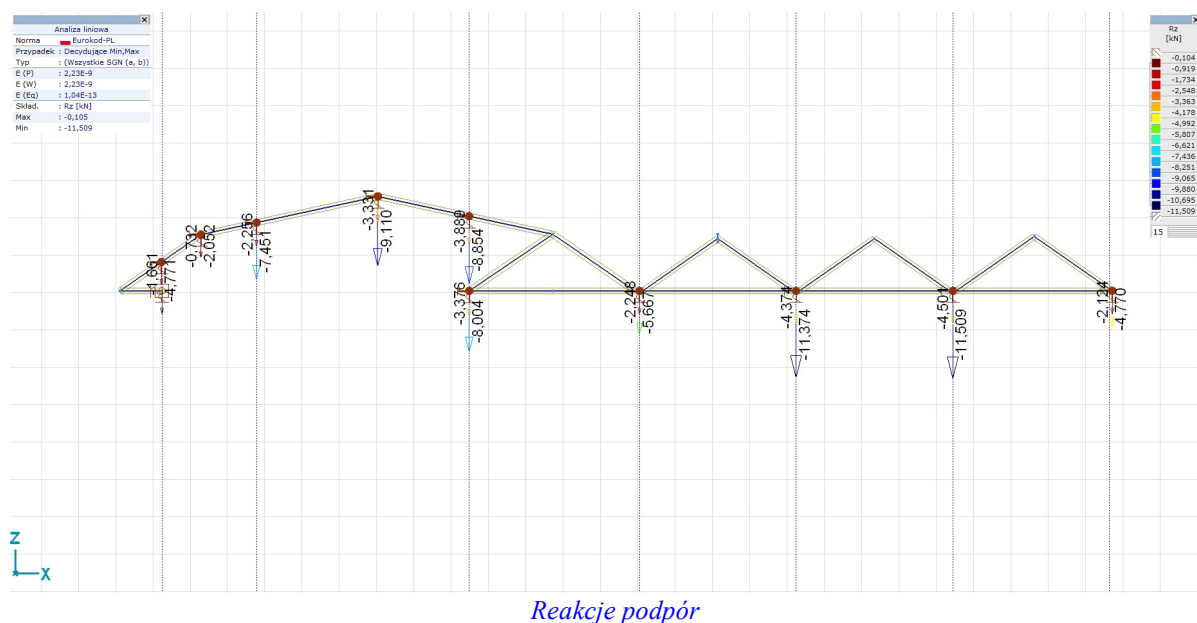
Grupy obciążeń (Eurokod-PL)

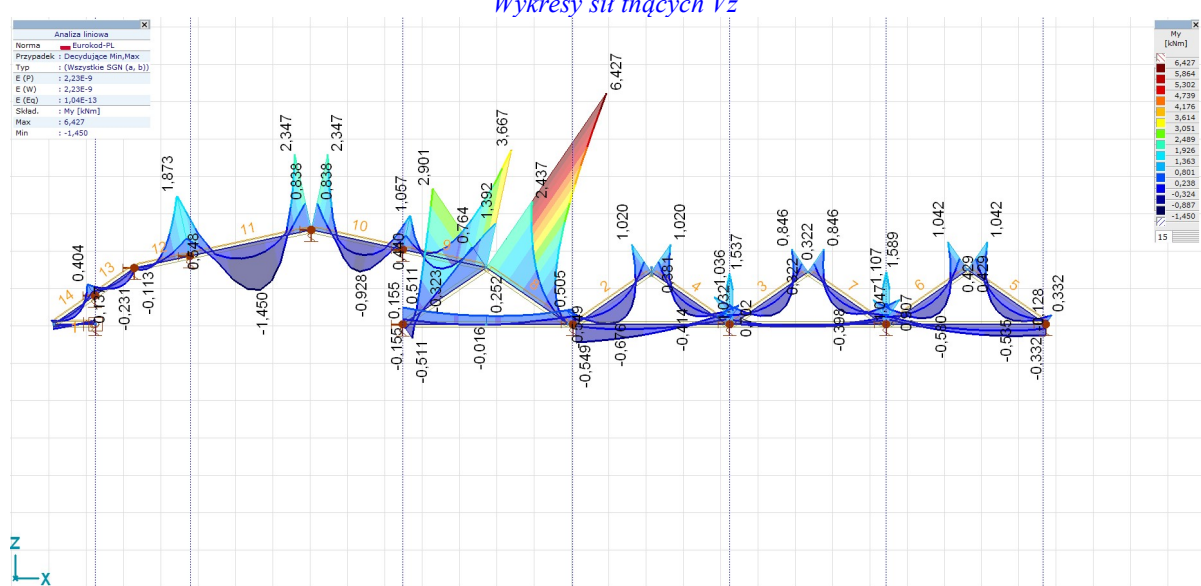
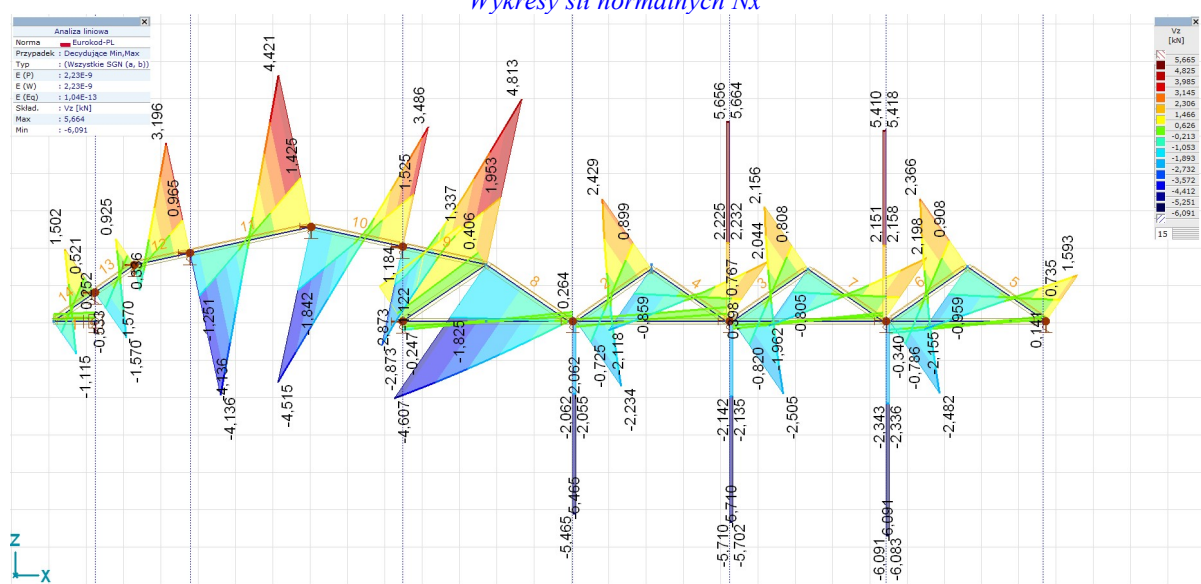
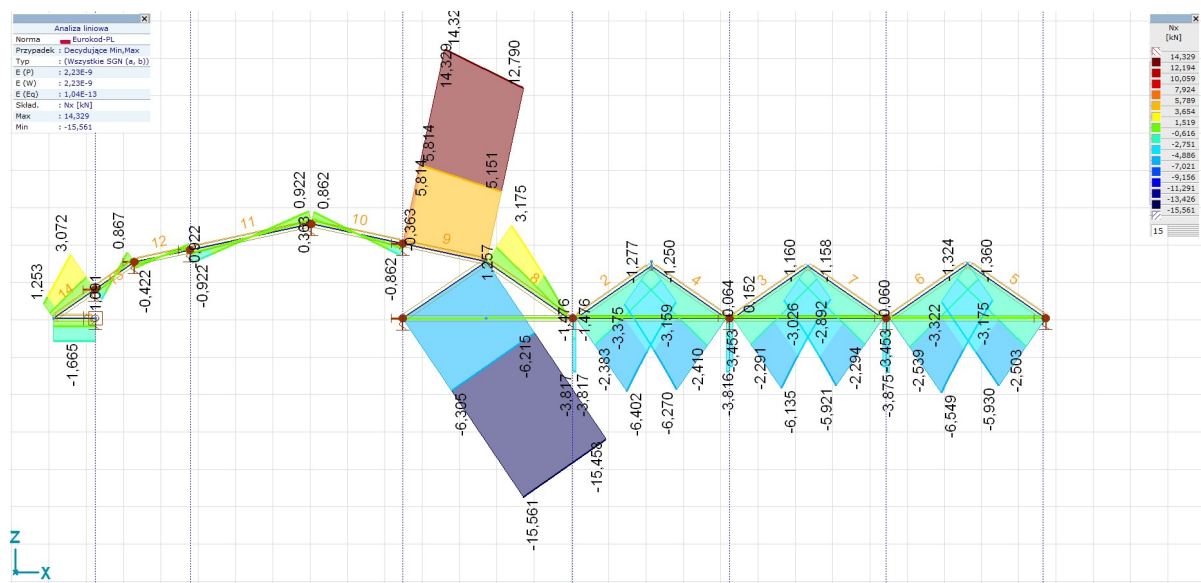
	Grupa	Typ	$\gamma_{G,sup}$	$\gamma_{G,inf}$	ξ	γ	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	Dodatkowe
1	cw	Stałe	1,350	1,000	0,850					1
2	stałe	Stałe	1,350	1,000	0,850					1
3	śnieg	Zmienne				1,500	0,500	0,200	0	0
4	śnieg zaspa	Zmienne				1,500	0,500	0,200	0	0

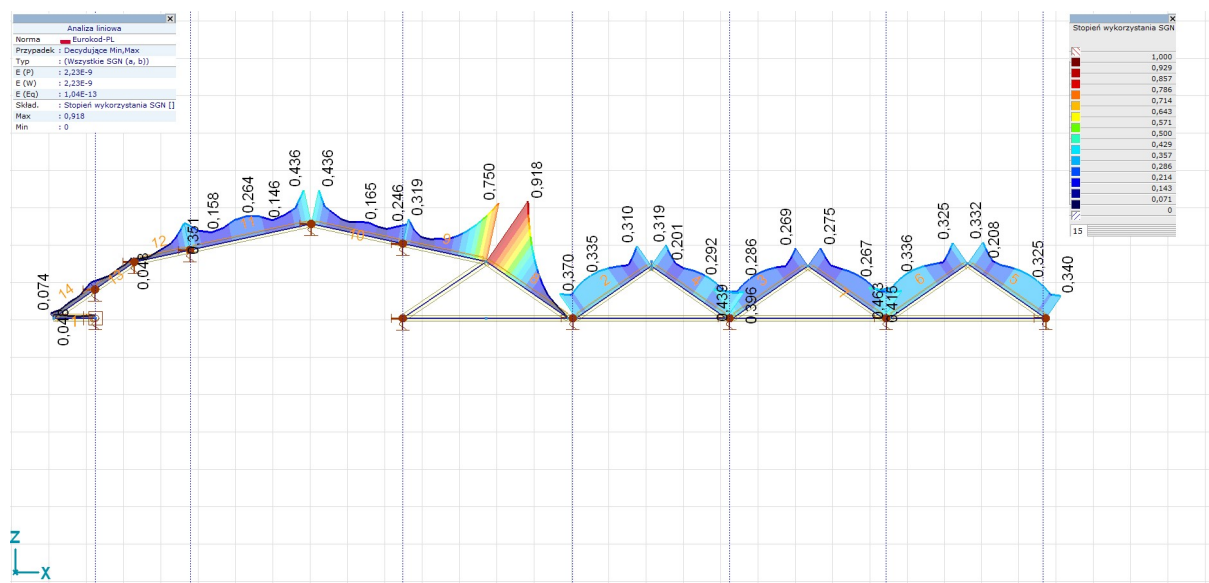
Wyznaczone kombinacje decydujące wg grup obc.

	Decydująca kombinacja	Typ
1	[cw+stałe]	SGN (a, b)
2	[cw+stałe] 0,75*śnieg	SGN (a, b)
3	[cw+stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
4	[cw+stałe] 0,75*śnieg zaspa	SGN (a, b)
5	[cw+stałe] 0,75*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
6	[1,35*cw+stałe]	SGN (a, b)
7	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg	SGN (a, b)
8	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
9	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg zaspa	SGN (a, b)
10	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
11	[cw+1,35*stałe]	SGN (a, b)
12	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg	SGN (a, b)
13	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
14	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspa	SGN (a, b)
15	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
16	[1,35*cw+1,35*stałe]	SGN (a, b)
17	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg	SGN (a, b)
18	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
19	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspa	SGN (a, b)
20	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
21	[cw+stałe] 1,5*śnieg	SGN (a, b)
22	[cw+stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
23	[cw+stałe] 1,5*śnieg zaspa	SGN (a, b)
24	[cw+stałe] 1,5*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
25	[1,15*cw+stałe]	SGN (a, b)
26	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg	SGN (a, b)
27	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
28	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg zaspa	SGN (a, b)
29	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
30	[cw+1,15*stałe]	SGN (a, b)
31	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg	SGN (a, b)
32	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
33	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspa	SGN (a, b)
34	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
35	[1,15*cw+1,15*stałe]	SGN (a, b)
36	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg	SGN (a, b)
37	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspa)	SGN (a, b)
38	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspa	SGN (a, b)
39	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspa (0,75*śnieg)	SGN (a, b)
40	[cw+stałe]	SGU Charakterystyczne
41	[cw+stałe] śnieg	SGU Charakterystyczne
42	[cw+stałe] śnieg (0,5*śnieg zaspa)	SGU Charakterystyczne
43	[cw+stałe] śnieg zaspa	SGU Charakterystyczne
44	[cw+stałe] śnieg zaspa (0,5*śnieg)	SGU Charakterystyczne
45	[cw+stałe]	SGU Częsta
46	[cw+stałe] 0,2*śnieg	SGU Częsta

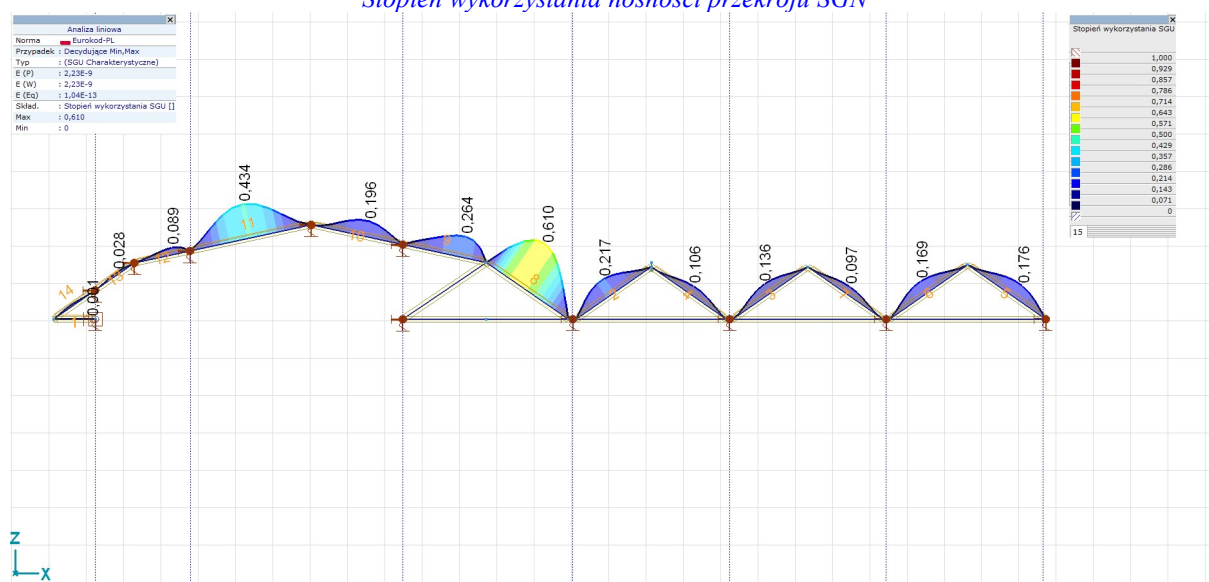
	Decydująca kombinacja	Typ
47	[cw+stałe] 0,2*śnieg zaspas	SGU Częsta
48	[cw+stałe]	SGU Quasi-stała
49	[cw+stałe]	A1(a,b)
50	[cw+stałe] 0,75*śnieg	A1(a,b)
51	[cw+stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
52	[cw+stałe] 0,75*śnieg zaspas	A1(a,b)
53	[cw+stałe] 0,75*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
54	[1,35*cw+stałe]	A1(a,b)
55	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg	A1(a,b)
56	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
57	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg zaspas	A1(a,b)
58	[1,35*cw+stałe] 0,75*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
59	[cw+1,35*stałe]	A1(a,b)
60	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg	A1(a,b)
61	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
62	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspas	A1(a,b)
63	[cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
64	[1,35*cw+1,35*stałe]	A1(a,b)
65	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg	A1(a,b)
66	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
67	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspas	A1(a,b)
68	[1,35*cw+1,35*stałe] 0,75*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
69	[cw+stałe] 1,5*śnieg	A1(a,b)
70	[cw+stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
71	[cw+stałe] 1,5*śnieg zaspas	A1(a,b)
72	[cw+stałe] 1,5*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
73	[1,15*cw+stałe]	A1(a,b)
74	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg	A1(a,b)
75	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
76	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg zaspas	A1(a,b)
77	[1,15*cw+stałe] 1,5*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
78	[cw+1,15*stałe]	A1(a,b)
79	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg	A1(a,b)
80	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
81	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspas	A1(a,b)
82	[cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
83	[1,15*cw+1,15*stałe]	A1(a,b)
84	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg	A1(a,b)
85	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg (0,75*śnieg zaspas)	A1(a,b)
86	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspas	A1(a,b)
87	[1,15*cw+1,15*stałe] 1,5*śnieg zaspas (0,75*śnieg)	A1(a,b)
88	[cw+stałe]	A2(a,b)
89	[cw+stałe] 1,3*śnieg	A2(a,b)
90	[cw+stałe] 1,3*śnieg (0,65*śnieg zaspas)	A2(a,b)
91	[cw+stałe] 1,3*śnieg zaspas	A2(a,b)
92	[cw+stałe] 1,3*śnieg zaspas (0,65*śnieg)	A2(a,b)



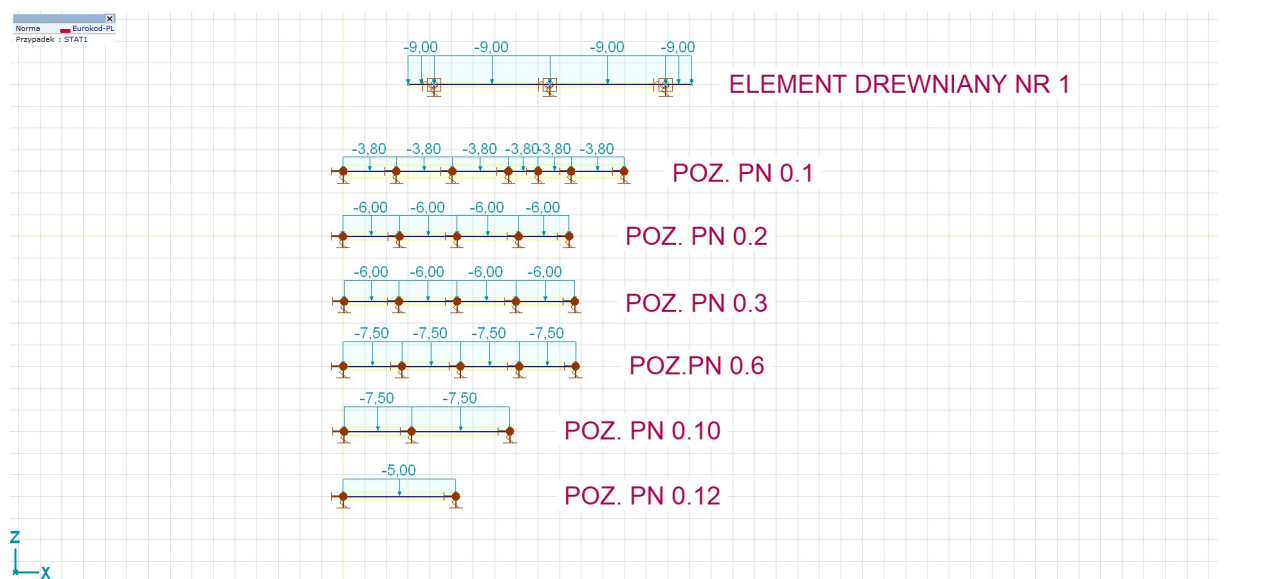




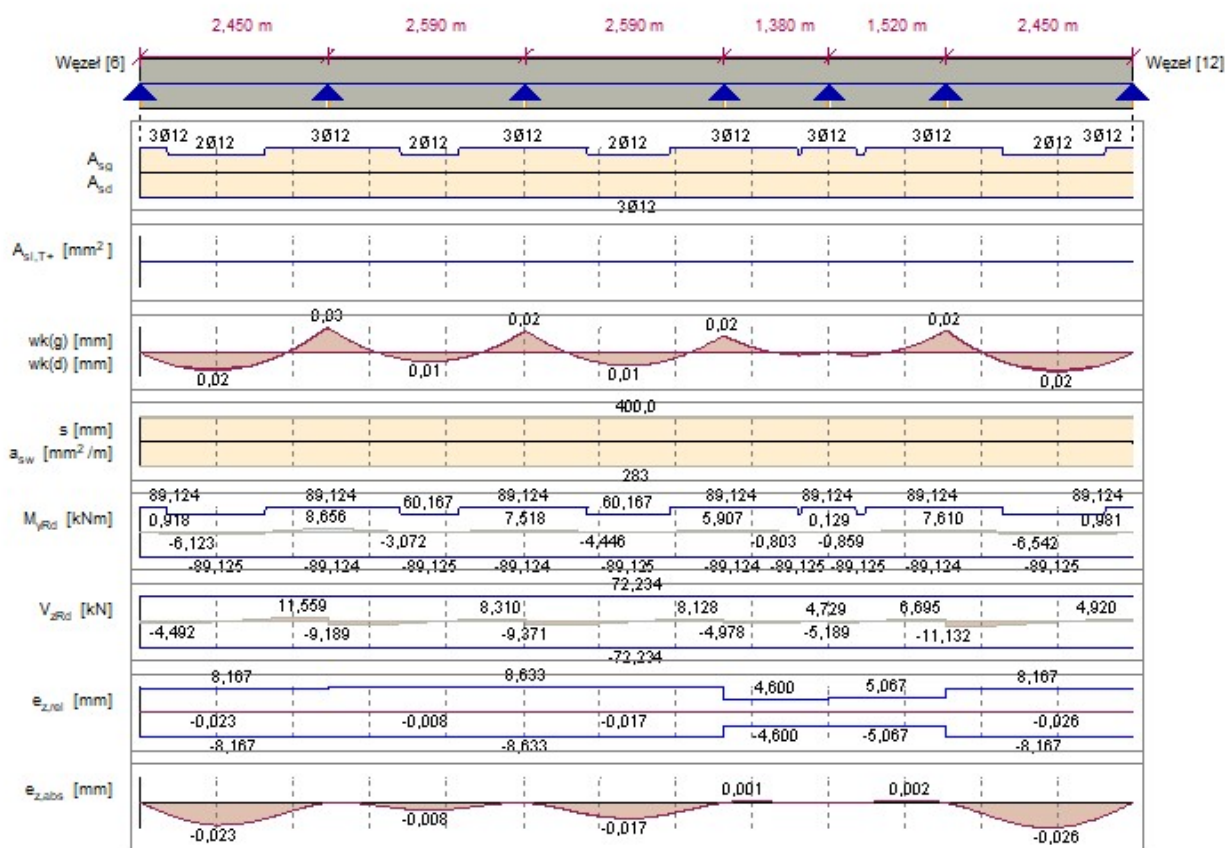
Stopień wykorzystania nośności przekroju SGN



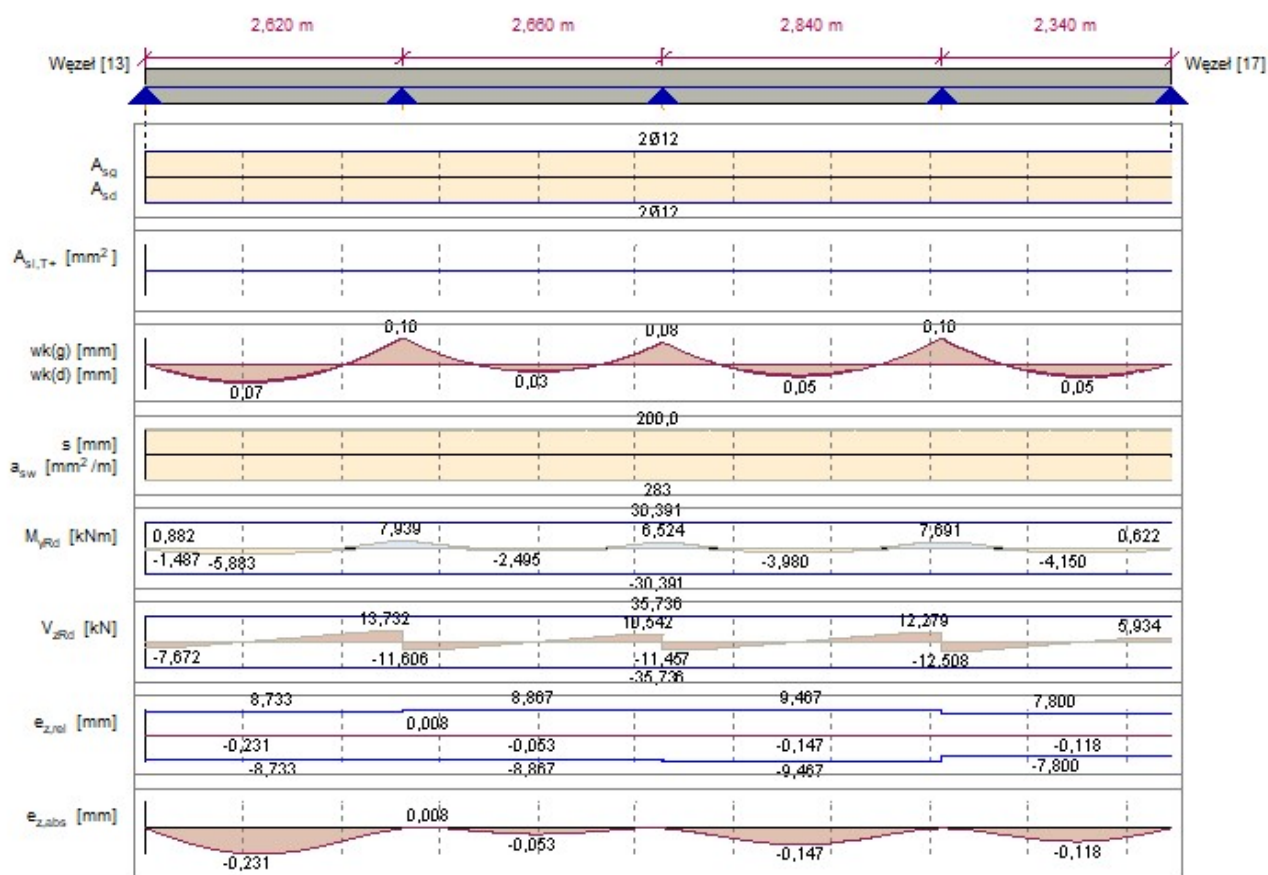
Stopień wykorzystania nośności przekroju SGU



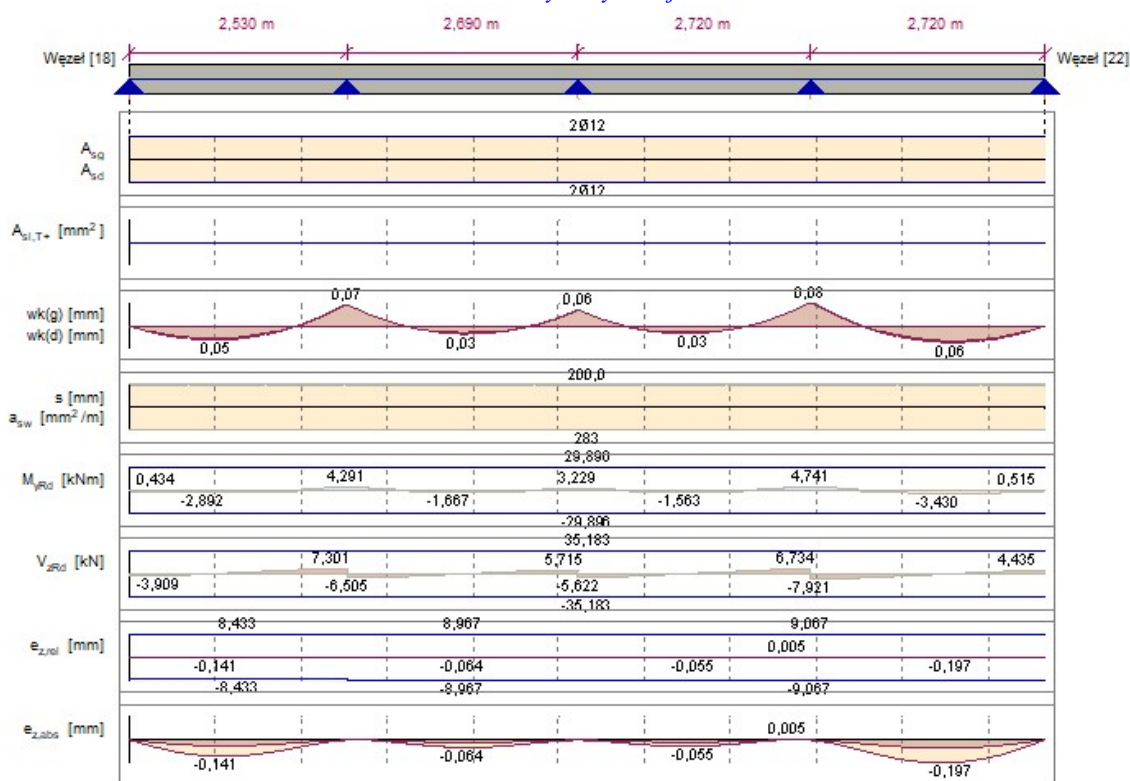
Obciążenia elementów



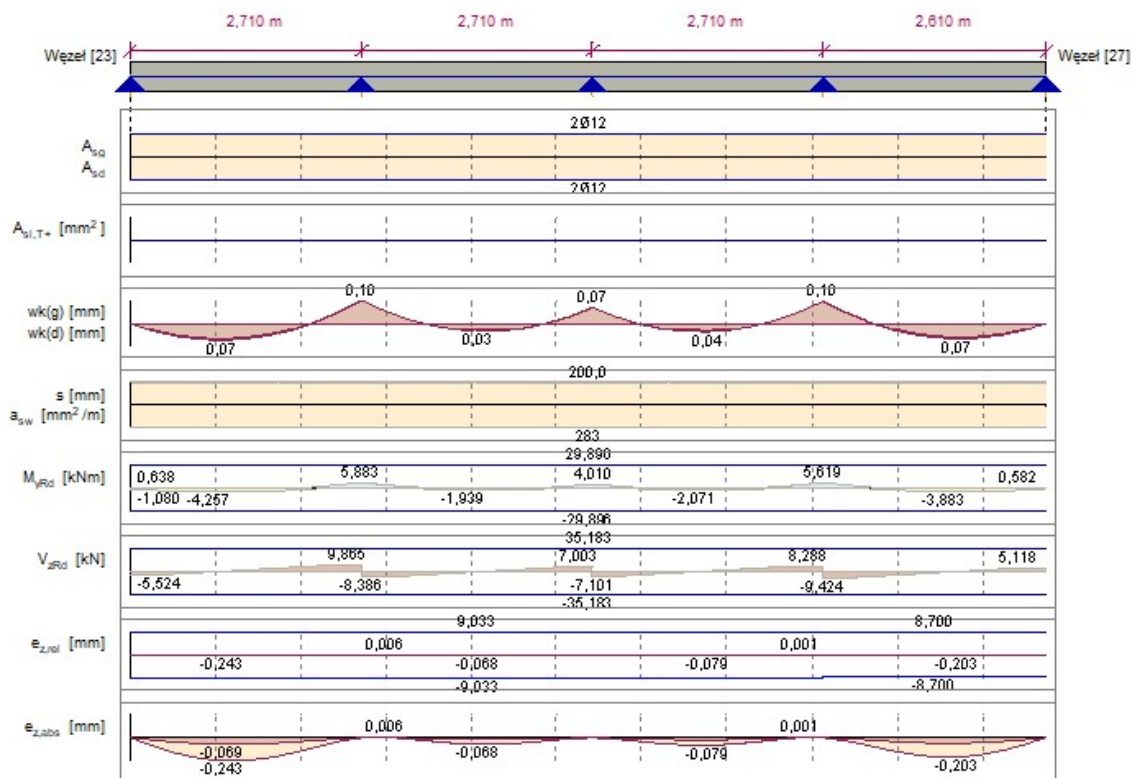
Poz. PN 0.1 wykresy zbrojenia



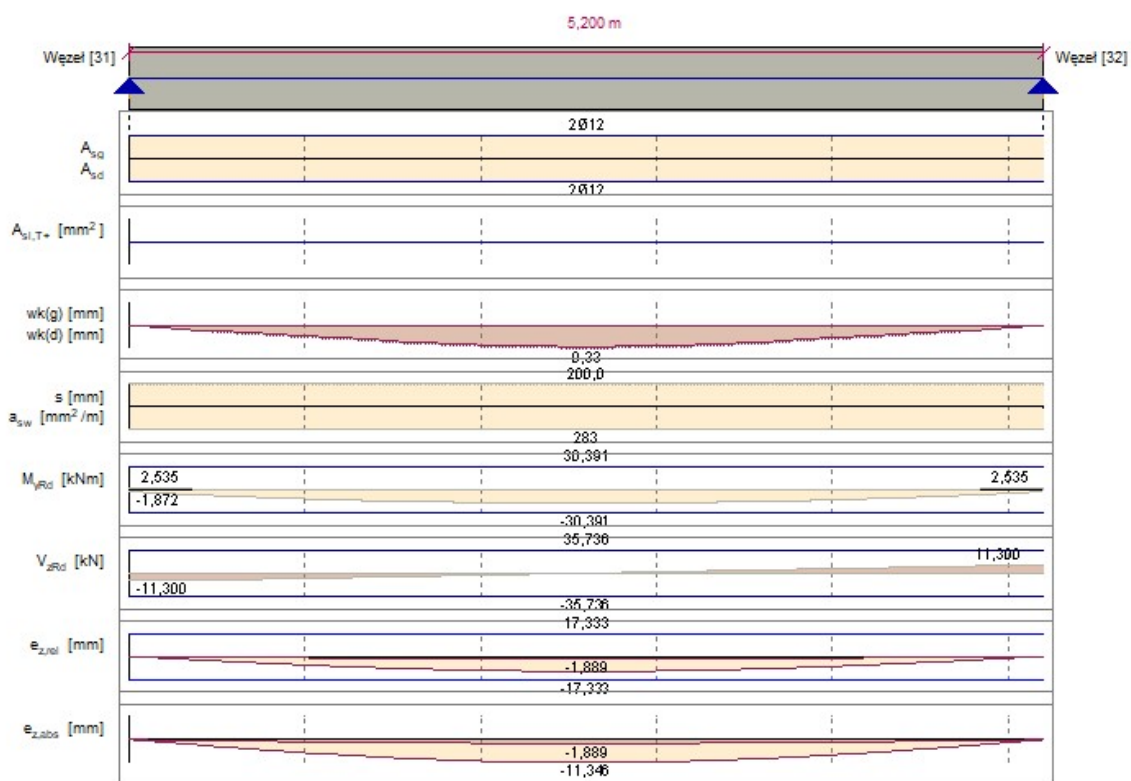
Poz. PN 0.2 wykresy zbrojenia



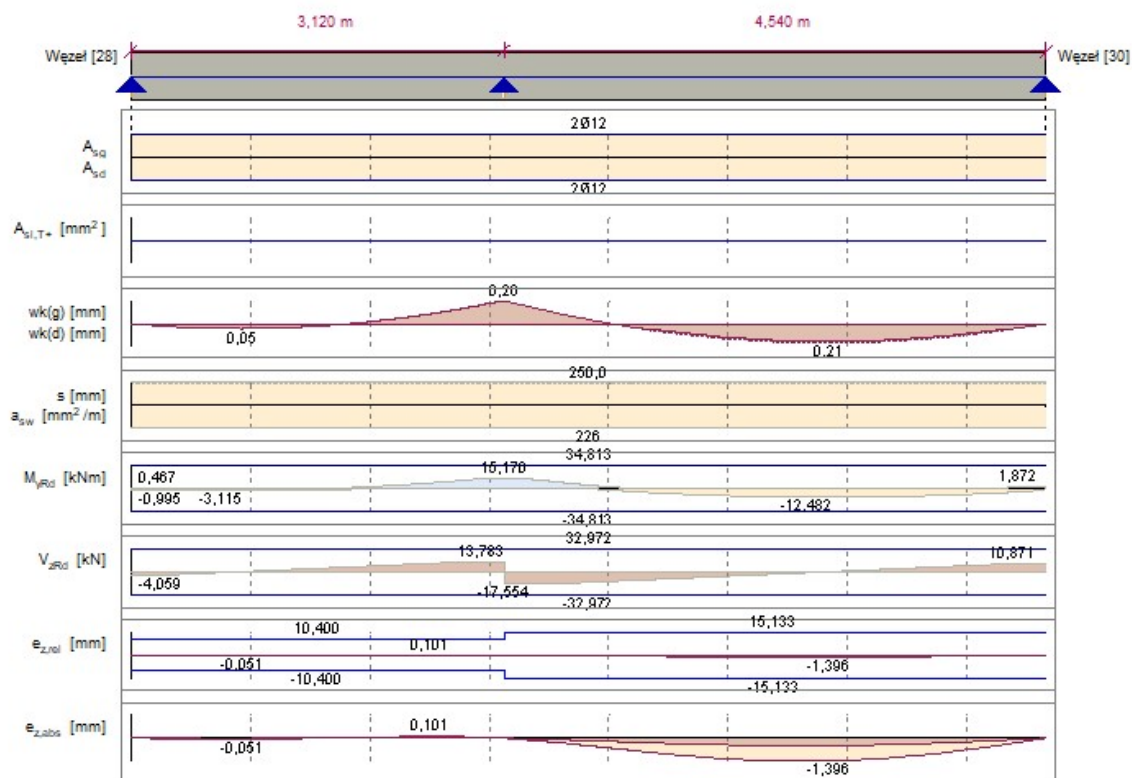
Poz. PN 0.3 wykresy zbrojenia



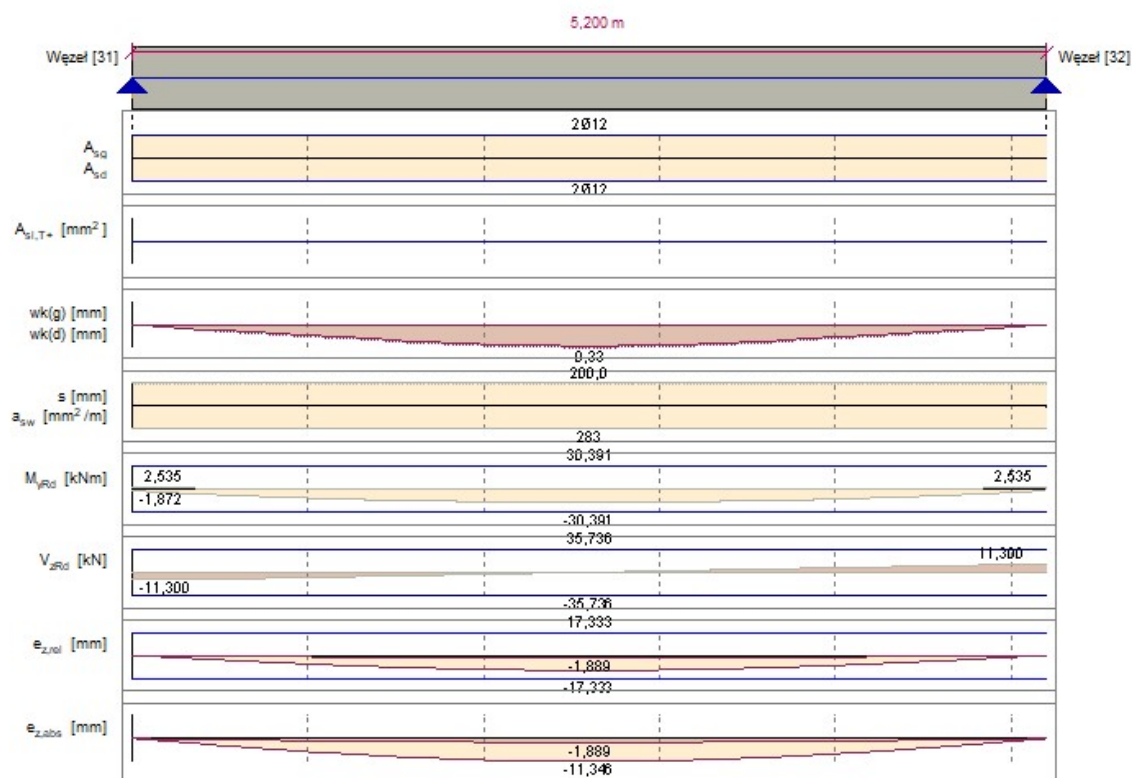
Poz. PN 0.6 wykresy zbrojenia



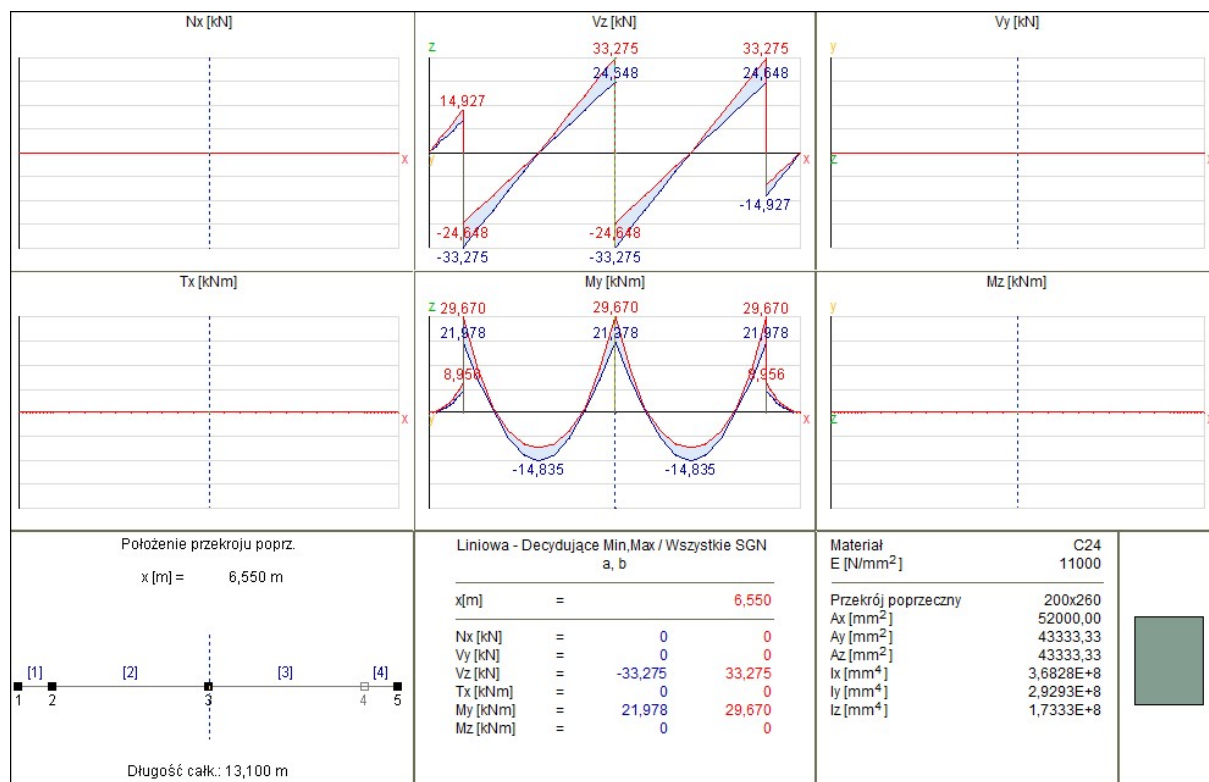
Poz. PN 0.11 wykresy zbrojenia



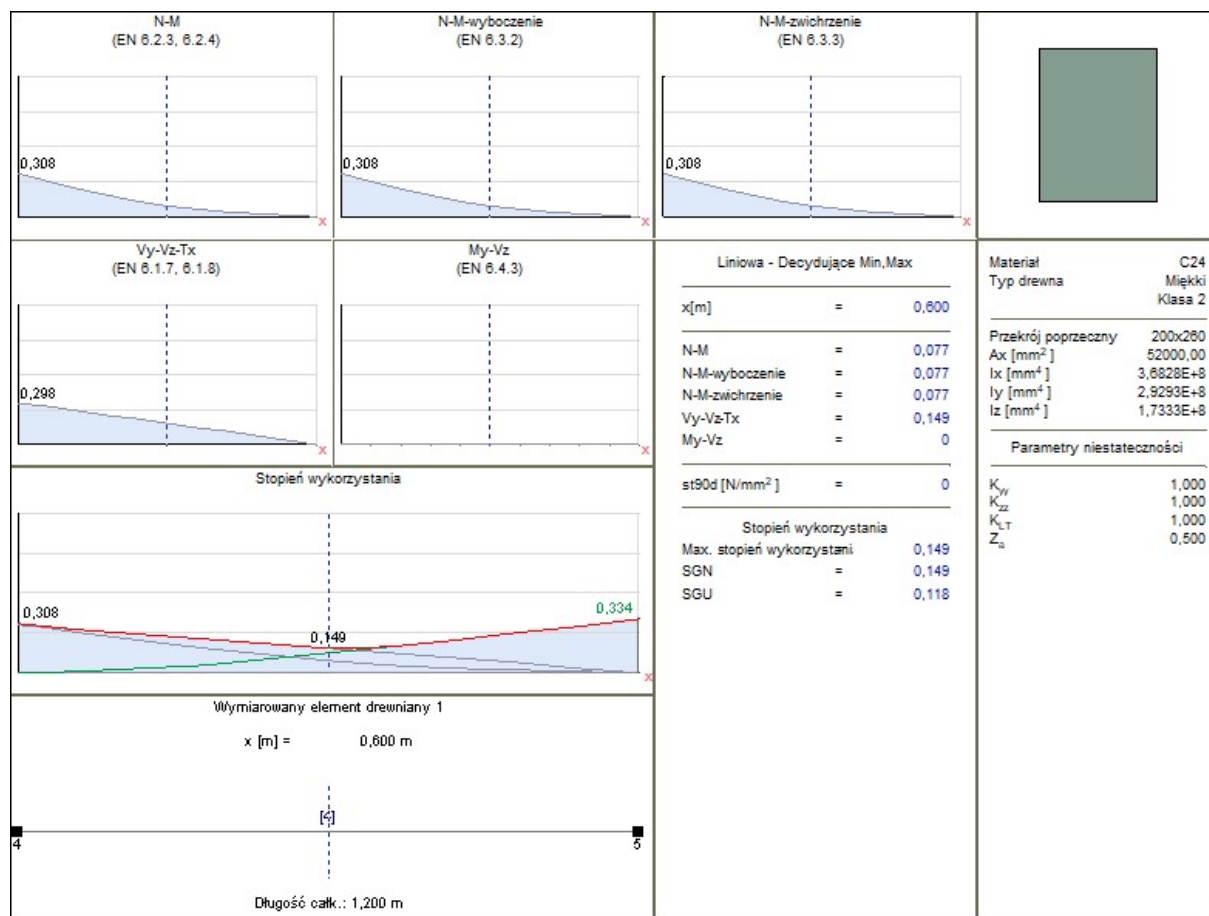
Poz. PN 0.10 wykresy zbrojenia



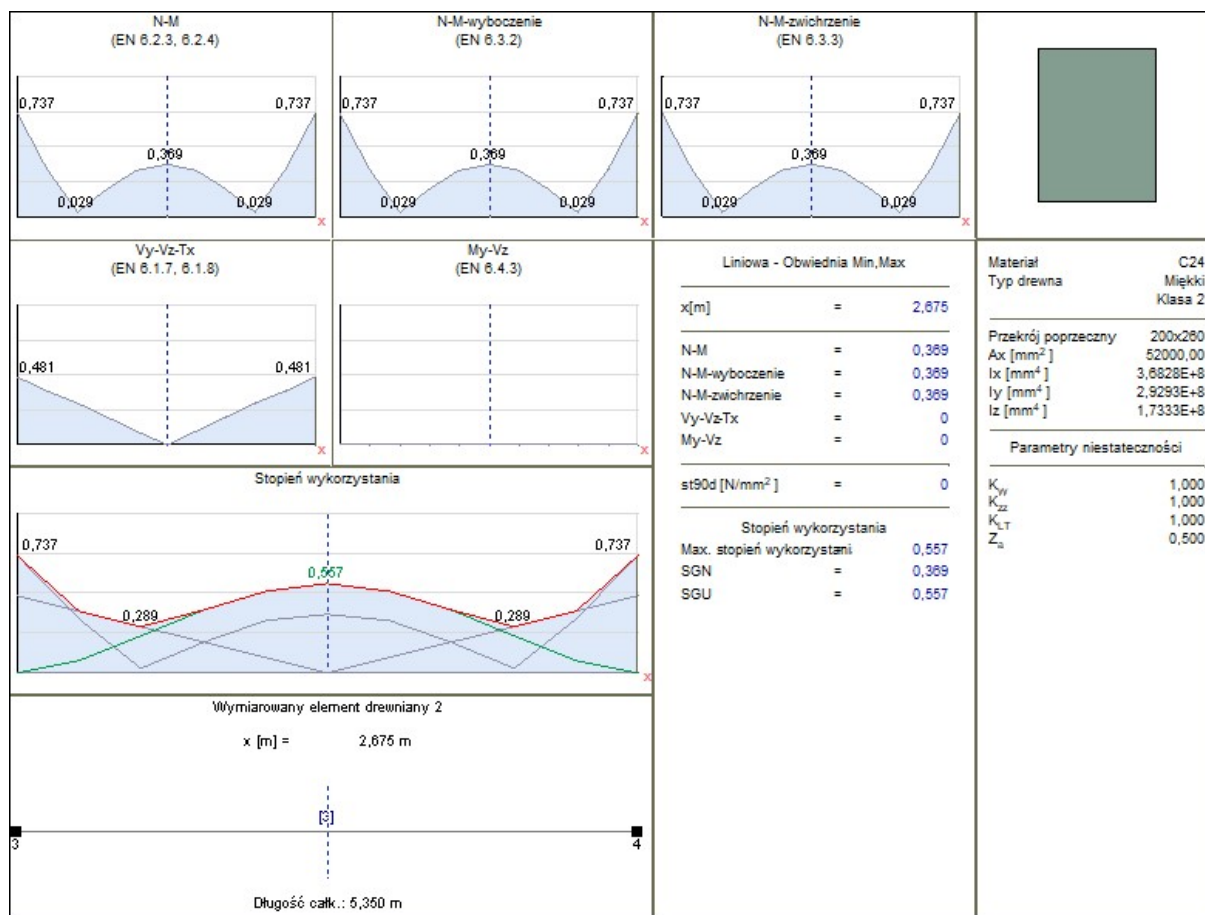
Poz. PN 0.11 wykresy zbrojenia



Wykres sił wewnętrznych element drewniany nr 1



Wymiarowanie wraz ze stopniem zbrojenia dla wspornika



Wymiarowanie wraz ze stopniem zbrojenia dla przęsla obustronnie podpartego

Wymiarowanie stóp fundamentowych

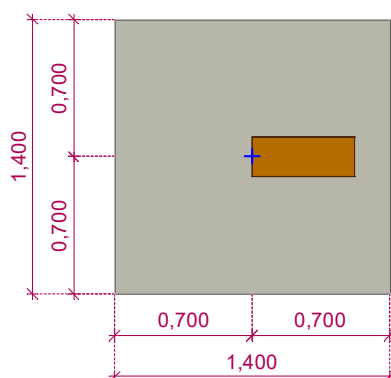
Norma: Eurokod [PL]

1. Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu z_i [m]	Grubość h_i [m]	Gęstość ρ_s [kg/m ³]	Kąt tarcia wewn. φ [°]	Spójność c [kPa]	Moduł ściśliwości warstwy gruntu E_s [kPa]
CNT	Zagęszczony, wilgotny piasek	0	5	2100	35,00	–	70000

2. Fundament

Geometria:



Materiały

Beton: C25/30 ($f_{ck} = 25$ MPa)

gęstość (beton): $\rho_C = 2200$ kg/m³

gęstość (Żelbet): $\rho_{RC} = 2500$ kg/m³

Stal zbrojeniowa:

Zbrojenie podłużne: B500A

$f_{yk} = 500$ MPa

Głębokość posadowienia: $D = 1,4 \text{ m}$

2.1. Nacisk od nadkładu

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = \gamma_s \cdot D = 20,601 \cdot 1,4 = 28,841 \text{ kPa}$$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 21,582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 24,525 \text{ kN/m}^3$$

2.2. Fundament

Szerokość stopy fundamentowej: $B = 1,4 \text{ m}$ Długość stopy fundamentowej: $L = 1,4 \text{ m}$

Grubość płyty: $h = 0,5 \text{ m}$

Objętość fundamentu: $V_f = 0,98 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu: $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 0,98 \cdot 24,525 = 24,035 \text{ kN} (\downarrow)$

2.3. Podbeton

Grubość podbetonu: $h_b = 0,1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu: $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 1,4 \cdot 1,4 \cdot 0,1 \cdot 21,582 = 4,2301 \text{ kN} (\downarrow)$

2.4. Grunt zasypowy

Materiał: Zagęszczony, suchy, żwir piaszczysty (BST)

Gęstość gruntu zasypowego: $\rho_{bf} = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego: $\gamma_{bf,k} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2100 \cdot 9,810 \cdot 10^{-3} = 20,601 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego: $V_{bf} = 1,5264 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf,k} = 1,5264 \cdot 20,601 = 31,445 \text{ kN} (\downarrow)$

3. Obliczenie nośności podłoża

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

PN-EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\varphi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

3.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego: $\varphi'_d = \arctan \frac{\tan \varphi'_k}{\gamma_{\varphi'}} = \arctan \frac{\tan 35,00^\circ}{1} = 35,00^\circ$

Ciężar objętościowy: $\gamma'_d = \frac{\gamma'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{20,601}{1} = 20,601 \text{ kN/m}^3$

3.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: STAT1 (Inny)

$$F_x = 0 \text{ kN} \quad F_y = 0 \text{ kN} \quad F_z = -48,15 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = -7,3956 \cdot 10^{-22} \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-48,15) = 48,15 \text{ kN}$$

3.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 48,15 + (24,035 + 31,445 + 4,2301) \cdot 1,35 = 128,76 \text{ kN (} \downarrow \text{)}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu:

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

$$= \frac{48,15 \cdot 0 + (-7,3956 \cdot 10^{-22}) + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1,35}{128,76} = 0 \text{ m} \quad e_y =$$

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

$$= \frac{48,15 \cdot 0 - 0 + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1,35}{128,76} = 0 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

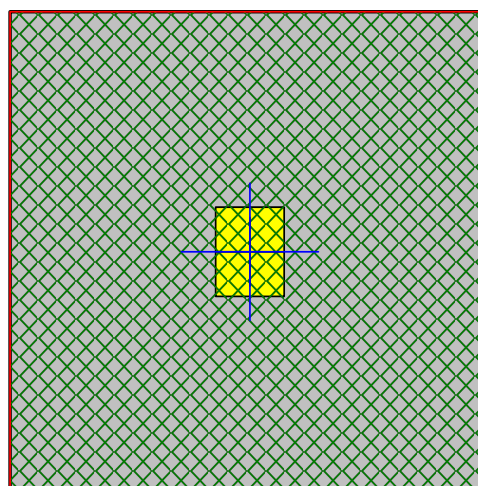
$$B' = \left(\frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left(\frac{1,4}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 1,4 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left(\frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left(\frac{1,4}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 1,4 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \frac{q'_k}{\gamma_{\gamma'}} = \frac{28,841}{1} = 28,841 \text{ kPa}$$

3.4. Nośność podłoża - Warunki z odpływem

3.4.1. Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń [PN-EN 1997-1Załącznik D D.4](#)

3.4.1.1. Współczynniki nośności

$$N_q = e^{(\pi \cdot \tan \varphi'_d)} \cdot \tan^2 \left(45,00^\circ + \frac{\varphi'_d}{2} \right) = e^{(3,1416 \cdot \tan 35,00^\circ)} \cdot \tan^2 \left(45,00^\circ + \frac{35,00^\circ}{2} \right) = 33,296$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'_d = 2 \cdot (33,296 - 1) \cdot \tan 35,00^\circ = 45,228$$

3.4.1.2. Współczynniki nachylenia podstawy

Nachylenie podstawy: $\alpha_i = 0^\circ$

$$b_q = b_\gamma = 1 = 1$$

3.4.1.3. Współczynniki kształtu podstawy fundamentu

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi'_d = 1 + \frac{1,4}{1,4} \cdot \sin 35,00^\circ = 1,5736$$

$$s_\gamma = 1 - \frac{0,3 \cdot B'}{L'} = 1 - \frac{0,3 \cdot 1,4}{1,4} = 0,7$$

3.4.1.4. Współczynniki nachylenia obciążenia

Brak poziomego oddziaływania

$$i_q = i_\gamma = 1 = 1$$

3.5. Nośność podłoża

$$R_d = \frac{A' \cdot (q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma'_d \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)}{\gamma_{R,v}} =$$

$$= \frac{1,96 \cdot (28,841 \cdot 33,296 \cdot 1 \cdot 1,5736 \cdot 1 + 0,5 \cdot 20,601 \cdot 1,4 \cdot 45,228 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1)}{1,4} = 2754,7 \text{ kN}$$

3.6. Wykorzystanie nośności

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_d} = \frac{128,76}{2754,7} = 0,046741 < \Lambda_{R,v,lim} = 1 \text{ spełniony}$$

4. Warunek mimośrod

Współczynnik graniczny dla mimośrodu: $\gamma_{ecc,lim} = 0,33$

$\begin{matrix} F_x \\ F_y \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} F_z \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} M_x \\ M_y \\ [kNm] \end{matrix}$	$\begin{matrix} V_d \\ [kN] \end{matrix}$	$\begin{matrix} e_x \\ e_y \\ [m] \end{matrix}$	γ_{ecc}	✓ ✗	Przypadek obciążenia
0 0	-48,15	0 $-7,3956 \cdot 10^{-22}$	107,86	0 0	0	✓	STAT1
0 0	-1,1462	0 $-2,2204 \cdot 10^{-16}$	60,856	0 0	0	✓	CW

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{fk} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

$$\gamma_{ecc} = \max \left(\left| \frac{e_x}{b_x} \right| ; \left| \frac{e_y}{b_y} \right| \right) \quad \text{Wartości mimośródów uwzględniają dodatkowy moment w poziomie}$$

posadowienia od sił poziomych

$\gamma_{G,unfav}$: Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

Mimośród miarodajny

4.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: STAT1 (Inny)

$$F_x = 0 \text{ kN} \quad F_y = 0 \text{ kN} \quad F_z = -48,15 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = -7,3956 \cdot 10^{-22} \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-48,15) = 48,15 \text{ kN}$$

4.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = 48,15 + (24,035 + 31,445 + 4,2301) \cdot 1 = 107,86 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu:

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

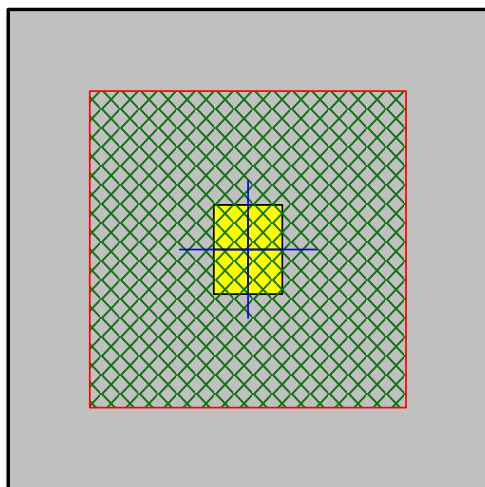
$$= \frac{48,15 \cdot 0 + (-7,3956 \cdot 10^{-22}) + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1}{107,86} = 0 \text{ m} \quad e_y =$$

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

$$= \frac{48,15 \cdot 0 - 0 + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1}{107,86} = 0 \text{ m}$$

Wartość stosunku mimośrodu do wymiaru fundamentu:

$$\gamma_{ecc,max} = \max \left(\left| \frac{e_x}{b_x} \right| ; \left| \frac{e_y}{b_y} \right| \right) = \max \left(\left| \frac{0}{1,4} \right| ; \left| \frac{0}{1,4} \right| \right) = 0 < \gamma_{ecc,lim} = 0,33 \text{ spełniony}$$



5. Warunek stateczności

5.1. Os obrotu

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu: $\gamma_{\omega} = 0,1$

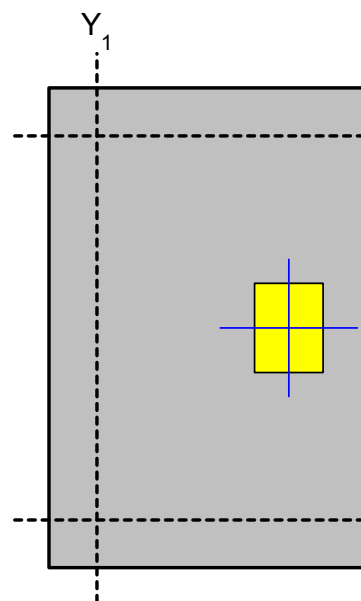
Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu:

$$e_{EQU,x2} = b_x \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 1,4 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,56 \text{ m}$$

$$e_{EQU,x1} = -e_{EQU,x2} = -0,56 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y2} = b_y \cdot (0,5 - \gamma_{\omega}) = 1,4 \cdot (0,5 - 0,1) = 0,56 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y1} = -e_{EQU,y2} = -0,56 \text{ m}$$



5.2. Stabilizujący wpływ fundamentu

Współczynnik częściowy dla korzystnego (stabilizującego) oddziaływania stałego: $\gamma_{G,stb} = 0,9$

Moment stabilizujący od ciężaru własnego fundamentu:

$$M_{G,stb,x1} = (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot e_{EQU,y1} \cdot \gamma_{G,stb} = (24,035 + 4,2301 + 31,445) \cdot (-0,56) \cdot 0,9 = -30,094 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y1} = (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot (-e_{EQU,x1}) \cdot \gamma_{G,stab} = (24,035 + 4,2301 + 31,445) \cdot (-(-0,56)) \cdot 0,9 = 30,094 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,x2} = (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot e_{EQU,y2} \cdot \gamma_{G,stab} = (24,035 + 4,2301 + 31,445) \cdot 0,56 \cdot 0,9 = 30,094 \text{ kNm}$$

$$M_{G,stab,y2} = (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot (-e_{EQU,x2}) \cdot \gamma_{G,stab} = (24,035 + 4,2301 + 31,445) \cdot (-0,56) \cdot 0,9 = -30,094 \text{ kNm}$$

5.3. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: STAT1 (Inny)

$$F_x = 0 \text{ kN} \quad F_y = 0 \text{ kN} \quad F_z = -48,15 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = -7,3956 \cdot 10^{-22} \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-48,15) = 48,15 \text{ kN}$$

5.4. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_1 -

Moment stabilizujący:

$$M_{x1,stab} = M_{G,stab,x1} + V \cdot e_{EQU,y1} = (-30,094) + 48,15 \cdot (-0,56) = -57,058 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x1,dst} = 0 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,x1} = \left| \frac{M_{x1,dst}}{M_{x1,stab}} \right| = \left| \frac{0}{(-57,058)} \right| = 0 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

5.5. Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_2 -

Moment stabilizujący:

$$M_{x2,stab} = M_{G,stab,x2} + V \cdot 1 = 30,094 + 48,15 \cdot 1 = 57,058 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{x2,dst} = 0 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2,dst}}{M_{x2,stab}} \right| = \left| \frac{0}{57,058} \right| = 0 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

5.6. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_1 -

Moment stabilizujący:

$$M_{y1,stab} = M_{G,stab,y1} - (V \cdot -1) = 30,094 - (48,15 \cdot -1) = 57,058 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{y1,dst} = 0 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1,dst}}{M_{y1,stab}} \right| = \left| \frac{0}{57,058} \right| = 0 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

5.7. Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_2 -

Moment stabilizujący:

$$M_{y2,stab} = M_{G,stab,y2} - V \cdot 1 = (-30,094) - 48,15 \cdot 1 = -57,058 \text{ kNm}$$

Moment wywracający:

$$M_{y2,dst} = 0 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności:

$$\Lambda_{EQU,y2} = \left| \frac{M_{y2,dst}}{M_{y2,stab}} \right| = \left| \frac{0}{(-57,058)} \right| = 0 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \quad \checkmark$$

5.8. Max. stopień wykorzystania

$$\Lambda_{EQU,max} = \Lambda_{EQU,x1} = 0 < \Lambda_{EQU,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

6. Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

6.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: STAT1 (Inny)

$$F_x = 0 \text{ kN} \quad F_y = 0 \text{ kN} \quad F_z = -48,15 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = -7,3956 \cdot 10^{-22} \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-48,15) = 48,15 \text{ kN}$$

6.2. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

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

PN-EN 1997-1 Załącznik A

	Współczynniki częściowe		
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\varphi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

6.2.1. Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu: $\rho_s = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \frac{\rho_s \cdot g}{\gamma_{\gamma'}} \cdot 10^{-3} = \frac{2100 \cdot 9,810}{1} \cdot 10^{-3} = 20,601 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym: $\varphi_{cv} = 32,00^\circ$

6.2.2. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,fav} = 48,15 + (24,035 + 31,445 + 4,2301) \cdot 1 = 107,86 \text{ kN} (\downarrow)$$

6.2.3. Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem [PN-EN 1997-1 6.5.3 \(8\)P \(6.3a\)](#)

Charakterystyczna wartość kąta tarcia na styku grunt-konstrukcja:

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 32,00^\circ$$

Obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego na styku konstrukcji z gruntem:

$$\delta_d = \arctan \frac{\tan \delta_k}{\gamma_{\phi'}} = \arctan \frac{\tan 32,00^\circ}{1} = 32,00^\circ$$

Nośność na przesunięcie (poślizg): $R_{d,Hs} = V_d \cdot \tan \delta_d = 107,86 \cdot \tan 32,00^\circ = 67,398 \text{ kN}$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,Hs} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hs}} \right| = \left| \frac{0}{67,398} \right| = 0 < \Lambda_{R,Hs,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

6.3. Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

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

[PN-EN 1997-1 Załącznik A](#)

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	$\gamma_{\phi'}$	1
	Spójność efektywna	$\gamma_{c'}$	1
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1
	Ciężar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1,4
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1,1
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1

6.3.1. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{dx} = F_x = 0 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0 \text{ kN} \quad H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2} = 0 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G_{fav}} = 48,15 + (24,035 + 31,445) \cdot 1 = 103,63 \text{ kN} (\downarrow)$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem: $\mu_{cc} = 0,7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami: $\gamma_{\mu} = 1$

$$\text{Nośność na przesunięcie (poślizg): } R_{d,Hb} = \frac{V_d \cdot \mu_{cc}}{\gamma_{\mu}} = \frac{103,63 \cdot 0,7}{1} = 72,541 \text{ kN}$$

$$\text{Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg): } \Lambda_{R,h,b} = \left| \frac{H_d}{R_{d,Hb}} \right| = \left| \frac{0}{72,541} \right| = 0 < \Lambda_{R,h,b,lim} = 1,000 \text{ spełniony}$$

7. Sprawdzenie fundamentu

7.1. Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie podłużne: $\varnothing 12 \text{ mm}$ ($A_{\varnothing} = 113 \text{ mm}^2$)

Położenie pręta zbr.:

$$u_{Tx} = 0,036 \text{ m}$$

$$u_{Ty} = 0,048 \text{ m}$$

$$u_{B,x} = 0,036 \text{ m}$$

$$u_{B,y} = 0,048 \text{ m}$$

7.2. Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

$$\lambda = 0,8 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.19.)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

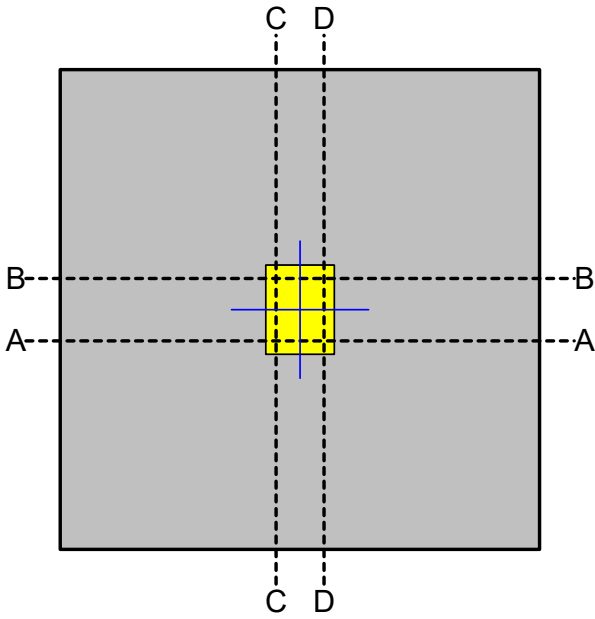
$$\eta = 1 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 (3.21.)}$$

$$\varepsilon_{c1} = 0,0020694$$

Graniczne odkształcenie betonu przy ściskaniu:

$$\varepsilon_{cu3} = 0,0035 \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.7. (2)}$$

Wartość obliczeniowa modułu sprężystości stali zbrojeniowej: $E_s = 200 \text{ GPa} = 2 \cdot 10^8 \text{ kPa}$

	Momenty w analizowanych przekrojach p		
	Wycinki	m_d [kNm/m]	Przypadek
	A-A	4,4745	ST
	B-B	4,4745	ST
	C-C	4,7884	ST
	D-D	4,7884	ST

Sytuacja obliczeniowa: Trwała i przejściowa

Współczynnik częściowy betonu: $\gamma_c = 1,4$ PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik częściowy stali zbrojeniowej: $\gamma_s = 1,15$ PN-EN 1992-1-12.4.2.4. (1)

Współczynnik uwzględniający wpływ długotrwałych efektów na wytrzymałość betonu na ściskanie oraz niekorzystne skutki od sposobu przyłożenia obciążenia:

$$\alpha_{cc} = 1$$

Obliczeniowa wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{25}{1,4} = 17,857 \text{ MPa} = 17857 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.1.6. (1)P (3.15)}$$

Obliczeniowa efektywna wytrzymałość betonu na ściskanie:

$$f_{cd,eff} = \eta \cdot f_{cd} = 1 \cdot 17857 = 17857 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-13.1.7. (3)}$$

Obliczeniowa granica plastyczności stali zbrojeniowej:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \approx 435 \text{ MPa} = 435000 \text{ kPa} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 3.2.7. (2) Rys. 3.8}$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu1}}{\varepsilon_{cu1} + \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{0,0035}{0,0035 + \frac{435000}{2 \cdot 10^8}} \cdot 0,8 = 0,49339$$

7.2.1. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający M_y

7.2.1.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C i D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_d = \text{Max}(m_{dC} ; m_{dD}) = \text{Max}(4,7884 ; 4,7884) = 4,7884 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{Bx} = 0,5 - 0,036 = 0,464 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,464 = 0,22893 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,464 - \sqrt{0,464^2 - \frac{2 \cdot 4,7884}{17857}} = 0,00057827 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,464 = 0,22893 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,565}{500} \cdot 0,464 = 0,00061887 \text{ m}^2/\text{m} > 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,464 = 0,0006032 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,00057827 \cdot 17857}{435000} = 2,3739 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,00061887 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} = 0,00061887 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_{\emptyset}}{a_{s,1}} = \frac{0,0001131}{0,00061887} = 0,18275 \text{ m} < s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \checkmark$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,1} = \frac{A_{\emptyset}}{s} = \frac{0,0001131}{0,18275} = 0,00061887 \text{ m}^2/\text{m} = 619 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\emptyset 12 \text{ mm}/183 \text{ mm})$$

7.2.2. Wymiarowanie zbrojenia na moment zginający M_x

7.2.2.1. Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A i B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_d = \text{Max}(m_{dA} ; m_{dB}) = \text{Max}(4,4745 ; 4,4745) = 4,4745 \text{ kNm/m}$$

$$d = h - u_{By} = 0,5 - 0,048 = 0,452 \text{ m}$$

$$x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,452 = 0,22301 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{f_{cd,eff}}} = 0,452 - \sqrt{0,452^2 - \frac{2 \cdot 4,4745}{17857}} = 0,0005547 \text{ m} < x_{c0} = \xi_0 \cdot d = 0,49339 \cdot 0,452 = 0,22301 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

Minimalne pole przekroju rozciąganego zbrojenia podłużnego: PN-EN 1992-1-1 9.2.2.1. (1) (9.1N)

$$a_{s,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,565}{500} \cdot 0,452 = 0,00060287 \text{ m}^2/\text{m} > 0,0013 \cdot d = 0,0013 \cdot 0,452 = 0,0005876 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$a_{s,1} = \frac{x_c \cdot f_{cd,eff}}{f_{yd}} = \frac{0,0005547 \cdot 17857}{435000} = 2,2771 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{m} < a_{s,min} = 0,00060287 \text{ m}^2/\text{m} \rightarrow a_{s,1} = a_{s,min} = 0,00060287 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0,5 = 1 \text{ m} > 0,25 \text{ m} \rightarrow s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \text{PN-EN 1992-1-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_{\varnothing}}{a_{s,1}} = \frac{0,0001131}{0,00060287} = 0,1876 \text{ m} < s_{max,slabs} = 0,25 \text{ m} \quad \checkmark$$

Zbrojenie podłużne:

$$a_{s,1} = \frac{A_{\varnothing}}{s} = \frac{0,0001131}{0,1876} = 603 \text{ mm}^2/\text{m} \quad (\varnothing 12 \text{ mm} / 188 \text{ mm})$$

8. Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża

PN-EN 1997-1 Załącznik F

8.1. Współczynniki częściowe

Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1,35
Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1
Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1,5
Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0
Ciążar objętościowy	$\gamma_{\gamma'}$	1

PN-EN 1997-12.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użyteczności powinna normalnie wynosić 1.0.

Efektywne naprężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_{\gamma'} \cdot q'_k = 1 \cdot 28,841 = 28,841 \text{ kPa}$$

8.2. Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

Przypadek obciążenia: STAT1 (Inny)

$$F_x = 0 \text{ kN} \quad F_y = 0 \text{ kN} \quad F_z = -48,15 \text{ kN} \quad M_x = 0 \text{ kNm} \quad M_y = -7,3956 \cdot 10^{-22} \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-48,15) = 48,15 \text{ kN}$$

8.3. Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0 \text{ kN} \quad H_{dy} = F_y = 0 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{bf,k} + G_{b,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 48,15 + (24,035 + 31,445 + 4,2301) \cdot 1,35 = 128,76 \text{ kN} (\downarrow)$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu:

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

$$= \frac{48,15 \cdot 0 + (-7,3956 \cdot 10^{-22}) + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1,35}{128,76} = 0 \text{ m} \quad e_y =$$

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

$$= \frac{48,15 \cdot 0 - 0 + 0 \cdot (0,5 + 0,1) + (24,035 \cdot 0 + 31,445 \cdot 0) \cdot 1,35}{128,76} = 0 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

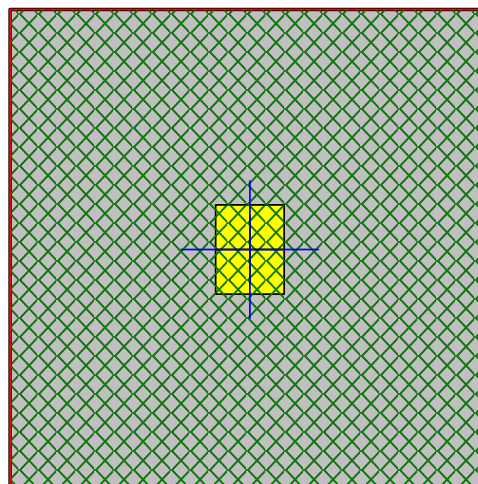
$$B' = \left(\frac{b_x}{2} - |e_x| \right) \cdot 2 = \left(\frac{1,4}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 1,4 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = \left(\frac{b_y}{2} - |e_y| \right) \cdot 2 = \left(\frac{1,4}{2} - |0| \right) \cdot 2 = 1,4 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1,4 \cdot 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$



Napężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości z wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\text{Arc tg} \left(\frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) \right] + \left[\frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

p jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

a i b są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Napężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 1,4 = 0,182 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 1,4 = 0,182 \text{ m}$
$\sigma_{z,II}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 1,4 = 1,218 \text{ m}$	$0,13 \cdot B' = 0,13 \cdot 1,4 = 0,182 \text{ m}$
$\sigma_{z,III}$	$0,87 \cdot L' = 0,87 \cdot 1,4 = 1,218 \text{ m}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 1,4 = 1,218 \text{ m}$
$\sigma_{z,IV}$	$0,87 \cdot B' = 0,87 \cdot 1,4 = 1,218 \text{ m}$	$0,13 \cdot L' = 0,13 \cdot 1,4 = 0,182 \text{ m}$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi $0,37 \cdot B'$ i $0,37 \cdot L'$.

Efektywne napężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{128,76}{1,96} = 65,693 \text{ kPa}$$

$$p = q_{E,d} - q' = 65,693 - 28,841 = 36,852 \text{ kPa}$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania: $\sigma_{D_{lim}} = 10,477 \text{ kPa}$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania: $q_{D_{lim}} = 52,387 \text{ kPa}$

Głębokość oddziaływania: $D_{lim} = -2,5429 \text{ m}$ 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: $s = \Sigma s_i = 0,325 \text{ mm} < s_{lim} = 50,000 \text{ mm}$ spełniony

Referencyjna warstwa gruntu: CNT - (Zagęszczony, wilgotny piasek)

Moduł ścisłości referencyjnej warstwy gruntu: $E_{s,ref} = 70000 \text{ kPa}$

Gęstość referencyjnej warstwy gruntu: $\rho_{s,ref} = 2100 \text{ kg/m}^3$

Naprężenia i osiadanie w warstwach podłoża

i n	z_0 [m]	h_i [m]	$h_{i,eq}$ [m]	σ_z [kPa]	q' [kPa]	σ_z/q' [%]	s_i [mm]	Σs_i [mm]
0.	0	0	0	0	0	—	0	0
1.	-0,1	0,1	0,1	0	2,0601	0	0	0
2.	-0,2	0,1	0,1	0	4,1202	0	0	0
3.	-0,3	0,1	0,1	0	6,1803	0	0	0
4.	-0,4	0,1	0,1	0	8,2404	0	0	0
5.	-0,5	0,1	0,1	0	10,301	0	0	0
6.	-0,6	0,1	0,1	0	12,361	0	0	0
7.	-0,7	0,1	0,1	0	14,421	0	0	0
8.	-0,8	0,1	0,1	0	16,481	0	0	0
9.	-0,9	0,1	0,1	0	18,541	0	0	0
10.	-1	0,1	0,1	0	20,601	0	0	0
11.	-1,1	0,1	0,1	0	22,661	0	0	0
12.	-1,2	0,1	0,1	0	24,721	0	0	0
13.	-1,3	0,1	0,1	0	26,781	0	0	0
14.	-1,4	0,1	0,1	36,852	28,841	127,77	0	0
15.	-1,5	0,1	0,1	35,092	30,902	113,56	0,051	0,051
16.	-1,6	0,1	0,1	29,695	32,962	90,09	0,046	0,098

17.	- 1,7	0,1	0,1	24,691	35,022	70,501	0,039	0,137
18.	- 1,8	0,1	0,1	21,093	37,082	56,883	0,033	0,169
19.	- 1,9	0,1	0,1	18,526	39,142	47,331	0,028	0,198
20.	- 2	0,1	0,1	16,598	41,202	40,285	0,025	0,223
21.	- 2,1	0,1	0,1	15,065	43,262	34,823	0,023	0,245
22.	- 2,2	0,1	0,1	13,786	45,322	30,417	0,021	0,266
23.	- 2,3	0,1	0,1	12,68	47,382	26,76	0,019	0,285
24.	- 2,4	0,1	0,1	11,7	49,442	23,664	0,017	0,302
25.	- 2,5	0,1	0,1	10,82	51,502	21,009	0,016	0,318
26.	- 2,5429	0,042932	0,042932	10,477	52,387	20	0,006	0,325
27.	- 2,6	0,057068	0,057068	10,022	53,563	18,711	0,008	0,333
28.	- 2,7	0,1	0,1	9,2942	55,623	16,709	0,014	0,347
29.	- 2,8	0,1	0,1	8,6292	57,683	14,96	0,013	0,360
30.	- 2,9	0,1	0,1	8,0205	59,743	13,425	0,012	0,372
31.	- 3	0,1	0,1	7,463	61,803	12,076	0,011	0,383

gdzie:

z_0 : Głębokość

h_i : Grubość warstwy gruntu

$h_{i,eq}$: Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i}}{E_{s,ref}} \cdot \frac{\rho_{s,ref}}{\rho_{s,i}} \right)^{\frac{1}{2,5}}$$

gdzie:

$\rho_{s,i}$: Gęstość warstwy gruntu

$E_{s,i}$: Moduł ścisłości warstwy gruntu

$E_{s,ref}$: Moduł ścisłości referencyjnej warstwy gruntu

$\rho_{s,ref}$: Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

σ_z : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

q' : Efektywne naprężenie od nadkładu

s_i : Osiadanie warstwy gruntu

Σs_i : Całkowite osiadanie na danej głębokości