

Obliczenia statyczne

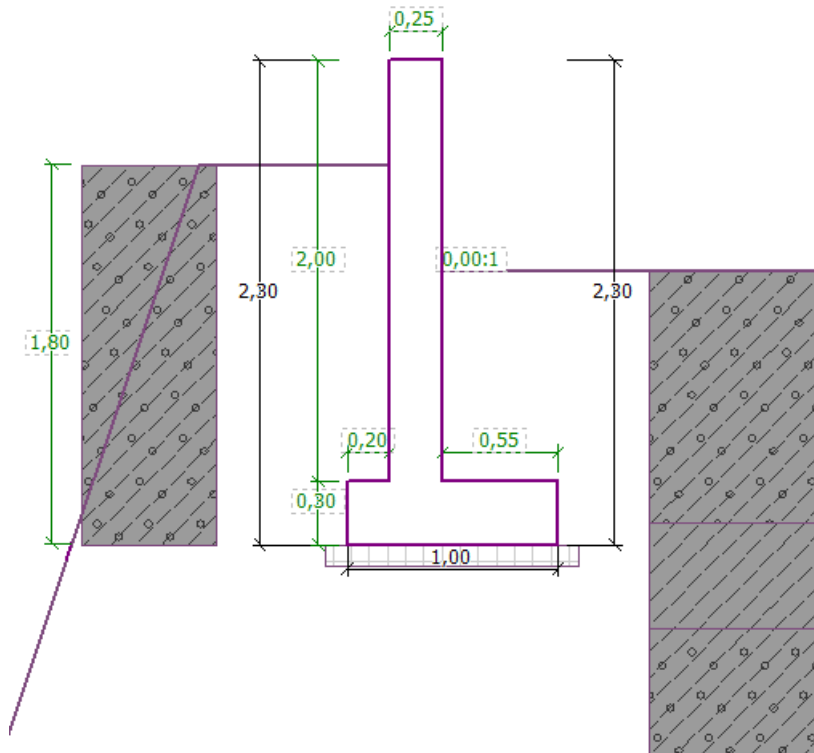
Spis treści

1. Ściany oporowe.....	10
1.1. Ściana oporowa schodów stronę kościoła (A-A)	10
1.2. Ściana oporowa rampy koło tablicy informacyjnej (D-D).....	14
1.3. Ściana oporowa rampy koło domu św. Kingi (F-F).....	16
1.4. Ściana oporowa rampy koło domu św. Kingi (E-E)	21
1.5. Ściana oporowa przy wejściu na schody od ul. Szalaya (naprzeciw przekroju J-J)	24
1.6. Mur oporowy za domem św. Kingi (I-I).....	27
1.7. Ściana oporowa przy otworze 1 (J-J)	30
2. Schody przed domem św. Kingi	33
2.1. Zestawienie obciążeń.....	33
2.2. Płyta schodów	34
2.3. Ściana.....	35
2.4. Schody – bieg dolny	37
2.5. Ława fundamentowa	38
3. Tablica informacyjna	41
3.1. Zestawienie obciążeń.....	41
3.2. Krokwie tablicy informacyjnej.....	42
3.3. Słupy tablicy informacyjnej.....	45

1. Ściany oporowe

Parametry gruntów

1.1. Ściana oporowa schodów stronę kościoła (A-A)



Sprawdzenie całej ściany

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący $M_{res} = 10,14 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = -10,34 \text{ kNm/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $1000,00 > 1,50$

Obrót - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 13,22 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuwająca $H_{act} = -11,67 \text{ kN/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $1000,00 > 1,50$

Przesuw - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie ogólne - **ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA**

Siły oddziałujące w środku podstawy fundamentu

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]	Mimośród [-]	Naprężenie [kPa]
1	-10,18	25,92	-11,67	0,000	21,60

Siły charakterystyczne oddziałujące w środku podstawy fundamentu (wyznaczanie osiadań)

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]
1	-10,18	25,92	-11,67

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

Sprawdzenie mimośrod

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,000$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Max. naprężenie w poziomie posadowienia $\sigma = 21,60 \text{ kPa}$

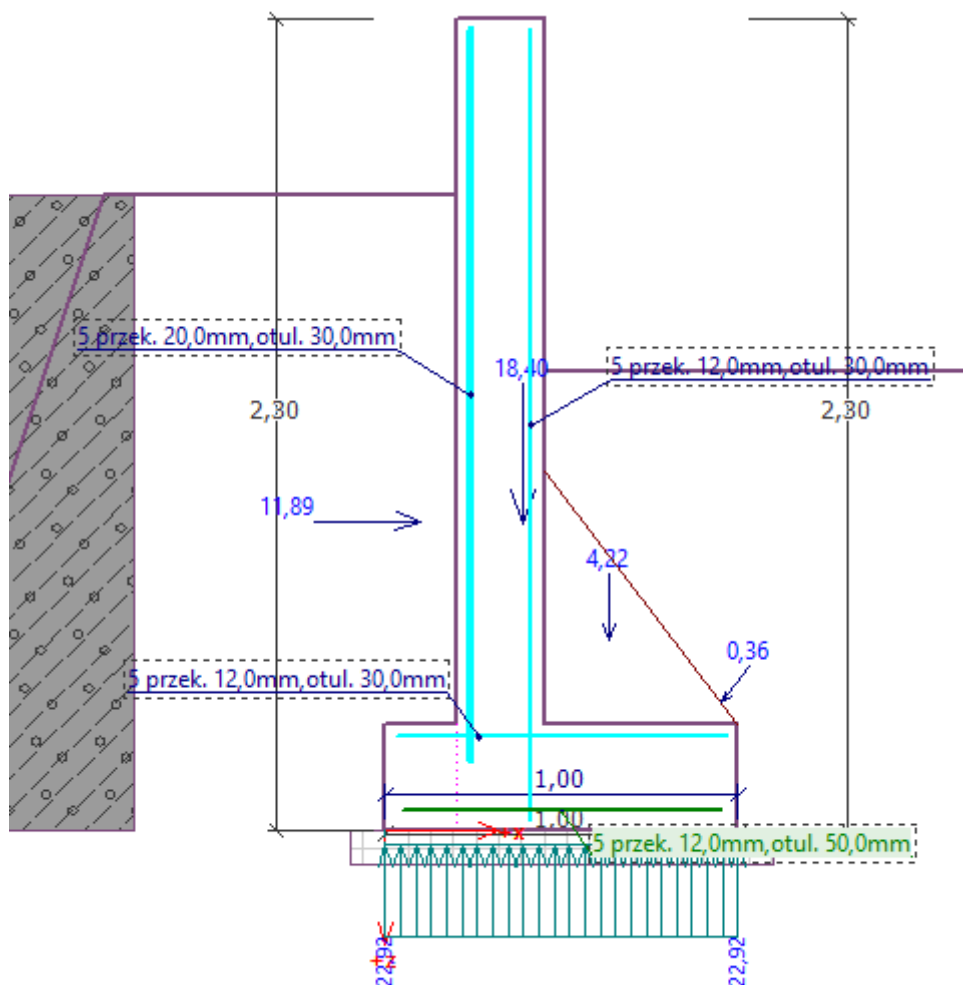
Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego $R_d = 250,00 \text{ kPa}$

Współczynnik bezpieczeństwa = 11,57 > 1,50

Nośność gruntu pod fundamentem **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wymiarowanie zbrojenia



Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 2,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 565,5 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 278,2 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,25 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,26 % > 0,13 % = ρ_{\min}

Położenie osi obojętnej x = 0,03 m < 0,13 m = x_{\max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 92,39 kN > 2,45 kN = V_{Ed}

Moment niszczący M_{Rd} = 51,47 kNm > 4,49 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 2,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 565,5 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 278,2 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,25 m

Włókna rozciągane znajdują się z przodu przekroju, przekrój nie może zostać sprawdzony za pomocą tego programu.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne - V_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 1,52 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 565,5 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 278,2 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,25 m

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 92,39 kN > 5,78 kN = V_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki przedniej

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 12,0 mm, otulina 50,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 565,5 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 317,2 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,30 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,23 % > 0,13 % = ρ_{\min}

Położenie osi obojętnej x = 0,02 m < 0,15 m = x_{\max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 100,45 kN > 3,20 kN = V_{Ed}

Moment niszczący M_{Rd} = 57,72 kNm > 0,32 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki tylnej

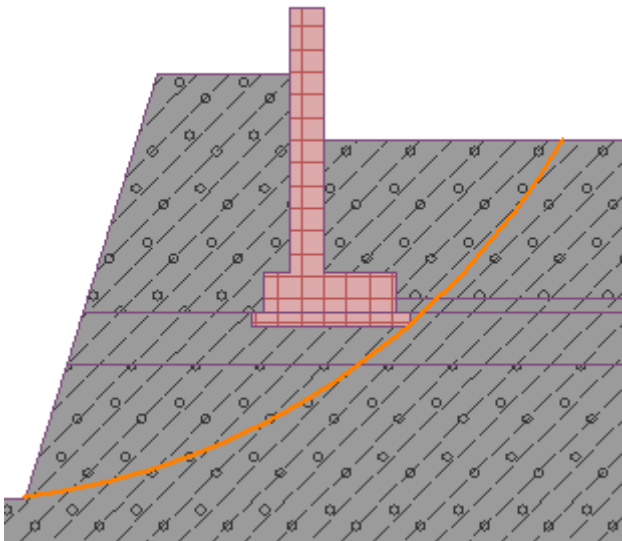
Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia	=	565,5	mm ²	
Wymagany przekrój zbrojenia	=	343,2	mm ²	
Szerokość przekroju	=	1,00	m	
Wysokość przekroju	=	0,30	m	
Stopień zbrojenia	ρ	=	0,21 %	> 0,13 % = ρ_{min}
Położenie osi obojętnej	x	=	0,02 m	< 0,16 m = x_{max}
Graniczna siła tnąca	V_{Rd}	=	105,70 kN	> 17,22 kN = V_{Ed}
Moment niszczący	M_{Rd}	=	62,64 kNm	> 1,21 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

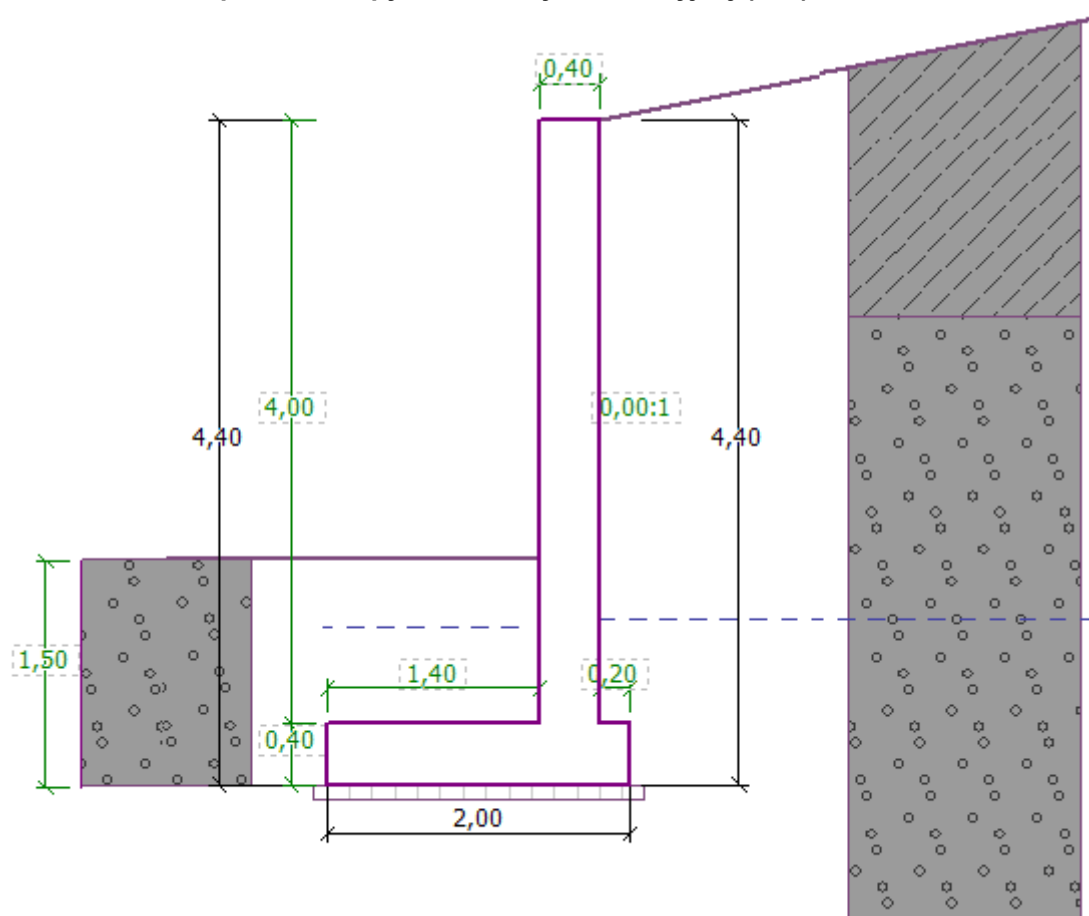
Analiza stateczności zbocza (Bishop)



Suma sił aktywnych :	$F_a =$	68,15	kN/m
Suma sił biernych :	$F_p =$	167,37	kN/m
Moment przesuwający :	$M_a =$	372,79	kNm/m
Moment utrzymujący :	$M_p =$	915,52	kNm/m
Współczynnik bezpieczeństwa	=	2,46	> 1,50

Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA

1.2. Ściana oporowa rampy koło tablicy informacyjnej (D-D)



Sprawdzenie całej ściany

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący $M_{res} = 62,66 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = 2,50 \text{ kNm/m}$

Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 31,71 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuwająca $H_{act} = 9,36 \text{ kN/m}$

Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA

Maksymalne naprężenie pod podstawą fundamentu : 38,10 kPa

Siły oddziałujące w środku podstawy fundamentu

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]	Mimośród [-]	Naprężenie [kPa]
1	-38,36	81,69	5,12	0,000	37,13
2	-27,86	61,94	9,36	0,000	28,15

Siły charakterystyczne oddziałujące w środku podstawy fundamentu (wyznaczanie osiadań)

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]
1	-28,42	61,94	3,79

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

Sprawdzenie mimośrod

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,000$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Nośność gruntu pod fundamentem

$R = 300,00 \text{ kPa}$

Współczynnik redukcji odporu podłoża fundamentowego

$\gamma_{Rv} = 1,40$

Max. naprężenie w poziomie posadowienia

$\sigma = 37,13 \text{ kPa}$

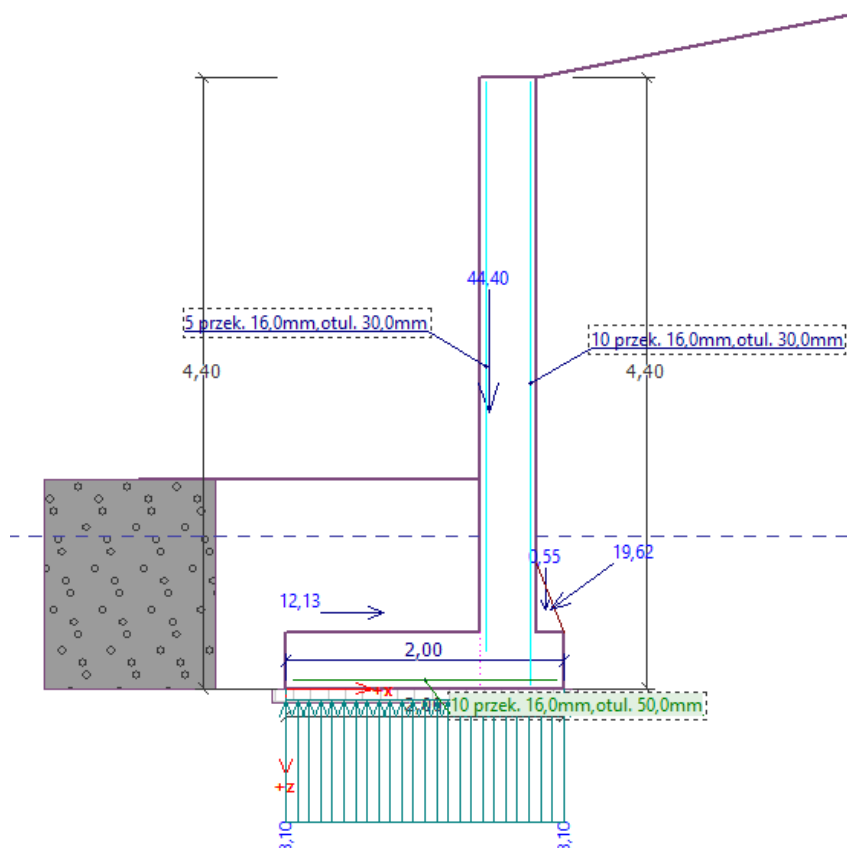
Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego

$R_d = 214,29 \text{ kPa}$

Nośność gruntu pod fundamentem **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Wymiarowanie zbrojenia



Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie

Przednie zbrojenie nie jest wymagane.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 4,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2010,6 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 1588,4 mm²

Szerokość przekroju		=	1,00 m	
Wysokość przekroju		=	0,40 m	
Stopień zbrojenia	ρ	=	0,56 %	> 0,13 % = ρ_{min}
Położenie osi obojętnej	x	=	0,06 m	< 0,22 m = x_{max}
Graniczna siła tnąca	V_{Rd}	=	181,04 kN	> 168,53 kN = V_{Ed}
Moment niszczący	M_{Rd}	=	293,19 kNm	> 233,95 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki przedniej

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 16,0 mm, otulina 50,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2010,6 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 1702,3 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,40 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,59 % > 0,13 % = ρ_{min}

Położenie osi obojętnej x = 0,08 m < 0,21 m = x_{max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 176,45 kN > 40,45 kN = V_{Ed}

Moment niszczący M_{Rd} = 272,22 kNm > 233,95 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Analiza stateczności zbocza (Bishop)

Suma sił aktywnych : F_a = 408,31 kN/m

Suma sił biernych : F_p = 1197,38 kN/m

Moment przesuwający : M_a = 5120,18 kNm/m

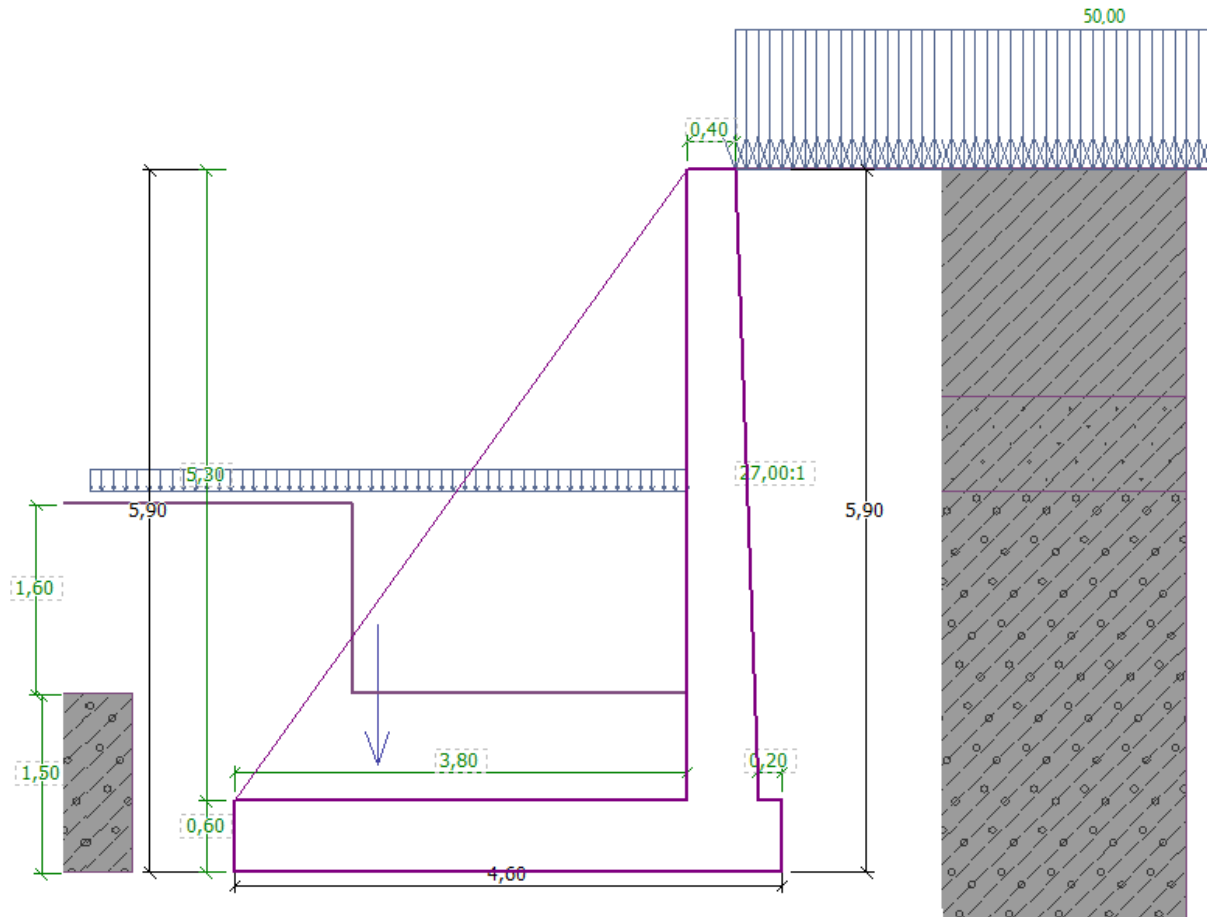
Moment utrzymujący : M_p = 15015,13 kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 2,93 > 1,50

Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA

1.3. Ściana oporowa rampy koło domu św. Kingi (F-F)

Przyjęto oddziaływanie budynku na ścianę oporową zredukowane do 50 kPa na górze naziomu.



Sprawdzenie całej ściany

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący $M_{res} = 677,12 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = 433,63 \text{ kNm/m}$

Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 174,82 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuwająca $H_{act} = 174,74 \text{ kN/m}$

Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA

Maksymalne naprężenie pod podstawą fundamentu : 89,18 kPa

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

Sprawdzenie mimośrod

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,110$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Nośność gruntu pod fundamentem

$R = 300,00 \text{ kPa}$

Współczynnik redukcji odporu podłoża fundamentowego

$\gamma_{Rv} = 1,40$

Max. napężenie w poziomie posadowienia
 Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego

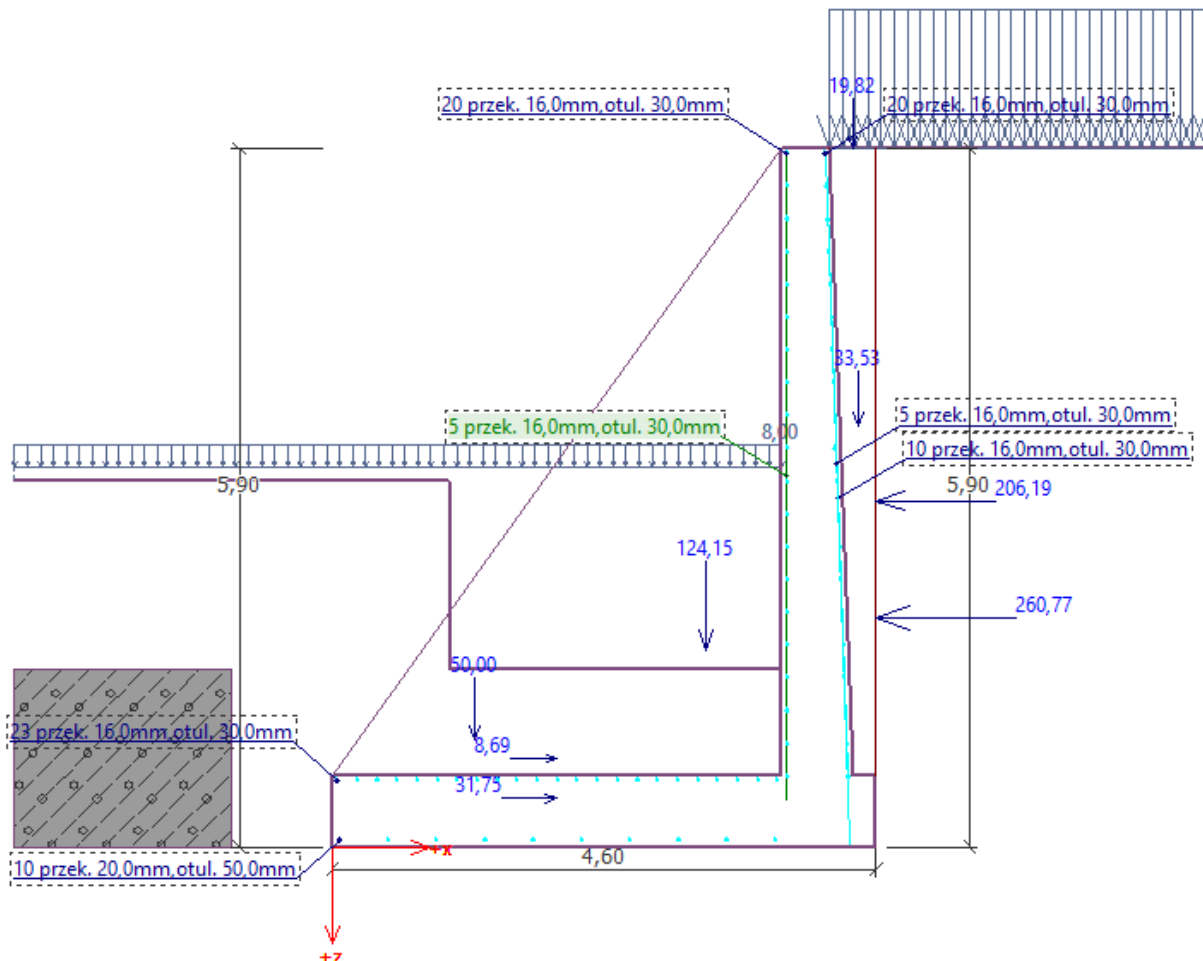
$$\sigma = 109,94 \text{ kPa}$$

$$R_d = 214,29 \text{ kPa}$$

Nośność gruntu pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Wymiarowanie zbrojenia



Sprawdzenie trzonu - pionowe zbrojenie przednie - M_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 2,65 m poniżej korony ściany

$$\sigma_{Hi} = 126,62 \text{ kPa}$$

$$M_{Ed} = 0,03 \cdot \sigma_{Hi} \cdot H_1 \cdot l / 4 \cdot b = 0,03 \cdot 126,62 \cdot 5,30 \cdot 4,00 / 4 \cdot 1,00 = 20,13 \text{ kNm}$$

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

$$\text{Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia} = 1005,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Wymagany przekrój zbrojenia} = 725,7 \text{ mm}^2$$

$$\text{Szerokość przekroju} = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Wysokość przekroju} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Stopień zbrojenia} \quad \rho = 0,22 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$$

$$\text{Położenie osi obojętnej} \quad x = 0,04 \text{ m} < 0,28 \text{ m} = x_{max}$$

$$\text{Moment niszcący} \quad M_{Rd} = 194,42 \text{ kNm} > 20,13 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - pionowe zbrojenie przednie - V_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 2,33 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

5 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 1005,3 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 725,7 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,49 m

Graniczna siła tnąca $V_{Rd} = 158,55 \text{ kN} > 158,29 \text{ kN} = V_{Ed}$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - pionowe zbrojenie tylne - M_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 5,30 m poniżej korony ściany

$\sigma_{Hi} = 126,62 \text{ kPa}$

$M_{Ed} = 0.03 * \sigma_{Hi} * H_1 * l * b = 0.03 * 126,62 * 5,30 * 4,00 * 1,00 = 80,45 \text{ kNm}$

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2010,6 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 725,7 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,60 m

Stopień zbrojenia $\rho = 0,36 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$

Położenie osi obojętnej $x = 0,06 \text{ m} < 0,34 \text{ m} = x_{max}$

Moment niszczący $M_{Rd} = 464,75 \text{ kNm} > 80,45 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - pionowe zbrojenie tylne - V_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 0,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2010,6 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 725,7 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,40 m

Graniczna siła tnąca $V_{Rd} = 181,05 \text{ kN} > 158,29 \text{ kN} = V_{Ed}$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - poziome zbrojenie przednie

$\sigma_{pi} = 79,15 \text{ kPa}$

$M_{Ed} = 1 / 20 * \sigma_{pi} * l^2 = 1 / 20 * 79,15 * 4,00^2 = 335,58 \text{ kNm}$

Zbrojenie i wymiary przekroju

20 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 4021,2 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 3170,3 mm²

Szerokość przekroju = 5,30 m

Wysokość przekroju = 0,50 m

Stopień zbrojenia $\rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$

Położenie osi obojętnej $x = 0,03 \text{ m} < 0,28 \text{ m} = x_{max}$

Moment niszczący $M_{Rd} = 784,28 \text{ kNm} > 335,58 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 2329,8 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - poziome zbrojenie tylne

$$\sigma_{pi} = 79,15 \text{ kPa}$$

$$M_{Ed} = 1 / 12 * \sigma_{pi} * l^2 = 1 / 12 * 79,15 * 4,00^2 = 559,30 \text{ kNm}$$

Zbrojenie i wymiary przekroju

20 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

$$\text{Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia} = 4021,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Wymagany przekrój zbrojenia} = 3170,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Szerokość przekroju} = 5,30 \text{ m}$$

$$\text{Wysokość przekroju} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Stopień zbrojenia} \quad \rho = 0,16 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$$

$$\text{Położenie osi obojętnej} \quad x = 0,03 \text{ m} < 0,28 \text{ m} = x_{max}$$

$$\text{Moment niszczący} \quad M_{Rd} = 784,28 \text{ kNm} > 559,30 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 2329,8 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki przedniej - zbrojenie dolne

$$\sigma_{j1} = 109,94 \text{ kPa}$$

$$M_{Ed} = 1 / 12 * \sigma_{j1} * l^2 = 1 / 12 * 109,94 * 4,00^2 = 557,02 \text{ kNm}$$

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 20,0 mm, otulina 50,0 mm

$$\text{Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia} = 3141,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Wymagany przekrój zbrojenia} = 2667,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Szerokość przekroju} = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Wysokość przekroju} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Stopień zbrojenia} \quad \rho = 0,15 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$$

$$\text{Położenie osi obojętnej} \quad x = 0,03 \text{ m} < 0,33 \text{ m} = x_{max}$$

$$\text{Moment niszczący} \quad M_{Rd} = 720,41 \text{ kNm} > 557,02 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 1977,1 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki przedniej - zbrojenie górne

$$\sigma_{j1} = 109,94 \text{ kPa}$$

$$M_{Ed} = 1 / 20 * \sigma_{j1} * l^2 = 1 / 20 * 109,94 * 4,00^2 = 334,21 \text{ kNm}$$

Zbrojenie i wymiary przekroju

23 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

$$\text{Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia} = 4624,4 \text{ mm}^2$$

$$\text{Wymagany przekrój zbrojenia} = 2776,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{Szerokość przekroju} = 3,80 \text{ m}$$

$$\text{Wysokość przekroju} = 0,60 \text{ m}$$

$$\text{Stopień zbrojenia} \quad \rho = 0,22 \% > 0,13 \% = \rho_{min}$$

$$\text{Położenie osi obojętnej} \quad x = 0,05 \text{ m} < 0,35 \text{ m} = x_{max}$$

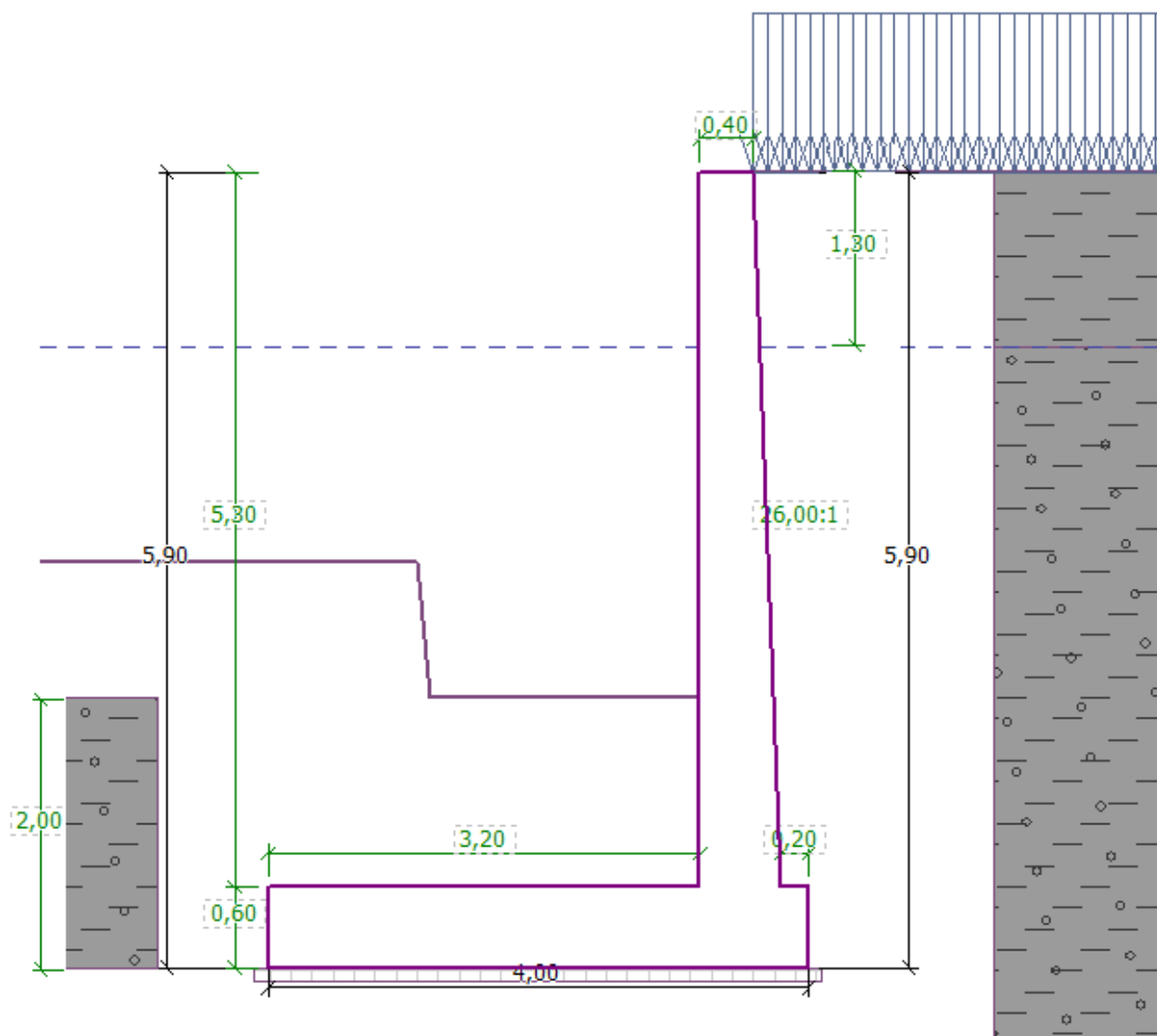
$$\text{Moment niszczący} \quad M_{Rd} = 1092,73 \text{ kNm} > 334,21 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 1899,7 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Analiza stateczności zbocza (Bishop)Suma sił aktywnych : $F_a = 423,22 \text{ kN/m}$ Suma sił biernych : $F_p = 1142,03 \text{ kN/m}$ Moment przesuwający : $M_a = 3982,52 \text{ kNm/m}$ Moment utrzymujący : $M_p = 10746,46 \text{ kNm/m}$ Współczynnik bezpieczeństwa = $2,70 > 1,50$ Stateczność zbocza **SPEŁNIA WYMAGANIA****1.4. Ściana oporowa rampy koło domu św. Kingi (E-E)**

Przyjęto oddziaływanie budynku na ścianę oporową zredukowane do 50 kPa na górze naziomu.

**Sprawdzenie całej ściany****Sprawdzenie na obrót**Moment utrzymujący $M_{res} = 434,68 \text{ kNm/m}$ Moment obracający $M_{ovr} = 106,19 \text{ kNm/m}$ Współczynnik bezpieczeństwa = $4,09 > 1,50$ Obrót - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie na przesuwSiła pozioma utrzymująca $H_{res} = 76,90 \text{ kN/m}$ Siła pozioma przesuująca $H_{act} = 39,11 \text{ kN/m}$ Współczynnik bezpieczeństwa = $1,97 > 1,50$

Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA

Siły oddziałujące w środku podstawy fundamentu

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]	Mimośród [-]	Naprężenie [kPa]
1	-57,77	143,79	39,11	0,000	34,20

Siły charakterystyczne oddziałujące w środku podstawy fundamentu (wyznaczanie osiadań)

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]
1	-57,77	143,79	39,11

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

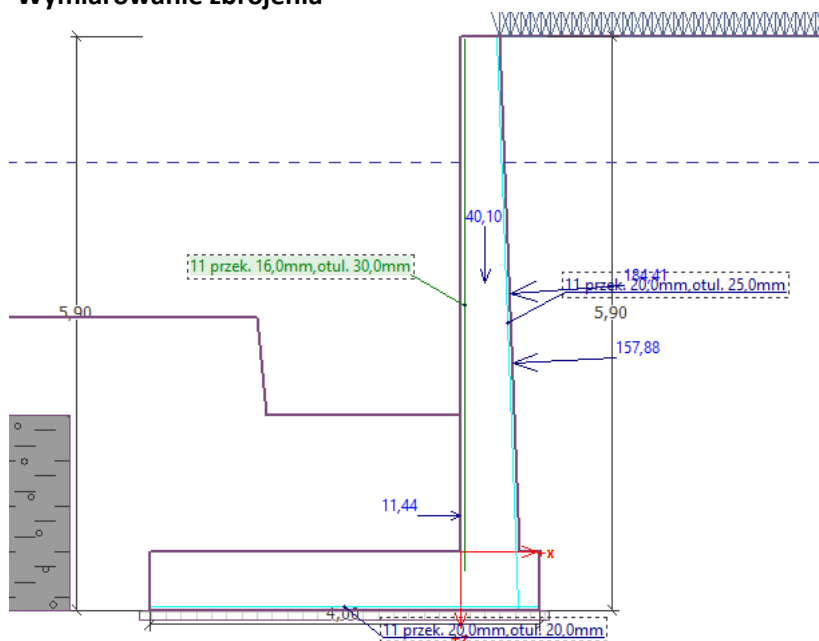
Sprawdzenie mimośroduMax. mimośród siły normalnej $e = 0,000$ Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentuMax. naprężenie w poziomie posadowienia $\sigma = 34,20 \text{ kPa}$ Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego $R_d = 200,00 \text{ kPa}$ Współczynnik bezpieczeństwa = $5,85 > 1,50$

Nośność gruntu pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Wymiarowanie zbrojenia

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie - V_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 5,30 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

11 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2211,7 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 765,0 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,60 m

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 596,5 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie - M_{Ed}

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 0,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

11 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 2211,7 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 765,0 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,40 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,61 % > 0,14 % = ρ_{min}

Położenie osi obojętnej x = 0,04 m < 0,22 m = x_{max}

Moment niszczący M_{Rd} = 324,68 kNm > 0,00 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 5,30 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

11 profil 20,0 mm, otulina 25,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 3455,8 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 3383,2 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,60 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,61 % > 0,14 % = ρ_{min}

Położenie osi obojętnej x = 0,06 m < 0,35 m = x_{max}

Moment niszczący M_{Rd} = 807,97 kNm > 785,37 kNm = M_{Ed}

Przekrój należy zbroić strzemionami pionowymi o przekroju min. 593,3 mm²/m lub ekwiwalentnym zbrojeniem odgiętym.

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadki przedniej

Zbrojenie i wymiary przekroju

11 profil 20,0 mm, otulina 20,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 3455,8 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 3439,8 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,60 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,61 % > 0,14 % = ρ_{min}

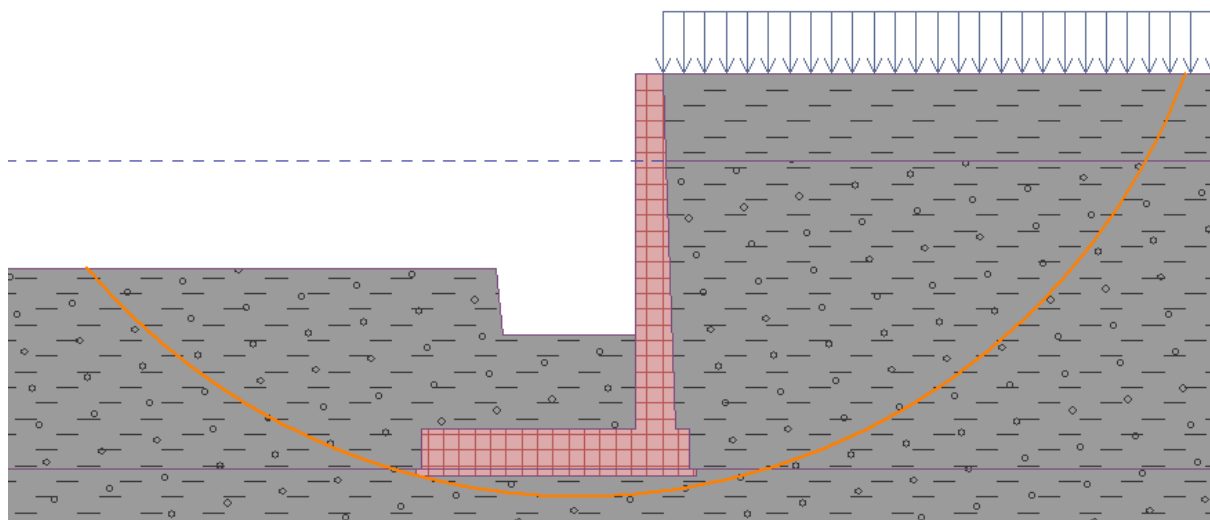
Położenie osi obojętnej x = 0,11 m < 0,35 m = x_{max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 269,54 kN > 62,36 kN = V_{Ed}

Moment niszczący M_{Rd} = 788,70 kNm > 785,37 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Stateczność skarpy



Analiza stateczności zbocza (Bishop)

Suma sił aktywnych : $F_a = 367,19 \text{ kN/m}$

Suma sił biernych : $F_p = 984,41 \text{ kN/m}$

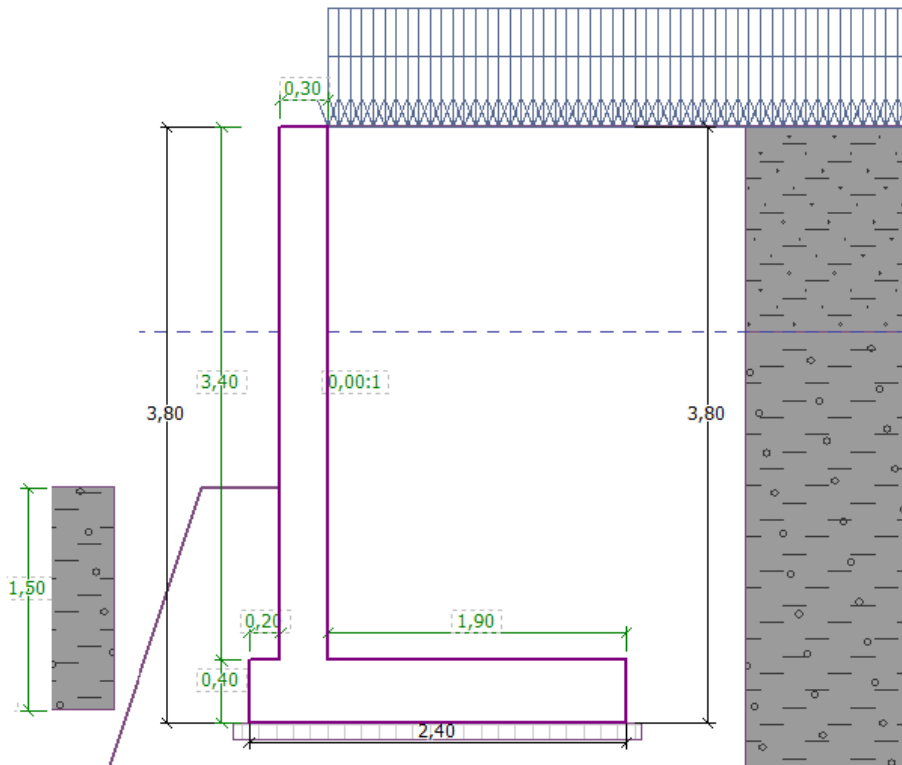
Moment przesuwający : $M_a = 3543,41 \text{ kNm/m}$

Moment utrzymujący : $M_p = 9499,59 \text{ kNm/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $2,68 > 1,50$

Stateczność zbocza **SPEŁNIA WYMAGANIA**

1.5. Ściana oporowa przy wejściu na schody od ul. Szalaya (naprzeciw przekroju J-J)



Sprawdzenie całej ściany

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący $M_{res} = 99,28 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = 22,56 \text{ kNm/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa $= 4,40 > 1,50$

Obrót - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 49,72 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuwająca $H_{act} = 14,99 \text{ kN/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa $= 3,32 > 1,50$

Przesuw - ściana **SPEŁNIA WYMAGANIA**

Sprawdzenie ogólne - **ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA**

Siły oddziałujące w środku podstawy fundamentu

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]	Mimośród [-]	Napężenie [kPa]
1	28,20	92,68	14,99	0,117	46,54

Siły charakterystyczne oddziałujące w środku podstawy fundamentu (wyznaczanie osiadań)

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]
1	28,20	92,68	14,99

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : prostokąt

Sprawdzenie mimośrodu

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,117$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Max. napężenie w poziomie posadowienia $\sigma = 46,54 \text{ kPa}$

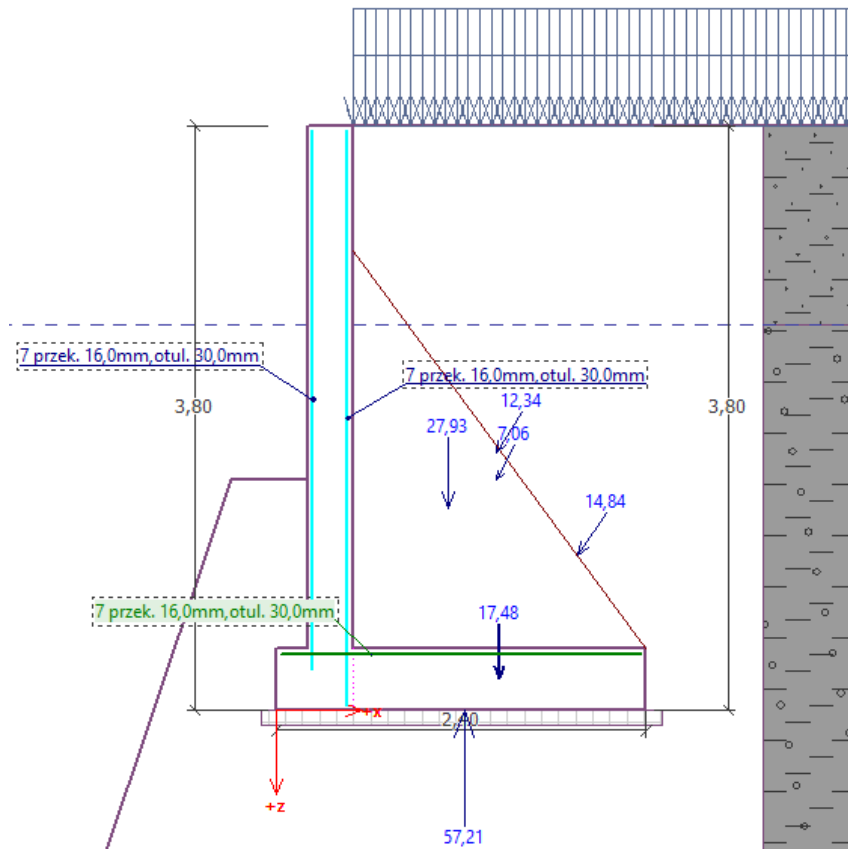
Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego $R_d = 200,00 \text{ kPa}$

Współczynnik bezpieczeństwa $= 4,30 > 1,50$

Nośność gruntu pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Wymiarowanie zbrojenia



Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie

Przednie zbrojenie nie jest wymagane.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 3,40 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

7 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia $= 1407,4 \text{ mm}^2$

Wymagany przekrój zbrojenia $= 1158,0 \text{ mm}^2$

Szerokość przekroju $= 1,00 \text{ m}$

Wysokość przekroju $= 0,30 \text{ m}$

Stopień zbrojenia $\rho = 0,54 \% > 0,13 \% = \rho_{\min}$

Położenie osi obojętnej $x = 0,04 \text{ m} < 0,16 \text{ m} = x_{\max}$

Graniczna siła tnąca $V_{Rd} = 129,99 \text{ kN} > 90,30 \text{ kN} = V_{Ed}$

Moment niszczący $M_{Rd} = 146,65 \text{ kNm} > 122,40 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki tylnej

Zbrojenie i wymiary przekroju

7 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

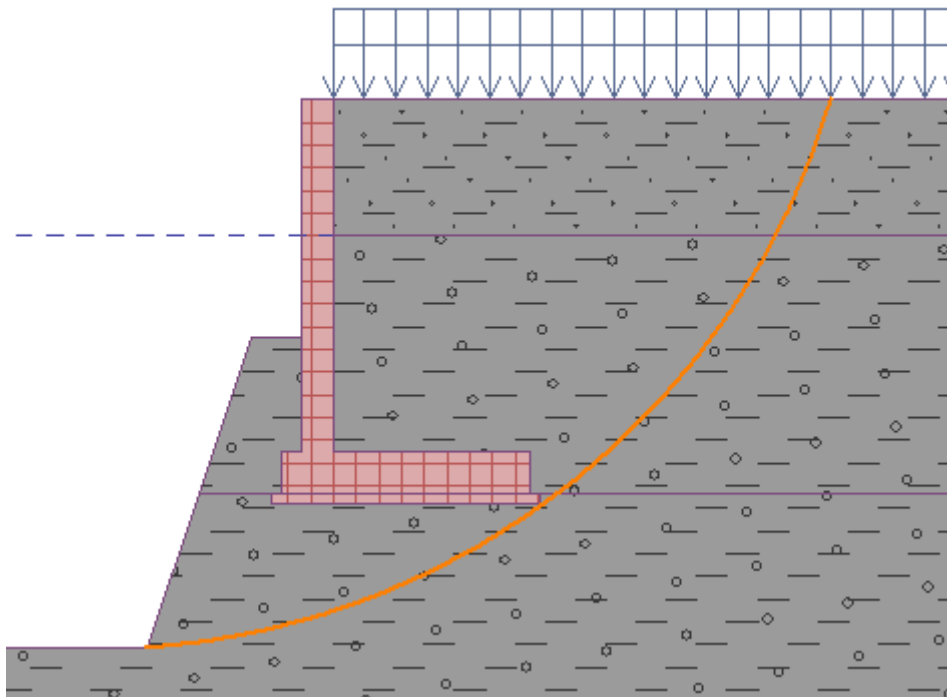
Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 1407,4 mm²Wymagany przekrój zbrojenia = 807,0 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,40 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,39 % > 0,13 % = ρ_{\min} Położenie osi obojętnej x = 0,06 m < 0,22 m = x_{\max} Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 150,03 kN > 16,80 kN = V_{Ed} Moment niszczący M_{Rd} = 207,48 kNm > 122,40 kNm = M_{Ed}

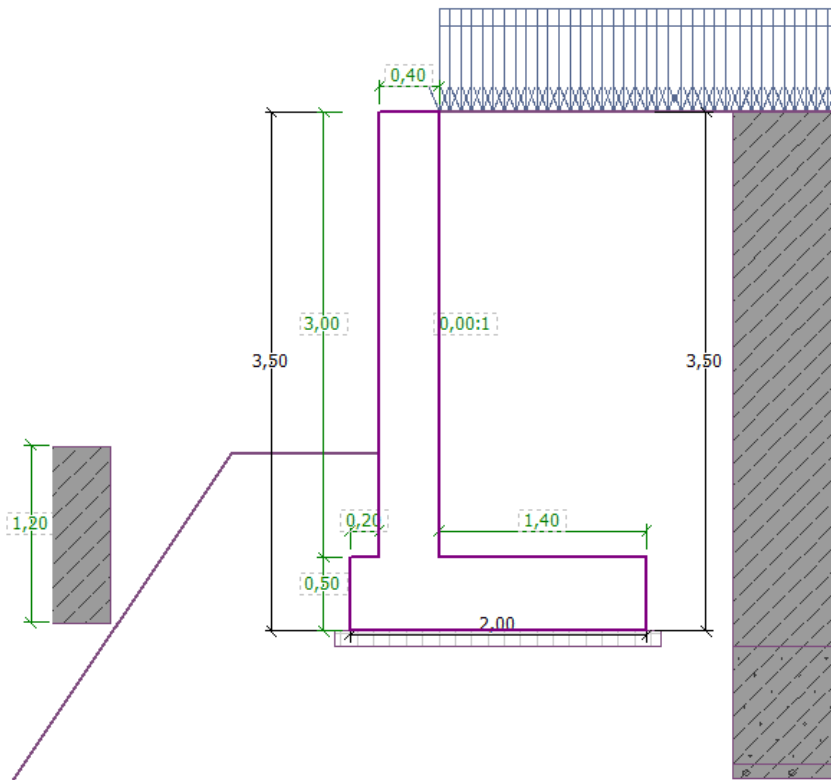
Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie stateczności skarpy**Analiza stateczności zbocza (Bishop)**Suma sił aktywnych : F_a = 174,29 kN/mSuma sił biernych : F_p = 348,38 kN/mMoment przesuwały : M_a = 1294,97 kNm/mMoment utrzymujący : M_p = 2588,50 kNm/m

Współczynnik bezpieczeństwa = 2,00 > 1,50

Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA

1.6. Mur oporowy za domem św. Kingi (I-I)



Sprawdzenie całej ściany

Sprawdzenie na obrót

Moment utrzymujący $M_{res} = 110,02 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = 50,91 \text{ kNm/m}$

Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 74,00 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuująca $H_{act} = 41,76 \text{ kN/m}$

Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA

Maksymalne naprężenie pod podstawą fundamentu : 111,94 kPa

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

Sprawdzenie mimośrod

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,119$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Nośność gruntu pod fundamentem

$R = 200,00 \text{ kPa}$

Współczynnik redukcji odporu podłoża fundamentowego

$\gamma_{Rv} = 1,40$

Max. naprężenie w poziomie posadowienia

$\sigma = 135,51 \text{ kPa}$

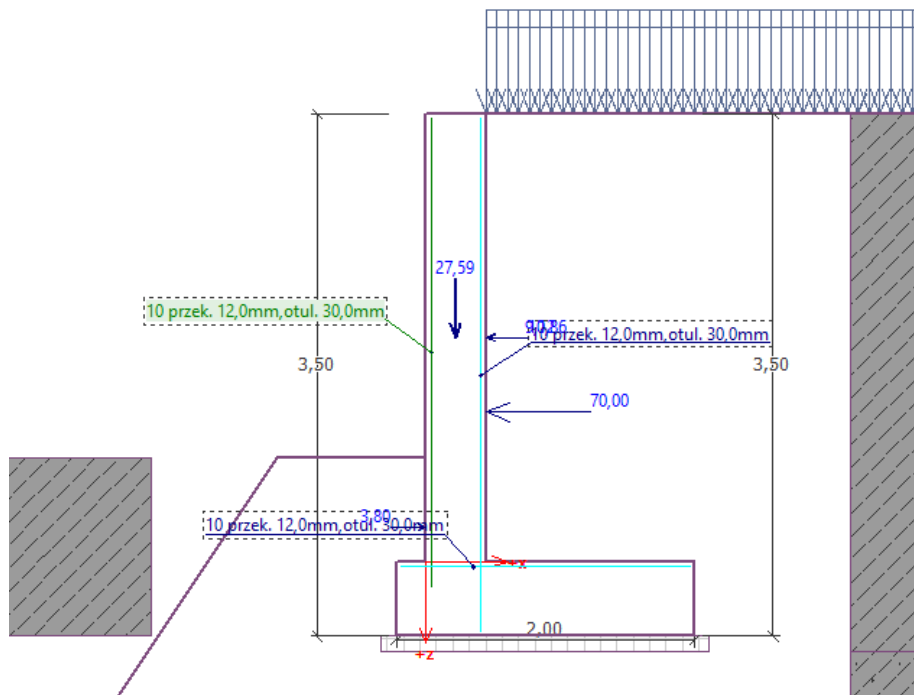
Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego

$R_d = 142,86 \text{ kPa}$

Nośność gruntu pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Wymiarowanie zbrojenia



Sprawdzenie trzonu - zbrojenie przednie

Przednie zbrojenie nie jest wymagane.

Sprawdzenie trzonu - zbrojenie tylne

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 3,00 m poniżej korony ściany

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 1131,0 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 898,4 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,40 m

Stopień zbrojenia ρ = 0,31 % > 0,13 % = ρ_{min}

Położenie osi obojętnej x = 0,04 m < 0,22 m = x_{max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 139,83 kN > 119,30 kN = V_{Ed}

Moment niszczący M_{Rd} = 169,80 kNm > 136,46 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie odsadzki tylnej

Zbrojenie i wymiary przekroju

10 profil 12,0 mm, otulina 30,0 mm

Zdefiniowana powierzchnia zbrojenia = 1131,0 mm²

Wymagany przekrój zbrojenia = 693,3 mm²

Szerokość przekroju = 1,00 m

Wysokość przekroju = 0,50 m

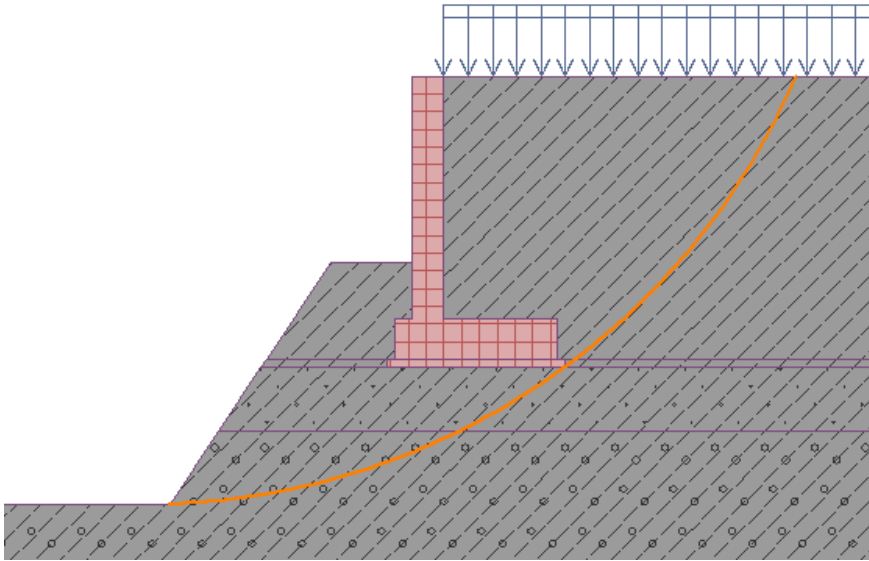
Stopień zbrojenia ρ = 0,24 % > 0,13 % = ρ_{min}

Położenie osi obojętnej x = 0,05 m < 0,29 m = x_{max}

Graniczna siła tnąca V_{Rd} = 156,39 kN > 30,20 kN = V_{Ed}

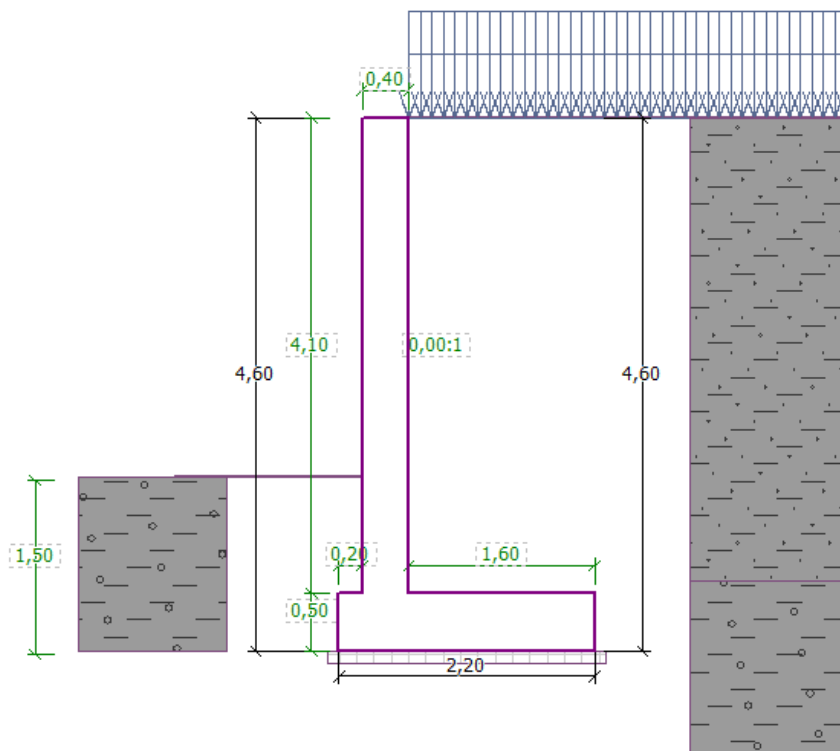
Moment niszczący M_{Rd} = 219,09 kNm > 136,46 kNm = M_{Ed}

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Analiza stateczności zbocza (Bishop)

Suma sił aktywnych : $F_a = 242,41 \text{ kN/m}$
 Suma sił biernych : $F_p = 273,66 \text{ kN/m}$
 Moment przesuający : $M_a = 2125,97 \text{ kNm/m}$
 Moment utrzymujący : $M_p = 2400,02 \text{ kNm/m}$
 Wykorzystanie : 88,6 %

Stateczność zbocza **SPEŁNIA WYMAGANIA**

1.7. Ściana oporowa przy otworze 1 (J-J)

Sprawdzenie całej ściany**Sprawdzenie na obrót**

Moment utrzymujący $M_{res} = 222,76 \text{ kNm/m}$

Moment obracający $M_{ovr} = 92,60 \text{ kNm/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = 2,41 > 1,50

Obrót - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie na przesuw

Siła pozioma utrzymująca $H_{res} = 110,83 \text{ kN/m}$

Siła pozioma przesuująca $H_{act} = 58,65 \text{ kN/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,89 > 1,50

Przesuw - ściana SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - ŚCIANA SPEŁNIA WYMAGANIA

Siły oddziałujące w środku podstawy fundamentu

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]	Mimośród [-]	Napężenie [kPa]
1	86,98	198,07	58,65	0,183	130,16

Siły charakterystyczne oddziałujące w środku podstawy fundamentu (wyznaczanie osiadań)

Nr	Moment [kNm/m]	Siła Normalna [kN/m]	Siła Tnąca [kN/m]
1	86,98	198,07	58,65

Sprawdzenie nośności podłoża gruntowego pod fundamentem

Kształt naprężeń pod fundamentem : trapez

Sprawdzenie mimośrodu

Max. mimośród siły normalnej $e = 0,183$

Maksymalny dozwolony mimośród $e_{alw} = 0,333$

Mimośród siły normalnej SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie nośności podstawy fundamentu

Max. napężenie w poziomie posadowienia $\sigma = 173,55 \text{ kPa}$

Nośność obliczeniowa podłoża gruntowego $R_d = 300,00 \text{ kPa}$

Współczynnik bezpieczeństwa = 1,73 > 1,50

Nośność gruntu pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Sprawdzenie ogólne - nośność podłoża gruntowego pod fundamentem SPEŁNIA WYMAGANIA

Wymiarowanie zbrojenia

Przednie zbrojenie nie jest wymagane.

Sprawdzenie ściany w przekroju roboczym 4,10 m poniżej korony ściany

8 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Wymagany przekrój zbrojenia = 1464,8 mm²

Wysokość przekroju = 0,40 m

Stopień zbrojenia	ρ	=	0,11 %	<	0,15 %	=	ρ_{\min}
Położenie osi obojętnej	x	=	0,05 m	<	0,22 m	=	x_{\max}

$$M_{Rd} = 236,21 \text{ kNm} > 215,65 \text{ kNm} = M_{Ed}$$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

8 profil 16,0 mm, otulina 30,0 mm

Wysokość przekroju = 0,50 m

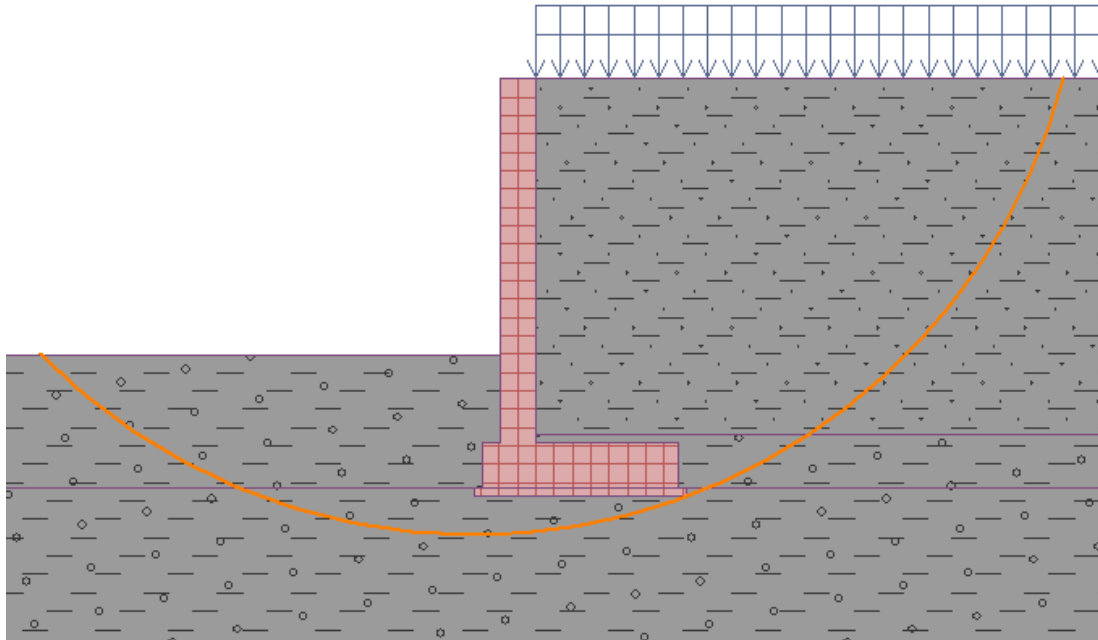
Stopień zbrojenia	ρ	$=$	$0,55 \%$	$>$	$0,15 \%$	$=$	ρ_{\min}
Położenie osi obojętnej	x	$=$	$0,07 \text{ m}$	$<$	$0,28 \text{ m}$	$=$	x_{\max}

Graniczna siła tnąca	V_{Rd}	=	175,52 kN	>	51,99 kN	=	V_{Ed}
----------------------	----------	---	-----------	---	----------	---	----------

Moment niszczący $M_{Rd} = 304,76 \text{ kNm} > 215,65 \text{ kNm} = M_{Ed}$

Przekrój SPEŁNIA wymagania.

Sprawdzenie stateczności skarpy



Analiza stateczności zbocza (Bishop)

Suma sił aktywnych : $F_a = 197,54 \text{ kN/m}$

Suma sił biernych : $F_p = 586,88 \text{ kN/m}$

Moment przesuwający : $M_a = 1353,15 \text{ kNm/m}$

Moment utrzymujący : $M_p = 4020,12 \text{ kNm/m}$

Współczynnik bezpieczeństwa = $2,97 > 1,50$

Stateczność zbocza SPEŁNIA WYMAGANIA

2. Schody przed domem św. Kingi

2.1. Zestawienie obciążeń

Obciążenia stałe schodów

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m^2
1.	Płyty chodnikowa granitowa gr. 3,0cm [0,03m x 27,0kN/m3]	0,810
2.	Dodatek betonu na stopnie gr. 7,5cm [0,075m x 25,0kN/m3]	1,875
3.	Tynk cementowo wapienny gr. 1,5cm [0,015m x 19,0kN/m3]	0,285
Σ :		2,970

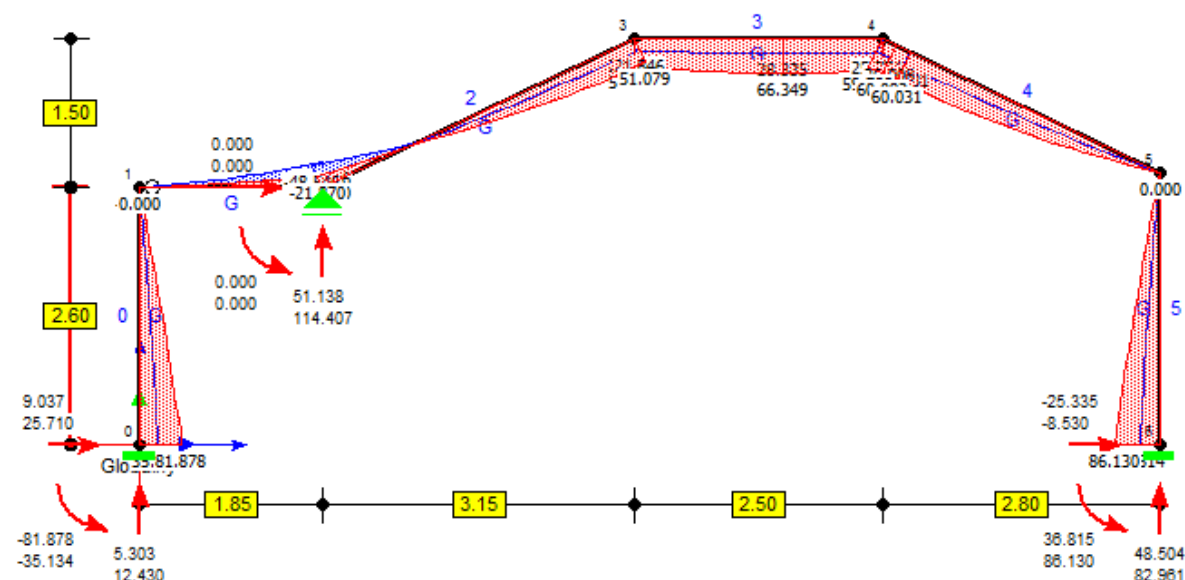
Obciążenia stałe spoczników

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m^2
1.	Płyty chodnikowa granitowa gr. 3,0cm [0,03m x 27,0kN/m3]	0,810
2.	Tynk cementowo wapienny gr. 1,5cm [0,015m x 19,0kN/m3]	0,285
Σ :		1,095

Obciążenia użytkowe

Równomiernie rozłożone obciążenie użytkowe - powierzchnia kategorii C2 (powierzchnie na których mogą gromadzić się ludzie – sale wystawowe, lobby hoteleowe itp.) - Schody [5,000kN/m²]

2.2. Płyta schodów



Informacije o elemencie

Profil: Płyta schodów (C25/30)

Zbrojenie podłużne (B500SP (C))

Krawędź 1 - 8#12 (co 12.5cm); od L1=0.00m do L2=3.49m; lbd1=0.45m; lbd2=0.45m

Krawędź 3 - 11#12 (co 9.0cm); od L1=0.00m do L2=3.49m; lbd1=0.45m; lbd2=0.45m

Wyniki szczegółowe

Zbrojenie główne (88.2 %)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 4.7\text{cm}$, $a_1 = 3.5\text{cm}$, $d = 14.3\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -3424.9 \text{ kN} < -62.1 \text{ kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 52.3 \text{ kN} > -62.1 \text{ kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

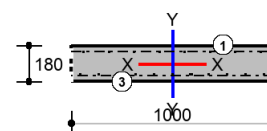
$$M_{Rd} = 57.4 \text{ kNm} > 50.7 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00207 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00101 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00063 < 0.0020$$



Ścinanie (69.2 %)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}]b_w d$$

$$V_{Bd,c} = \left[0.18 / 1.4 \cdot 2.000 (100 \cdot 0.000e + 00 \cdot 25.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.35 \right] \cdot 1000 \cdot 144.0 \cdot 1e - 3 = 7.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.495 + 0.150 \cdot 0.035) 1.000 \cdot 0.144 = 78.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 78.7 \text{ kN} > 54.5 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2.000$$

$$- \rho_L = \min \left(0.02, \frac{A_{sl}}{b_w d} \right) = \min \left(0.02, \frac{0.00}{100.0 \cdot 14.4} \right) = 0.000e + 00$$

$$- v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.000^{3/2} 25.0^{1/2} = 0.495$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,\min}) + d$,
gdzie l_{bd} wyznaczone jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,\max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.540 \cdot 100.0 \cdot 14.4 \cdot 1.79 = 694.3 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 25.0/250) = 0.540$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 78.7 \text{ kN} > 54.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,\max} = 694.3 \text{ kN} > 54.5 \text{ kN}$$

Rysy prostopadłe (77.3 %)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c - 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{2.6}{0.8141/0.0054 - 1/0.1800 - 48.4} \frac{1}{1} = 0.366$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,\max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0220} = 194.5 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 9.0/410.4 = 0.0220$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t f_{ct,eff}}{E_s} \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})} = \frac{319.1 - 0.6 \frac{2.6}{0.0220} (1 + 6.45 \cdot 0.0220)}{200000.0} = 0.001191$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.6 \text{ (obc. krótkotrwałe)},$$

Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,\max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 194.5 \cdot 0.001191 = 0.23 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}.$$

Ugięcia (55.8 %)

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 9.2 \text{ mm} < 16.5 \text{ mm} = a_{lim}$.

2.3. Ściana

Informacje o elemencie

Profil: Ściana (C25/30)

Zbrojenie podłużne (B500SP (C))

Krawędź 1 - 8#12 (co 12.5cm); od L1=0.00m do L2=2.75m; lbd1=0.45m;
lbd2=0.45m

Krawędź 3 - 8#12 (co 12.5cm); od L1=0.00m do L2=2.75m; lbd1=0.45m;
lbd2=0.45m

Wyniki szczegółowe

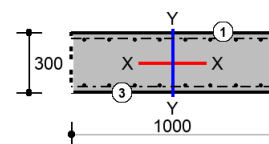
Imperfekcje geometryczne i efekty drugiego rzędu

Kierunek Y - Y

Imperfekcje geometryczne:

$$e_{i,y} = 0.5 \theta_0 \alpha_h \alpha_m l_0 = 0.5 \cdot 0.0050 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 2753.5 = 6.9 \text{ mm}$$

$$\text{Dodatkowy moment zginający: } M_{Ed,x,ei} = e_{i,y} \cdot N_{Ed} = 0.007 \cdot 82.805 = 0.6 \text{ kNm}$$



Moment pierwszego rzędu z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych:

$$M_{0Ed,y} = M_{Ed,y} + M_{Ed,y,ei} = 81.4 + 0.6 = 82.0 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie kryterium smukłości elementu wydzielonego

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{(n)}} = \frac{20 \cdot 0.714 \cdot 1.137 \cdot 0.700}{\sqrt{(0.015)}} = 91.5 > 31.8 = \lambda_x$$

gdzie przyjęto:

$$- A = \frac{1}{1+0.2\phi_{ef}} = \frac{1}{1+0.22 \cdot 0.000} = 0.714,$$

$$- B = \sqrt{(1 + 2\omega)} = \sqrt{(1 + 20.147)} = 1.137,$$

$$- C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1.0 = 0.700.$$

Smukłość elementu mniejsza niż smukłość graniczna wg 5.8.3.1(1) - pominięto efekty drugiego rzędu.

Zbrojenie główne (74.7 %)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 6.7 \text{ cm}$, $a_1 = 3.5 \text{ cm}$, $d = 26.3 \text{ cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -5428.7 \text{ kN} < -82.8 \text{ kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 144.3 \text{ kN} > -82.8 \text{ kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 109.8 \text{ kNm} > 82.0 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

Odształcenia:

$$\epsilon_{s1} = -0.00167 > -0.0100$$

$$\epsilon_{cu} = 0.00058 < 0.0035$$

$$\epsilon_c = -0.00051 < 0.0020$$

Ścinanie (23.6 %)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 1.870(100 \cdot 3.427e - 03 \cdot 25.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.21] \cdot 1000 \cdot 264.0 \cdot 1e - 3 = 138.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.448 + 0.150 \cdot 0.021) 1.000 \cdot 0.264 = 126.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 138.2 \text{ kN} > 32.7 \text{ kN} = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 1.870$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{s1}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{9.05}{100.0 \cdot 26.4}\right) = 3.427e - 03$$

$$- v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 1.870^{3/2} 25.0^{1/2} = 0.448$$

W A_{sL} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$,

gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5 v b_w d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.540 \cdot 100.0 \cdot 26.4 \cdot 1.79 = 1272.9 \text{ kN}$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 25.0/250) = 0.540$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 138.2 \text{ kN} > 32.7 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,max} = 1272.9 \text{ kN} > 32.7 \text{ kN}$$

Rysy prostopadłe (69.1 %)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c - 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{2.6}{0.9236/0.0149 - 1/0.3000} \frac{1}{-69.0} = 0.641$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0124} = 267.0 \text{ mm}$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 9.0/732.0 = 0.0124$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{258.7 - 0.6 \frac{2.6}{0.0124} (1 + 6.45 \cdot 0.0124)}{200000.0} = 0.000776$$

gdzie przyjęto:

– $k_t = 0.6$ (obc. krótkotrwale),

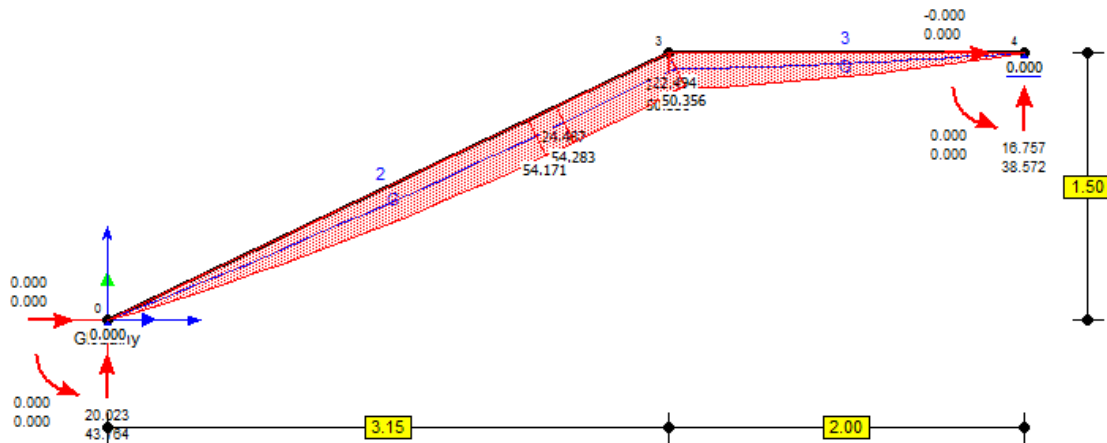
Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = s_{r,max}(\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 267.0 \cdot 0.000776 = 0.21 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}.$$

Ugięcia (17.6 %)

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 2.4 \text{ mm} < 13.8 \text{ mm} = a_{lim}$.

2.4. Schody – bieg dolny



Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 2 (belka) - Brak opisu elementu.

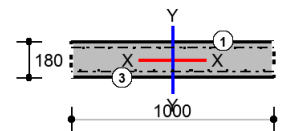
Węzły: 0 ($x=0.000\text{m}$, $y=0.000\text{m}$); 3 ($x=3.150\text{m}$, $y=1.500\text{m}$)

Profil: Płyta schodów (C25/30)

Zbrojenie podłużne (B500SP(C))

Krawędź 1 - 8#12 (co 12.5cm); od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.49\text{m}$; lbd1=0.45m; lbd2=0.45m

Krawędź 3 - 11#12 (co 9.1cm); od $L1=0.00\text{m}$ do $L2=3.49\text{m}$; lbd1=0.45m; lbd2=0.45m



Wyniki szczegółowe

Zbrojenie główne (76.5 %)

Dane: $\alpha_{cc} = 1.00$, $x_{eff} = 5.0\text{cm}$, $a_1 = 3.5\text{cm}$, $d = 14.3\text{cm}$

Nośność przy ściskaniu/rozciąganiu:

$$\min N_{Rd} = -3164.3\text{kN} < 1.1\text{kN} = N_{Sd}$$

$$\max N_{Rd} = 275.6\text{kN} > 1.1\text{kN} = N_{Sd}$$

Nośność przy zginaniu:

$$M_{Rd} = 70.7\text{kNm} > 54.1\text{kNm} = M_{Sd}$$

Odkształcenia:

$$\varepsilon_{s1} = -0.00176 > -0.0100$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.00096 < 0.0035$$

$$\varepsilon_c = -0.00049 < 0.0020$$

Ścinanie (37.5 %)

Weryfikacja zbrojenia strzemionami dla siły tnącej: Y-Y

Obliczeniowa nośność elementu bez zbrojenia na ścinanie (rozciąganie betonowych krzyżulców):

$$V_{Rd,c} = [0.18/\gamma_c k(100\rho_L f_{ck})^{1/3} + 0.15\sigma_{cp}] b_w d$$

$$V_{Rd,c} = [0.18/1.4 \cdot 2.000(100 \cdot 8.639e-03 \cdot 25.0)^{1/3} + 0.15 \cdot 0.10] \cdot 1000 \cdot 144.0 \cdot 1e-3 = 105.4kN$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d = (0.495 + 0.150 \cdot 0.010) 1.000 \cdot 0.144 = 73.5kN$$

$$V_{Rd,c} = \max(V_{Rd,c}, V_{Rd,c,min}) = 105.4kN > 39.5kN = V_{Ed} \rightarrow \text{zbrojenie nie jest wymagane}$$

gdzie przyjęto:

$$- k = 1 + \sqrt{(200/d)} = 2.000$$

$$- \rho_L = \min\left(0.02, \frac{A_{sl}}{b_w d}\right) = \min\left(0.02, \frac{12.44}{100.0 \cdot 14.4}\right) = 8.639e-03$$

$$- v_{min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2} = 0.035 \cdot 2.000^{3/2} 25.0^{1/2} = 0.495$$

W A_{sl} uwzględnione są pręty zakotwione na długości nie mniejszej niż $\max(l_{bd} + a_L, l_{b,min}) + d$,
gdzie l_{bd} wyznaczane jest dla bieżącej współrzędnej z pominięciem ΔF_{td} .

Nośność obliczeniowa ze względu na ściskanie betonowych krzyżulców:

$$V_{Rd,max} = 0.5v_b w_d f_{cd} = 0.5 \cdot 0.540 \cdot 100.0 \cdot 14.4 \cdot 1.79 = 694.3kN$$

gdzie przyjęto:

$$- v = 0.6(1 - f_{ck}/250) = 0.6(1 - 25.0/250) = 0.540$$

Warunki nośności:

$$V_{Rd,c} = 105.4kN > 39.5kN$$

$$V_{Rd,max} = 694.3kN > 39.5kN$$

Rysy prostopadłe (60.3 %)

Stosunek naprężeń rysujących do aktualnych:

$$\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} = \frac{N_{cr}}{N_{Ed}} = \frac{f_{ct,eff}}{e/W_c + 1/A_c} \frac{1}{N_{Sd}} = \frac{2.6}{50.7893/0.0054 + 1/0.1800} \frac{1}{0.8} = 0.330$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$S_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 3.4 \cdot 30 + 0.8 \cdot 0.500 \cdot 0.425 \frac{12.0}{0.0303} = 169.3mm$$

gdzie przyjęto:

$$- k_1 = 0.8 \text{ (pręty żebrowane)}, k_2 = 0.500 \text{ (ściskanie lub/i zginanie)},$$

$$- \text{efektywny stopień zbrojenia: } \rho_r = A_s/A_{c,eff} = 12.4/410.4 = 0.0303$$

Różnica średniego odkształcenia zbrojenia rozciąganego i betonu:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_{et} \rho_{p,eff})}{E_s} = \frac{275.3 - 0.6 \frac{2.6}{0.0303} (1 + 6.45 \cdot 0.0303)}{200000.0} = 0.001069$$

gdzie przyjęto:

$$- k_t = 0.6 \text{ (obc. krótkotrwale)},$$

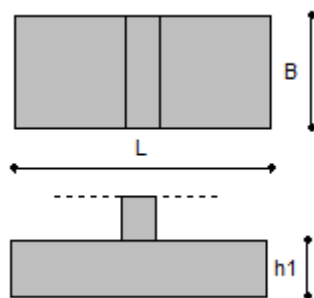
Obliczeniowa szerokość rys prostopadłych do osi elementu:

$$w_k = S_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 169.3 \cdot 0.001069 = 0.18 \text{ mm} < 0.30 \text{ mm} = w_{k,lim}.$$

Ugięcia (114.9 %) – Dopuszczono!

Warunek projektowy (kierunek Y-Y): $a = 19.0 \text{ mm} > 16.5 \text{ mm} = a_{lim}$.

2.5. Ława fundamentowa**Geometria**



Wymiary: $L = 2.30\text{m}$, $B = 1.01\text{m}$, $h_1 = 0.50\text{m}$, $e_x = 0.00\text{m}$, $e_y = 0.0$

Warunki gruntowe

.0 Profil gruntu: "OT-2"

Nr	Grunt	Gęstość właściwa [kN/m ³]	Gęstość objętości [kN/m ³]	IL/ID	Kąt tarcia wewnętrznego [deg]	Spójność gruntu	Efektwna spójność gruntu	Wytrzymałość na ścinanie (bez odpływu)	Pierwotny moduł ścisłości [kPa]
1	Glina	2.67	2.160	0.10	16.3	22.00	22.00	40.00	36000.0
2	Glina piaszczysta	2.67	2.110	0.35	12.2	12.50	12.50	40.00	20500.0
3	Glina pylasta	2.68	2.142	0.02	17.7	29.20	29.20	40.00	44800.0

Głębokość posadowienia: 2.60m

Wyniki szczegółowe

Nośność podłoża (98.0 %)

Decydująca warstwa gruntu: 1: Glina na rzędnej $D = 2.60\text{m}$

Obliczeniowa siła normalna: $V_d = 100.26\text{kN}$

Mimośród statyczny: $e_x = -0.94\text{m}$ $e_y = 0.00\text{m}$

Wymiary zastępcze fundamentu: $\bar{B} = 0.41\text{m}$ $\bar{L} = 1.01\text{m}$

Szerokość fundamentu: $B' = 0.41\text{m}$

Współczynniki nośności: $N_\gamma = 2.02$ $N_c = 11.84$ $N_q = 4.46$

Współczynniki nachylenia obciążenia: $i_\gamma = 0.56$ $i_c = 0.60$ $i_q = 0.69$

Współczynniki nachylenia podstawy fundamentu: $b_c = 1.0$ $b_q = 1.0$ $b_\gamma = 1.0$

Nośność podłoża w warunkach z odpływem:

$$R = A' (c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma)$$

$$R = 0.42(22.00 \cdot 11.84 \cdot 1.00 \cdot 1.15 \cdot 0.60 +$$

$$46.80 \cdot 4.46 \cdot 1.00 \cdot 1.11 \cdot 0.69 +$$

$$0.5 \cdot 21.60 \cdot 0.41 \cdot 2.02 \cdot 1.00 \cdot 0.88 \cdot 0.56) = 143.26\text{kN}$$

gdzie:

- $\bar{B}/\bar{L} = 0.41$ (Stopa prostokątna)

Warunek nośności podłoża

$$V_d = 100.26\text{kN} < 102.33\text{kN} = 143.26/1.40 = R/\gamma_R$$

Odrywanie (86.4 %)

Zasięg szczeliny i pole odrywanej pow.: $c = 0.99\text{m}$, $A = 1.01\text{m}^2$.

Warunek ograniczenia zasięgu szczeliny:

$$\frac{c}{c_{lim}} = \frac{0.99}{1.14} = 0.86 < 1.00$$

Warunek ograniczenia pola powierzchni odrywanej:

$$\frac{A}{A_{lim}} = \frac{1.01}{2.32} = 0.44 < 1.00$$

Obrót (91.6 %)

Obliczeniowe momenty wywracające: $M_x = 0.00 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{x,u} = 50.63 \text{ kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi X:

$$M_x = 0.00 < 46.03 \text{ kNm} = 50.63/1.10 = M_{x,u}/\gamma_R$$

Obliczeniowe momenty wywracające: $M_y = -102.35 \text{ kNm}$

Obliczeniowy moment utrzymujący: $M_{y,u} = 122.98 \text{ kNm}$

Warunek stateczności na obrót względem osi Y:

$$M_y = -102.35 < 111.80 \text{ kNm} = 122.98/1.10 = M_{y,u}/\gamma_R$$

Poślizg (96.0 %)

Obliczeniowa (wypadkowa) siła przesuwająca: $H = 25.59 \text{ kN}$

Współczynnik tarcia podstawy fundamentu o grunt: $\tan \delta_k = 0.27$

Wartość siły utrzymującej w warunkach z odpływem: $V_r = \tan \delta_k \cdot V_d = 29.32 \text{ kN}$

Warunek stateczności na przesunięcie w poziomie posadowienia:

$$T = 25.59 < 26.65 \text{ kN} = 29.32/1.10 = V_r/\gamma_R$$

Zbrojenie (55.4 %)

Zbrojenie minimalne w kierunku L:

$$A_{sL,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,L} / \sigma_{lim,L} = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sL,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff}/f_{yk}; 0.0013) d = 6.3 \text{ cm}^2/\text{m},$$

Zbrojenie minimalne w kierunku B:

$$A_{sB,min,1} = k_c k_{f_{ct,eff}} A_{ct,B} / \sigma_{lim,B} = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}, A_{sB,min,2} = \max(0.26 f_{ct,eff}/f_{yk}; 0.0013) d = 6.1 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Zbrojenie w kierunku L:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 79.5 \text{ kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 16.7 \text{ MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0 \text{ MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 46.4 \text{ cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9888$

$$A_0 = 0.022, A_{0,lim} = 0.480$$

$$\text{Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: } A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed/B}}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 3.9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{przyjęto } 10\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sL,prov} = 11.3 \text{ cm}^2/\text{m} > 6.27 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sL,req}$$

Zbrojenie w kierunku B:

Moment zginający obl. z metody wsporników prostokątnych: $M_{Ed} = 1.3 \text{ kNm}$

Wytrzymałość betonu na ściskanie: $f_{cd} = 16.7 \text{ MPa}$

Granica plastyczności stali zbrojeniowej: $f_{yd} = 435.0 \text{ MPa}$

Wysokość użyteczna przekroju: $d = 45.2 \text{ cm}$, względne ramię sił: $\zeta_{eff} = 0.5 \cdot (1 + \sqrt{1 - 2 \cdot A_0}) = 0.9998$

$$A_0 = 0.000, A_{0,lim} = 0.480$$

$$\text{Zbrojenie potrzebne ze względu na zginanie: } A_{sB,stat} = \frac{M_{Ed/L}}{f_{yd} \cdot \zeta_{eff} \cdot d} = 0.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{przyjęto } 10\Phi 12/\text{m} \rightarrow A_{sB,prov} = 11.3 \text{ cm}^2/\text{m} > 6.11 \text{ cm}^2/\text{m} = A_{sB,req}$$

Osiadanie (2.9 %)

Dopuszczalną wartość osiadania: $s_{max} = 5.00$

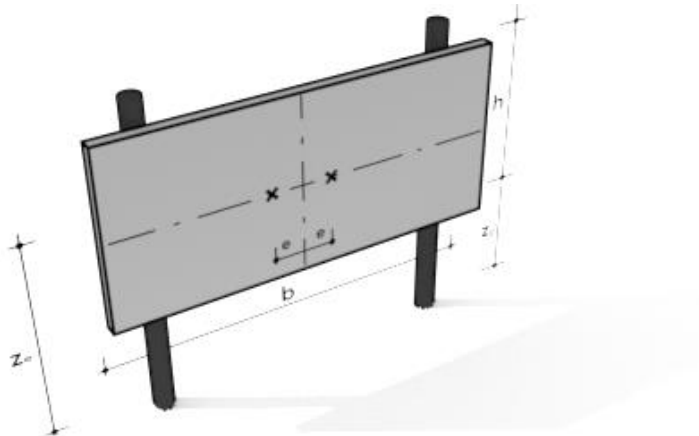
Czas wznoszenia budowli: Powyżej roku $\rightarrow \lambda = 1$

Warunek osiadań fundamentu: $s = 0.14 \text{ cm} < 5.00 \text{ cm} = s_{max}$

3. Tablica informacyjna

3.1. Zestawienie obciążeń

Obciążenie wiatrem



$$h = 4.0\text{m} \quad b = 3.4\text{m} \quad e = 0.85\text{m} \quad z_g = 0.6\text{m}$$

Wybrana kategoria: Billboardy i tablice reklamowe

Strefa obciążenia wiatrem: 3

Wysokość n.p.m.: $A = 475.0\text{ m}$

Kategoria terenu: II

Kierunek wiatru: 0

Wartość współczynnika kierunkowego: $c_{dir} = 1.0$

Wartość współczynnika sezonowego: $c_{season} = 1.0$

Wartość współczynnika orografii: $c_o = 1.0$

Wysokość odniesienia przyjęta jako całkowita wysokość budynku.

Wysokość odniesienia: $z_e = 2.6\text{m}$

Wartość współczynnika konstrukcyjnego: $c_s c_d = 1.0$

Współczynnik siły aerodynamicznej: $c_f = 1.8$

Powierzchnia odniesienia: $A_{ref} = b \cdot h = 3.4\text{m} \cdot 4.0\text{m} = 13.6\text{m}^2$

Obciążenie charakterystyczne

Podstawowa bazowa prędkość wiatru: $v_{b,o} = 24.310\text{ m/s}$

Intensywność turbulencji: $I_v = 0.253$

Współczynnik chropowatości: $c_r = 0.795$

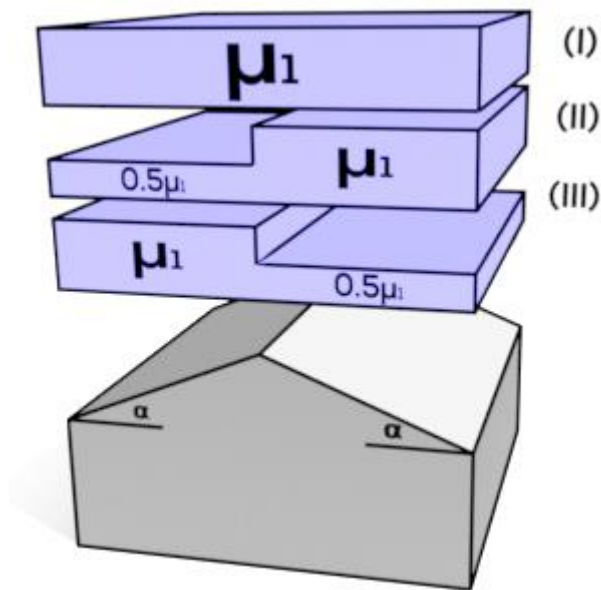
Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru: $q_p = (1 + 7 \cdot I_v) \cdot 0.5 \cdot \rho \cdot (c_r \cdot c_o \cdot c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,o})^2$

$$q_p = (1 + 7 \cdot 0.253) \cdot 0.5 \cdot 1.25 \cdot (0.795 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 1.00 \cdot 24.310)^2 = 0.648\text{kPa}$$

Wartość oddziaływania: $s = c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p \cdot A_{ref} = 1.00 \cdot 1.8 \cdot 0.648 \cdot 13.60 = 15.85\text{ kN}$

Do dalszych obliczeń przyjęto: $15.85/4 = 3.96\text{ kN}$

Obciążenie śniegiem



Typ: Obciążenie śniegiem

Opis: Dach dwuspadowy, Obciążenie równomierne

Współczynniki normowe: $+ \gamma = 1.50$; $\Psi_0 = 0.50$; $\Psi_1 = 0.20$; $\Psi_2 = 0.20$

$\alpha_1 = 25.0^\circ$

Parametry obciążenia

Wybrana kategoria: Dach dwuspadowy

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu (wg. tablicy NB.1) dla strefy: 5

$$s_k = 2.0 = 2.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Współczynnik termiczny $\rightarrow C_t = 1.0$ (dach o niskim współczynniku przenikania ciepła)

Współczynnik ekspozycji $\rightarrow C_e = 1.0$ (teren: z umiarkowanymi przeszkodami)

Warunki lokalizacyjne: normalne (przypadek A)

Sytuacja obliczeniowa: trwała/przejściowa $\rightarrow C_{esl} = 1.0$

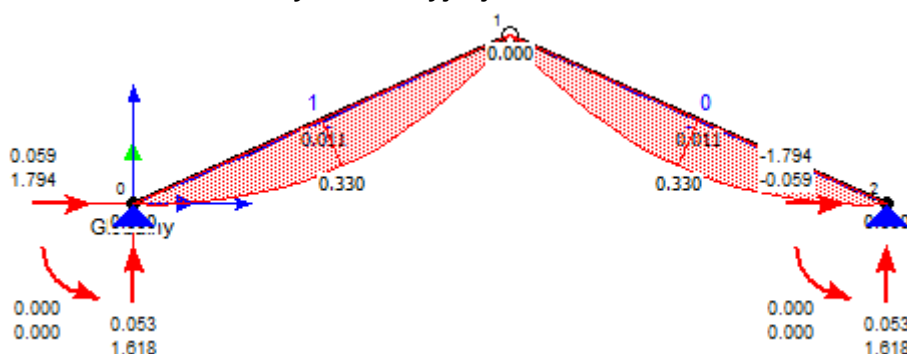
Obciążenie charakterystyczne

Przypadek obciążenia: Obciążenie równomierne

$$\text{Wartość obciążenia charakterystycznego: } s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot C_{esl} \cdot s_k = 0.800 \cdot 1.00 \cdot 1.000 \cdot 1.00 \cdot 2.000 = 1.600 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Do dalszych obliczeń przyjęto: $1.6 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,8\text{m} \cdot 4,1\text{m}/2 = 2.62 \text{ kN}$

3.2. Krokwie tablicy informacyjnej



Informacje o elemencie

Profil: Krokiew tablicy (C 24)

Wyniki szczegółowe**Parametry materiałowe**

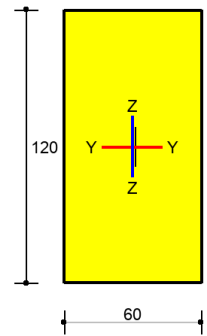
Klasa użytkowania konstrukcji: 3

$$\rightarrow k_{\text{mod}} = 0.5$$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Stałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$$\begin{aligned} f_{m,k} &= 24.0 \text{ MPa} & f_{t,0,k} &= 14.0 \text{ MPa} & f_{t,90,k} &= 0.4 \text{ MPa} \\ f_{c,0,k} &= 21.0 \text{ MPa} & f_{c,90,k} &= 2.5 \text{ MPa} & f_{v,k} &= 4.0 \text{ MPa} \\ E_{0,\text{mean}} &= 11.0 \text{ GPa} & E_{0,05} &= 7.4 \text{ GPa} & E_{90,\text{mean}} &= 0.37 \text{ GPa} \\ G_{\text{mean}} &= 0.69 \text{ GPa} & G_{0,05} &= E_{0,05}/E_{0,\text{mean}} \cdot G_{\text{mean}} = 0.46 \text{ GPa} \\ \rho_k &= 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} & \rho_{\text{mean}} &= 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

**Ściskanie (13.7 %)**Pole przekroju: $A_{\text{brutto}} = 72.0 \text{ cm}^2$, $A_d = A_n = 72.0 \text{ cm}^2$

Długości wyoboczeniowe dla wyoboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y: $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 1.788 = 1.788 \text{ m}$ - w płaszczyźnie Z-Z: $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 1.788 = 1.788 \text{ m}$

Wpływ wyoboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{178.8}{3.464} = 51.6, \quad \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{178.8}{1.732} = 103.2$$

$$\sigma_{c,\text{crit},y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 51.6^2 = 27.4$$

$$\sigma_{c,\text{crit},z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 103.2^2 = 6.9$$

$$\lambda_{\text{rel},y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,\text{crit},y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{27.4}} = 0.875$$

$$\lambda_{\text{rel},z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,\text{crit},z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{6.9}} = 1.751$$

$$k_y = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},y} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},y}^2] = 0.5 [1 + 0.2(0.875 - 0.3) + 0.875^2] = 0.941$$

$$k_z = 0.5 [1 + \beta_c (\lambda_{\text{rel},z} - 0.3) + \lambda_{\text{rel},z}^2] = 0.5 [1 + 0.2(1.751 - 0.3) + 1.751^2] = 2.177$$

$$k_{c,y} = \min \left[1 / \left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel},y}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (0.941 + \sqrt{0.941^2 - 0.875^2}), 1.0 \right] = 0.778$$

$$k_{c,z} = \min \left[1 / \left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{\text{rel},z}^2} \right), 1.0 \right] = \min \left[1 / (2.177 + \sqrt{2.177^2 - 1.751^2}), 1.0 \right] = 0.288$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 0.288$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{2.3 \cdot 10^3}{0.288 \cdot 72.0 \cdot 10^2} = 1.11 \text{ MPa} < 8.1 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

Ścinanie (14.9 %)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{0.7 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 72.0 \cdot 10^2} = 0.23 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

$$\tau_{d,y} = 1.5 \frac{T_y}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{0.0 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 72.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

Ścinanie wypadkowe

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{d,z}^2 + \tau_{d,y}^2} = \sqrt{0.23^2 + 0.00^2} = 0.23 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{\text{mod}}}{\gamma_M}$$

Zginanie (23.7 %)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.3 \cdot 10^5}{144.0 \cdot 10^2} = 2.29 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{72.0 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y}f_{m,k}k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z}f_{m,k}k_{mod}} = \frac{2.29}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.24 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y}f_{m,k}k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z}f_{m,k}k_{mod}} = 0.7 \frac{2.29}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 1.79 + 2 \cdot 0.12 = 2.03m,$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78b^2}{hl_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 60.0^2}{120.0 \cdot 2028.1} 7400.0 = 85.4MPa,$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y}f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.046 \cdot 24.0}{85.4}} = 0.542,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 2.29MPa < 9.65MPa = k_{crit} \frac{k_{mod}k_{h,y}f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.5 \cdot 1.046 \cdot 24.0}{1.3}$$

Zginanie ze ściskaniem (28.3 %)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{2.0 \cdot 1e3}{72.0 \cdot 1e2} = 0.27MPa$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.3 \cdot 1e5}{144.0 \cdot 1e2} = 2.29MPa, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 1e5}{72.0 \cdot 1e2} = 0.00MPa$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 1.8 > 0.3 \rightarrow \text{należy uwzględnić wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k}k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y}f_{m,k}k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z}f_{m,k}k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.27}{0.78 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{2.29}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.28 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k}k_{mod}}{\gamma_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y}f_{m,k}k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z}f_{m,k}k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.27}{0.29 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{2.29}{\frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.201 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.28 < 1.0$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \frac{f_{m,k}k_{mod}}{\gamma_M}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k}k_{mod}}{\gamma_M}} = \left(\frac{2.29}{1.00 \frac{1.046 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.27}{0.29 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.17 < 1.0$$

Ugięcia (16.3 %)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.1mm \text{ obc. stałe: } (0,1,5,)$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.8mm \text{ obc. zm: } (4,)$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0mm \text{ obc. zm (część stała): } (S4,)$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 1.0mm$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) = -0.0mm \text{ obc. stałe: } (0,1,5,)$$

$$u_{y,fin,Q} = u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} \psi_{0,i} u_{y,inst,Qi} = -0.0mm \text{ obc. zm: } (4,)$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} k_{def} \psi_{2,i} u_{y,inst,Qi} = 0.0mm \text{ obc. zm (część stała): } (S4,)$$

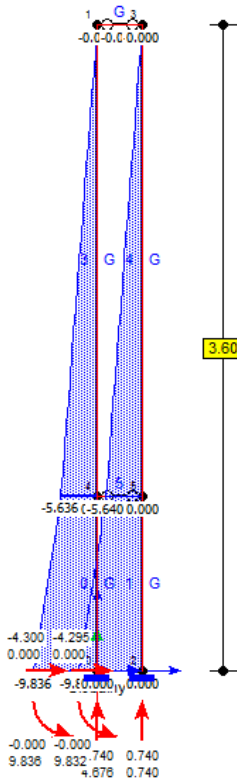
$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0mm$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 1.0mm < 6.0mm = u_{lim,net}$$

* - obciążenie boczne

3.3. Słupy tablicy informacyjnej



Informacje o elemencie

Profil: Słup tablicy – drewno (C24)

Wyniki szczegółowe

Parametry materiałowe

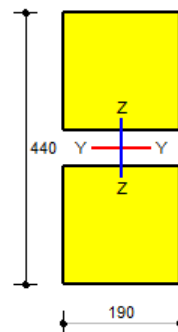
Klasa użytkowania konstrukcji: 3

→ $k_{mod} = 0.5$

Klasa trwania obciążenia dla SGN: Stałe

Wartości charakterystyczne właściwości materiału (C 24):

$f_{m,k} = 24.0 \text{ MPa}$	$f_{t,0,k} = 14.0 \text{ MPa}$	$f_{t,90,k} =$
0.4 MPa		
$f_{c,0,k} = 21.0 \text{ MPa}$	$f_{c,90,k} = 2.5 \text{ MPa}$	$f_{v,k} = 4.0 \text{ MPa}$
$E_{0,mean} = 11.0 \text{ GPa}$	$E_{0,05} = 7.4 \text{ GPa}$	$E_{90,mean} = 0.37 \text{ GPa}$
$G_{mean} = 0.69 \text{ GPa}$	$G_{0,05} = E_{0,05}/E_{0,mean} \cdot G_{mean} = 0.46 \text{ GPa}$	
$\rho_k = 350.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\rho_{mean} = 420.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	



Ściskanie (1.5 %)

Pole przekroju: $A_{brutto} = 361.0 \text{ cm}^2$, $A_d = A_n = 361.0 \text{ cm}^2$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach osi głównych przekroju:

- w płaszczyźnie Y-Y: $l_{c,y} = \mu_y l_y = 1.000 \cdot 0.976 = 0.976 \text{ m}$

- w płaszczyźnie Z-Z: $l_{c,z} = \mu_z l_z = 1.000 \cdot 0.976 = 0.976 \text{ m}$

Wpływ wyboczenia:

$$\lambda_y = \frac{l_{c,y}}{i_y} = \frac{97.6}{5.485} = 17.8, \lambda_z = \frac{l_{c,z}}{i_z} = \frac{97.6}{5.485} = 17.8$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 17.8^2 = 230.7$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = \pi^2 \cdot 7400.0 / 17.8^2 = 230.7$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.0}{230.7}} = 0.302$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit,z}}} = \sqrt{\frac{21.0}{230.7}} = 0.302$$

$$k_y = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.302 - 0.3) + 0.302^2] = 0.546$$

$$k_z = 0.5[1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda_{rel,z}^2] = 0.5[1 + 0.2(0.302 - 0.3) + 0.302^2] = 0.546$$

$$k_{c,y} = \min\left[1/\left(k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.546 + \sqrt{0.546^2 - 0.302^2}), 1.0\right] = 1.000$$

$$k_{c,z} = \min\left[1/\left(k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}\right), 1.0\right] = \min\left[1/(0.546 + \sqrt{0.546^2 - 0.302^2}), 1.0\right] = 1.000$$

$$k_c = \min(k_{c,y}, k_{c,z}) = 1.000$$

Nośność elementu przy ściskaniu równoległym do włókien:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{k_c A_d} = \frac{4.5 \cdot 10^3}{1.000 \cdot 361.0 \cdot 10^2} = 0.12 \text{ MPa} < 8.1 \text{ MPa} = \frac{21.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Ścinanie (17.3 %)

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

$$\tau_{d,z} = 1.5 \frac{T_z}{k_{cr} A} = 1.5 \frac{4.3 \cdot 10^3}{0.67 \cdot 361.0 \cdot 10^2} = 0.27 \text{ MPa} < 1.54 \text{ MPa} = \frac{4.0 \cdot 0.50}{1.3} = \frac{f_{v,k} k_{mod}}{\gamma_M}$$

Zginanie (93.2 %)

Naprężenia od momentów zginających:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9.8 \cdot 10^5}{1143.2 \cdot 10^2} = 8.60 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1143.2 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Nośność elementu przy zginaniu:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = \frac{8.60}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.93 < 1.0$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} = 0.7 \frac{8.60}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.65 < 1.0$$

Dla belki wolnopodpartej ze stałym momentem oraz obciążenia przyłożonego do krawędzi ściskanej przyjęto, że długość obliczeniowa wynosi:

$$l_{ef} = 1.000 \cdot 0.98 + 2 \cdot 0.19 = 1.36 \text{ m},$$

a naprężenia krytyczne, smukłość porównawcza oraz współczynnik zwichrzenia odpowiednio:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0.78 b^2}{h l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0.78 \cdot 190.0^2}{190.0 \cdot 1356.0} 7400.0 = 808.8 \text{ MPa},$$

$$\lambda_{m,rel} = \sqrt{\frac{k_{h,y} f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{1.000 \cdot 24.0}{808.8}} = 0.172,$$

$$k_{crit} = 1.000.$$

Stateczność elementu przy zginaniu:

$$\sigma_{m,d} = 8.60 \text{ MPa} < 9.23 \text{ MPa} = k_{crit} \frac{k_{mod} k_{h,y} f_{m,k}}{\gamma_M} = 1.000 \frac{0.5 \cdot 1.000 \cdot 24.0}{1.3}$$

Zginanie ze ściskaniem (93.4 %)

Naprężenia od siły podłużnej oraz momentów zginających:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = \frac{0.6 \cdot 10^3}{361.0 \cdot 10^2} = 0.02 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{9.8 \cdot 10^5}{1143.2 \cdot 10^2} = 8.60 \text{ MPa}, \quad \sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.0 \cdot 10^5}{1143.2 \cdot 10^2} = 0.00 \text{ MPa}$$

Określenie wpływu wyboczenia:

$$\lambda_{rel,max} = 0.3 < 0.3 \rightarrow \text{można pominąć wpływ wyboczenia}$$

Nośność elementu przy zginaniu i ściskaniu:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.02}{\frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{8.60}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.93 < 1.0$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{h,y} f_{m,k} k_{mod}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{k_{h,z} f_{m,k} k_{mod}} < 1.0$$

$$\frac{0.02}{\frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} + 0.7 \frac{8.60}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} + \frac{0.00}{\frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.65 < 1.0$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,k} k_{mod}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \frac{f_{c,0,k} k_{mod}}{\gamma_M}} = \left(\frac{8.60}{1.00 \frac{1.000 \cdot 24.0 \cdot 0.5}{1.3}} \right)^2 + \frac{0.02}{1.00 \frac{21.0 \cdot 0.5}{1.3}} = 0.87 < 1.0$$

Ugięcia (27.3 %)

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu:

$$u_{z,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. stałe: } (0,1,5,)$$

$$u_{z,fin,Q} = (u_{z,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.9 \text{ mm obc. zm: } (3,)$$

$$u_{z,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{z,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } (S3,)$$

$$u_{z,fin} = u_{z,fin,G} + u_{z,fin,Q} + u_{z,fin,QS} = 0.9 \text{ mm}$$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu:

$$u_{y,fin,G} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Gi} (1 + k_{def}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. stałe: } (0,1,5,)$$

$$u_{y,fin,Q} = (u_{y,inst,Q1} + \sum_{i=2..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{0,i}) \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = -0.0 \text{ mm obc. zm: } (3,)$$

$$u_{y,fin,QS} = \sum_{i=1..n} u_{y,inst,Qi} \psi_{2,i} k_{def} \left[1 + 19.2 \left(\frac{h}{L} \right)^2 \right] = 0.0 \text{ mm obc. zm (część stała): } (S3,)$$

$$u_{y,fin} = u_{y,fin,G} + u_{y,fin,Q} + u_{y,fin,QS} = -0.0 \text{ mm}$$

Przemieszczenie wypadkowe prostopadłe do osi pręta:

$$u_{fin} = \sqrt{u_{z,fin}^2 + u_{y,fin}^2} = 0.9 \text{ mm} < 3.3 \text{ mm} = u_{lim,net}$$

* - obciążenie boczne

KONIEC OBLICZEŃ.