

1. Wstępne założenia

- Wysokość uskoku $H_u := 2.70\text{m}$
- Grunt rodzimy: Głina pył w stanie twardoplastycznym $I_L := 0.18$
- Grunt zasypowy: Kruszywo zagęszczane warstwami $I_D := 0.9$
- Długość odcinka ściany oporowej $L_c := 6\text{m}$
- Lokalizacja: Skawina $D_{\min} := 1.3\text{m}$
- Wysokość całkowita konstrukcji $H_c := H_u + D_{\min} \quad H_c = 4\text{m}$

1.1 Wymiary ściany oporowej

- Grubość płyty oporowej $w_a := 40\text{cm}$
- Grubość podstawy ściany oporowej $w_e := 40\text{cm}$
- Wysokość ściany oporowej $w_c := H_c - w_e = 3.6\text{m} \quad w_c = 3.6\text{m}$
- Szerokość podstawy przed ścianą oporową $w_f := 50\text{cm}$
- Szerokość podstawy za ścianą oporową $w_g := 250\text{cm}$

1.2 Parametry geotechniczne gruntu

- Grunt zasypowy - Kruszywo zagęszczane warstwami $I_D = 0.9$

$$\begin{aligned} \phi_{n_1} &:= 41\text{deg} & \phi_{r_1} &:= 0.9 \cdot \phi_{n_1} & \phi_{r_1} &= 36.9 \cdot \text{deg} \\ c_{n_1} &:= 0\text{kPa} & c_{r_1} &:= c_{n_1} \cdot 0.6 & c_{r_1} &= 0 \cdot \text{kPa} \\ \gamma_{n_1} &:= 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_{r_{\min_1}} &:= 0.9 \cdot \gamma_{n_1} & \gamma_{r_{\min_1}} &= 18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_{r_{\max_1}} &:= 1.1 \cdot \gamma_{n_1} & \gamma_{r_{\max_1}} &= 22 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

- Grunt pod fundamentem - glina piaszczysta skonsolidowana w stanie plastycznym $I_L = 0.18$

$$\begin{aligned} \phi_{n_2} &:= 15.1\text{deg} & \phi_{r_2} &:= 0.9 \cdot \phi_{n_2} & \phi_{r_2} &= 13.59 \cdot \text{deg} \\ c_{n_2} &:= 17.8\text{kPa} & c_{r_2} &:= c_{n_2} \cdot 0.9 & c_{r_2} &= 16.02 \cdot \text{kPa} \\ \gamma_{n_2} &:= 18.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_{r_{\min_2}} &:= 0.9 \cdot \gamma_{n_2} & \gamma_{r_{\min_2}} &= 16.65 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} & \gamma_{r_{\max_2}} &:= 1.1 \cdot \gamma_{n_2} & \gamma_{r_{\max_2}} &= 20.35 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

- Współczynniki nośności podłoża:

$$N_D := e^{\pi \cdot \tan(\phi_{r_2})} \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_{r_2}}{2}\right)^2 \quad N_D = 3.45$$

$$N_C := (N_D - 1) \cdot \cot(\phi_{r_2}) \quad N_C = 10.13$$

$$N_B := 0.75 \cdot (N_D - 1) \cdot \tan(\phi_{r_2}) \quad N_B = 0.44$$

2. Stateczność ściany oporowej

- Ciężar własny i obciążenie od naziomu

Ciężar objętościowy żelbetu:

$$\gamma_z := 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Przyjęto obciążenie naziomu samochodami ciężarowymi ciężkimi o ciężarze bez ładunku 80kN i z ładunkiem 150kN.

Obciążenie naziomu
równomiernie rozłożone

$$q_{\text{naziomu}} := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Obciążenie tylnych osi

$$P_V := 120 \text{kN}$$

Siła pozioma od hamowania

$$P_{kH} := 0.15 \cdot P_V = 18 \cdot \text{kN}$$

$$G_{n_1} := w_c \cdot w_a \cdot \gamma_z$$

$$G_{n_2} := (w_f + w_a + w_g) \cdot w_e \cdot \gamma_z$$

$$G_{n_3} := w_g \cdot w_c \cdot \gamma_{n_1}$$

$$\gamma_{\min} := \begin{pmatrix} 0.9 \\ 0.9 \\ 0.8 \end{pmatrix}$$

$$\gamma_{\max} := \begin{pmatrix} 1.1 \\ 1.1 \\ 1.2 \end{pmatrix}$$

$$G_{r.\max} := \overrightarrow{(G_n \cdot \gamma_{\max})}$$

$$G_{r.\min} := \overrightarrow{(G_n \cdot \gamma_{\min})}$$

$$G_n = \begin{pmatrix} 36 \\ 34 \\ 180 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{r.\min} = \begin{pmatrix} 32.4 \\ 30.6 \\ 144 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{r.\max} = \begin{pmatrix} 39.6 \\ 37.4 \\ 216 \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

- Parcie gruntu na konstrukcję

Współczynnik parcia granicznego

$$K_a := \tan\left(45\text{deg} - \frac{\phi_{n_1}}{2}\right)^2 \quad K_a = 0.21$$

Wysokość zastępcza uwzględniająca wpływ spójności gruntu $h_c := 0$

Jednostkowe parcie graniczne gruntu

$$er(z) := \left(\gamma_{n_1} \cdot z + \frac{P_V}{2m \cdot 2m}\right) \cdot K_a$$

$$z_1 := h_c = 0 \quad er(z_1) = 6.23 \cdot \text{kPa}$$

$$z_2 := H_c = 4 \text{ m} \quad er(z_2) = 22.85 \cdot \text{kPa}$$

Wypadkowa parcie granicznego

$$E_{an} := \frac{er(z_1) + er(z_2)}{2} \cdot z_2 + \frac{P_{kH}}{2m} \quad E_{an} = 67.15 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$\gamma_{f1} := 1.2$$

$$\gamma_{f2} := 1.0$$

$$E_{ar} := \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f2} \cdot E_{an} \quad E_{ar} = 80.58 \cdot \frac{kN}{m}$$

Ramię siły parcia granicznego (bez siły od hamowania)

$$h_E := \frac{z_2 - h_c}{3} \cdot \frac{2 \cdot er(z_1) + er(z_2)}{er(z_1) + er(z_2)} \quad h_E = 1.62 \text{ m}$$

Siła pozioma od hamowania pojazdu

$$P_{kH} = 18 \cdot kN$$

$$H_c = 4 \text{ m}$$

• **Nośność podłoża bezpośrednio pod podstawą fundamentu**

Wymiary podstawy:

$$B := w_a + w_g + w_f = 3.4 \text{ m} \quad L := L_c = 6 \text{ m}$$

Suma obciążeń pionowych

$$N_R := \sum_{i=1}^3 G_{r,max_i} \cdot L + P_V \quad N_R = 1878 \cdot kN$$

Suma momentów względem punktu S

$$ee_1 := \frac{B}{2} - \frac{w_a}{2} - w_f \quad ee_2 := 0 \text{ m} \quad ee_3 := \frac{w_g}{2} - \frac{B}{2} \quad ee = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -0.45 \end{pmatrix} \text{ m}$$

$$M_{Rs} := \sum_{i=1}^3 \left(G_{r,max_i} \cdot ee_i \cdot L_c \right) + E_{ar} \cdot h_E \cdot L_c + P_V \cdot \left(\frac{B}{2} - w_a - w_f \right) + P_{kH} \cdot H_c \quad M_{Rs} = 605.2 \cdot kNm$$

Mimośród od obciążenia

$$e_B := \frac{M_{Rs}}{N_R} \quad e_B = 0.32 \text{ m} \quad \frac{B}{6} = 0.57 \text{ m} \quad e_B < \frac{B}{6} = 1$$

Wymiary zredukowane

$$B' := B - |2e_B| \quad B' = 2.76 \text{ m} \quad L' := L \quad L' = 6 \text{ m}$$

Współczynniki wpływu nachylenia wypadkowej

$$\delta_B := \text{atan} \left(\frac{E_{ar} \cdot L + P_{kH}}{N_R} \right) \quad \delta_B = 14.95 \text{ deg} \quad \tan(\delta_B) = 0.27 \quad \tan(\phi_{r2}) = 0.24 \quad \frac{\tan(\delta_B)}{\tan(\phi_{r2})} = 1.1$$

$$\Delta := \frac{\tan(\delta_B)}{1 + \frac{c_{r2}}{N_R \cdot \frac{\tan(\phi_{r2})}{B \cdot L}}} = 0.16$$

$$i_D := (1 - \Delta)^2 = 0.71$$

$$i_B := (1 - \Delta)^3 = 0.6$$

$$i_C := i_D - \frac{1 - i_D}{N_C \cdot \tan(\phi_{r2})} = 0.6$$

$$\gamma_{Br} := \gamma_{r_{min2}} = 16.65 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\gamma_{Dr} := \gamma_{r_{min1}} = 18 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{fNB} := L \cdot B' \cdot \left[\left(1 + 0.3 \cdot \frac{B'}{L'} \right) \cdot N_C \cdot c_{r2} \cdot i_C + \left(1 + 1.5 \cdot \frac{B'}{L'} \right) N_D \cdot \gamma_{Dr} \cdot D_{min} \cdot i_D + \left(1 - 0.25 \cdot \frac{B'}{L'} \right) \cdot N_B \cdot \gamma_{Br} \cdot B' \cdot i_B \right]$$

$$Q_{fNB} = 3610.39 \cdot \text{kN}$$

$$m := 0.9 \cdot 0.9$$

$$m = 0.81$$

$$m \cdot Q_{fNB} = 2924.42 \cdot \text{kN}$$

$$N_R = 1878 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_R}{m \cdot Q_{fNB}} = 0.64$$

if($m \cdot Q_{fNB} > N_R$, "OK", "Przekroczona nośność podłoża") = "OK"

• Przesunięcie ściany

Współczynnik korekcyjny ($q > 10 \text{ kPa}$) $m_t := 0.9$

Współczynnik tarcia (beton - grunt) $\mu := 0.3$

Siła przesuwająca $Q_t := E_{ar} \cdot L_c + P_{kH}$ $Q_t = 501.5 \cdot \text{kN}$

• Przesunięcie ściany w poziomie posadowienia fundamentu

Siła przeciwdziałająca przesunięciu

$$Q_{tf} := \sum_{i=1}^3 \left[\left(G_{r_{min_i}} \cdot \mu \right) \cdot L_c \right] + 0.5 \cdot c_{r2} \cdot B \cdot L_c + P_V \cdot \mu$$

$$Q_{tf} = 572 \cdot \text{kN}$$

if($m_t \cdot Q_{tf} > Q_t$, "Ok", "Ścięcie na styku beton-grunt") = "Ok"

$$m_t \cdot Q_{tf} = 514.8 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{Q_t}{m_t \cdot Q_{tf}} = 0.97$$

- Przesunięcie ściany w podłożu

Siła przeciwdziałająca przesunięciu

$$Q_{tf} := \sum_{i=1}^3 \left[\left(G_{r.\min_i} \cdot \tan(\phi_{r_2}) \right) \cdot L_c \right] + c_{r_2} \cdot B \cdot L_c + P_V \cdot \tan(\phi_{r_2}) \quad Q_{tf} = 656.06 \cdot \text{kN}$$

$$\text{if}(m_t \cdot Q_{tf} > Q_t, \text{"Ok"}, \text{"Ścięcie w gruncie"}) = \text{"Ok"}$$

$$m_t \cdot Q_{tf} = 590.45 \cdot \text{kN} \quad \frac{Q_t}{m_t \cdot Q_{tf}} = 0.85$$

- Obrót względem krawędzi podstawy

$$\text{Współczynnik korekcyjny} \quad m_o := 0.9$$

$$\text{Moment obracający} \quad M_{or} := E_{ar} \cdot h_E \cdot L_c + P_{kH} \cdot H_c \quad M_{or} = 854.8 \cdot \text{kNm}$$

Moment utrzymujący

$$ee_1 := w_f + \frac{w_a}{2} \quad ee_2 := \frac{B}{2} \quad ee_3 := w_f + w_a + \frac{w_g}{2}$$

$$M_u := \sum_{i=1}^3 \left[\left(G_{r.\min_i} \cdot ee_i \right) \cdot L_c + P_V \cdot ee_1 \right] \quad M_u = 2557.8 \cdot \text{kNm}$$

$$\text{if}(m_o \cdot M_u > M_{or}, \text{"Ok"}, \text{"Obrót ściany"}) = \text{"Ok"}$$

$$m_o \cdot M_u = 2302.02 \cdot \text{kNm} \quad \frac{M_{or}}{m_o \cdot M_u} = 0.37$$

3. Wymiarowanie zbrojenia.

Klasa ekspozycji XA1 - Środowisko chemiczne średnio agresywne	$c_{\min} := 30\text{mm}$	$\Delta := 10\text{mm}$			
Beton B30	$f_{cd} := 16.7\text{MPa}$	$f_{ctm} := 2.6\text{MPa}$	$f_{ctd} := 1.2\text{MPa}$	$f_{ck} := 25\text{MPa}$	$f_{bd} := 2.7\text{MPa}$
Stal A-III 34GS	$f_{yd} := 350\text{MPa}$	$f_{yk} := 410\text{MPa}$	$\xi_{\text{eff.lim}} := 0.53$		
$c_{\text{nom}} := c_{\min} + \Delta$	$c_{\text{nom}} = 40\cdot\text{mm}$				

- **Geometria**

Wysokość płyty: $h_f := w_a = 40\cdot\text{cm}$ $h_f = 40\cdot\text{cm}$

Szerokość płyty: $b := L_c$

- **Statyka ściany oporowej.**

Moment zginający $M_1 := E_{ar} \cdot h_E \cdot L_c + P_{kH} \cdot w_c = 847.6\cdot\text{kNm}$

- **Zbrojenie pionowe od strony naziomu**

$M_{Sd} := M_1$ $M_{Sd} = 847.6\cdot\text{kNm}$ $\phi := 16\text{mm}$

$a_1 := \frac{\phi}{2} + c_{\text{nom}}$ $a_1 = 48\cdot\text{mm}$ $d := h_f - a_1$ $d = 352\cdot\text{mm}$

$S_{cc.\text{eff}} := \frac{M_{Sd}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = 0.07$ $\xi_{\text{eff}} := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot S_{cc.\text{eff}}} = 0.07$

if($\xi_{\text{eff}} \leq \xi_{\text{eff.lim}}$, "Pojedynczo zbrojony", "Podwójnie zbrojony") = "Pojedynczo zbrojony"

$A_{s1} := \xi_{\text{eff}} \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$ $A_{s1} = 71.32\cdot\text{cm}^2$

Przekrój jest zginany: $k_c := 0.4$ $A_{ct} := 0.5 \cdot b \cdot h_f$ $A_{ct} = 1.2 \times 10^4 \cdot \text{cm}^2$

Odształcenia wywołane przyczynami wewnętrznymi $k := 0.8$

$f_{ct.\text{eff}} := f_{ctm}$ $\sigma_{s.\text{lim}} := 280\text{MPa}$

$A_{s.\text{min}1} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 34.82\cdot\text{cm}^2$ $A_{s.\text{min}2} := 0.0013 \cdot b \cdot d = 27.46\cdot\text{cm}^2$

$A_{s.\text{min}3} := k_c \cdot k \cdot f_{ct.\text{eff}} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_{s.\text{lim}}} = 35.66\cdot\text{cm}^2$

$A_{s.\text{min}} := \max(A_{s.\text{min}1}, A_{s.\text{min}2}, A_{s.\text{min}3})$ $A_{s.\text{min}} = 35.66\cdot\text{cm}^2$

Zastosowano pręty $\phi = 16\cdot\text{mm}$ co $l_1 := 15\text{cm}$

$A_{s1.\text{prov}} := \frac{b}{l_1} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \right) = 80.42\cdot\text{cm}^2$

if($A_{s1.\text{prov}} > \max(A_{s.\text{min}}, A_{s1})$, "OK", "Za mały przekrój zbrojenia") = "OK"

Przyjęto zbrojenie prętami #16 co 15cm. Zbrojenie rozdzielcze #12 co 20cm.