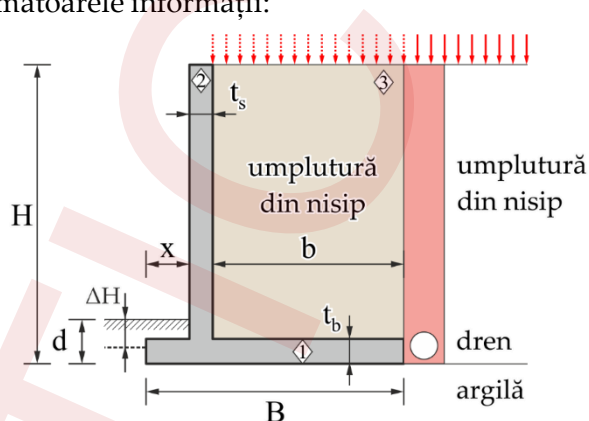


Să se verifice dimensiunile zidului de sprijin de rezistență folosind metoda coeficienților parțiali de siguranță (SR EN 1997-1:2004), ținând cont de următoarele informații:

❑ Caracteristici zid

- $H = 3,0\text{m}$ – înălțimea zidului
- $B = 2,7\text{m}$ – lățimea fundației
- $t_s = 0,25\text{m}$ – grosimea elevației
- $t_b = 0,30\text{m}$ – grosimea tăpii fundației
- $b = 1,95\text{m}$ – lățimea consolei posterioare
- $x = 0,50\text{m}$ – lățimea consolei anterioare
- $\Delta H = 0,30\text{m}$ – abatere dimensională
- $d = 0,50\text{m}$ – adâncimea de fundare
- $\gamma_{ck} = 25 \text{ kN/m}^3$ – greutatea specifică a betonului



❑ Caracteristici umplutură din nisip

- $\gamma_k = 18 \text{ kN/m}^3$ – valoarea caracteristică a greutății volumice
- $\phi'_{k} = 36^\circ$ – valoarea caracteristică a unghiului de frecare interioară
- $c'_{k} = 0 \text{ kPa}$ – valoarea caracteristică a coeziunii

❑ Caracteristici teren de fundare (argilă)

- $\gamma_{k,f} = 22 \text{ kN/m}^3$ - valoare de calcul a greutății volumice
- $c_{u,f} = 45 \text{ kPa}$ – valoarea caracteristică a coeziunii nedrenate
- $\phi'_{k,f} = 26^\circ$ – valoarea caracteristică a unghiului de frecare interioară
- $\phi'_{cv,f} = 20^\circ$ – valoarea caracteristică a unghiului de frecare zid-pământ
- $c'_{k,f} = 5 \text{ kPa}$ – valoarea caracteristică a coeziunii

Pasul 1. Evaluarea acțiunilor caracteristice

❑ Parametri geometrici

- abaterea dimensională (excavarea suplimentară)

$$\Delta H = \min(0,1H; 0,5 \text{ m}) = \min(0,1 \cdot 3,00; 0,5) = 0,30 \text{ m}$$

- înălțimea de calcul a excavației

$$H_d = H + \Delta H = 3,00 + 0,30 = 3,30 \text{ m}$$

- lățimea consolei posterioare

$$b = B - t_s - x = 2,70 - 0,25 - 0,50 = 1,95$$

❑ Acțiuni verticale cu valori caracteristice și momente (efecte ale acțiunilor) generate de greutatea proprie a zidului de sprijin

- greutatea fundației

$$W_{Gk1} = \gamma_{ck} \cdot B \cdot t_b = 25 \cdot 2,70 \cdot 0,30 = 20,3 \text{ kN/ml}$$

- greutatea elevației

$$W_{Gk2} = \gamma_{ck} \cdot (H + d - t_b) \cdot t_s = 25 \cdot (3,00 + 0,50 - 0,30) \cdot 0,25 = 20 \text{ kN/ml}$$

- greutatea umpluturii de pe consola posterioară

$$W_{Gk3} = \gamma_k \cdot b \cdot (H + d - t_b) = 18 \cdot 1,95 \cdot (2,70 - 0,50 - 0,30) = 112,3 \text{ kN/ml}$$

- greutatea totală

$$W_{Gk} = \sum W_{Gki} = W_{Gk1} + W_{Gk2} + W_{Gk3} = 152,6 \text{ kN/ml}$$

Pasul 2. Evaluarea acțiunilor de calcul pentru A1C1, conform EC7

□ **Proprietățile materialului**

- factorii parțiali pentru material M1: $\gamma_\phi = 1,00$; $\gamma_c = 1,00$; $\gamma_{cu} = 1,00$

A. Condiții nedrenate

- unghiul de frecare internă de calcul a umpluturii

$$\phi_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\phi_k)}{\gamma_\phi} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 36^\circ}{1,00} \right) = 36^\circ$$

- coeziunea de calcul efectivă a umpluturii

$$c'_d = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{0}{1,00} = 0 \text{ kPa}$$

- rezistența de calcul la forfecare în condiții nedrenate a argilei

$$c'_{ud,f} = \frac{c'_{ud,f}}{\gamma_{cu}} = \frac{45}{1,00} = 45 \text{ kPa}$$

- lățimea consolei posterioare pentru starea Rankine

$$b_{min} = (H + d) \cdot \left(45^\circ - \frac{\phi_d}{2} \right) = (3,00 + 0,50) \cdot \left(45^\circ - \frac{36^\circ}{2} \right) = 1,78 \text{ m}$$

B. Condiții drenate

- unghiul de frecare internă de calcul al argilei efectiv

$$\phi'_{d,f} = \tan^{-1} \left(\frac{\tan(\phi'_{k,f})}{\gamma_\phi} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\tan 26^\circ}{1,00} \right) = 26^\circ$$

- coeziunea efectivă de calcul a argilei

$$c'_{d,f} = \frac{c'_{k,f}}{\gamma_c} = \frac{5}{1,00} = 5 \text{ kPa}$$

- conform SR EN 1997-1 Anexa Națională permite ca $\phi_{cv,d}$ să poată fi selectat direct. Pentru aceasta se recomandă a se folosi valoarea cea mai mică dintre ϕ_d și $\phi_{cv,k}$

$$\phi_{cv,d,f} = \min(\phi_{d,f}, \phi_{cv,k,f}) = 20^\circ$$

- pentru betonul turnat la fața locului $k = 1$ și

$$\delta_{d,f} = k \cdot \phi_{cv,d,f} = 1 \cdot 20^\circ = 20^\circ$$

□ **Efectele acțiunilor**

- factorii parțiali A1: $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$; $\gamma_{G,fav} = 1,00$

- încărcarea verticală de calcul la talpa fundației

- nefavorabilă (pentru capacitate portantă)

$$V_d = \gamma_G \cdot W_{Gk} + \gamma_Q \cdot Q_{Qk} = 1,35 \cdot 152,6 + 1,50 \cdot 22 = 239 \text{ kN/ml}$$

- favorabilă (pentru lunecare pe talpă)

$$V_{d,fav} = \gamma_{G,fav} \cdot W_{Gk} = 1,00 \cdot 152,6 = 152,6 \text{ kN/ml}$$

- coeficientul de împingerii active pentru umplutură

$$K_a = \frac{1 - \sin(\phi_d)}{1 + \sin(\phi_d)} = \frac{1 - \sin 36^\circ}{1 + \sin 36^\circ} = 0,26$$

□ **Efectele acțiunilor (continuare)**

- împingerea pământului de calcul pe planul virtual și momentele destabilizatoare de calcul - din greutate proprie

$$P_{ad1} = \left[\frac{\gamma_G \cdot K_a \cdot \gamma_k \cdot (H + d)^2}{2} \right] = \left[\frac{1,35 \cdot 0,26 \cdot 18 \cdot (2,70 + 0,50)^2}{2} \right] = 32,3 \text{ kN/ml}$$

$$M_{d1} = P_{ad1} \cdot \left(\frac{H + d}{2} \right) = 32,3 \cdot \left(\frac{2,70 + 0,50}{2} \right) = 51,7 \text{ kNm/ml}$$

- din suprasarcină

$$P_{ad2} = [\gamma_Q \cdot K_a \cdot q_{Qk} \cdot (H + d)] = [1,50 \cdot 0,26 \cdot 10 \cdot (2,70 + 0,50)] = 12,5 \text{ kN/ml}$$

$$M_{d2} = P_{ad2} \cdot \left(\frac{H + d}{2} \right) = 12,5 \cdot \left(\frac{2,70 + 0,50}{2} \right) = 20 \text{ kNm/ml}$$

- forța orizontală de calcul din împingerea pământului

$$H_{Ed} = \sum P_{adi} = P_{ad1} + P_{ad2} = 32,3 + 12,5 = 44,8 \text{ kN/ml}$$

- momentul total de calcul destabilizator

$$M_{Ed,dst} = \sum M_{di} = M_{d1} + M_{d2} = 51,7 + 20 = 71,7 \text{ kNm/ml}$$

□ **Rezistența terenului de fundare**

- factorii parțiali de siguranță R1: $\gamma_{Rh} = 1,00$; $\gamma_{Rv} = 1,00$
- rezistența de calcul la alunecare în condiții nedrenate

$$H_{Rd} = \left(\frac{c_{ud,f} \cdot B}{\gamma_{Rh}} \right) = \left(\frac{45 \cdot 2,7}{1,00} \right) = 121,5 \text{ kN/ml}$$

- rezistența de calcul la alunecare în condiții drenate (ignorând adeziunea, așa cum este cerut de EN 1997-1)

$$H_{Rd} = \left(\frac{V_{d,fav} \cdot \tan(\delta_{d,f dn})}{\gamma_{Rh}} \right) = \left(\frac{152,6 \cdot \tan 20}{1,00} \right) = 55,5 \text{ kN/ml}$$

□ **Capacitatea portantă în condiții nedrenate**

- momentul de calcul stabilizator din greutate proprie și suprasarcină

$$M_{Ed,stab} = \gamma_G \cdot M_{Ek,stab} + \gamma_Q \cdot Q_{Qk} \cdot \frac{B + x}{2} = 1,35 \cdot 233,6 + 1,50 \cdot 22 \cdot \frac{2,7 + 0,5}{2} = 368,1 \text{ kNm/ml}$$

- excentricitatea încărcării

$$e_B = \left(\frac{B}{2} - \frac{M_{Ed,stab} - M_{Ed,dst}}{V_d} \right) = \left(\frac{2,7}{2} - \frac{368,1 - 68,9}{239} \right) = 0,1 \text{ m}$$

- încărcarea verticală este în interiorul sâmburelui central

$$e_B \leq \frac{B}{6} = 0,45$$

- lățimea efectivă

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 2,7 - 2 \cdot 0,1 = 2,50 \text{ m}$$

$$A' = B' = 2,50 \text{ m}^2/\text{ml}$$

- suprasarcina totală la nivelul tălpii fundației

$$\sigma_{vk,b} = \gamma_{k,f} \cdot (d - \Delta H) = 22 \cdot (0,5 - 0,3) = 4,4 \text{ kPa}$$

- factorul de înclinare

$$i_c = \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{H_{Ed}}{A' \cdot c_{ud,f}}} \right) \right] = \left[\frac{1}{2} \left(\sqrt{1 - \frac{68,9}{2,5 \cdot 45}} \right) \right] = 0,87$$

- capacitatea portantă a terenului de fundare

$$q_{ult} = [(\pi + 2) \cdot c_{ud,f} \cdot i_c + \sigma_{vk,b}] = [(\pi + 2) \cdot 45 \cdot 0,87 + 4,4] = 204,8 \text{ kPa}$$

- valoarea de calcul a capacității portante

$$q_{Rd} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{Rv}} = \frac{204,8}{1,00} = 204,8 \text{ kPa}$$

□ **Capacitatea portantă în condiții drenate**

- factorul de capacitate portantă în condiții drenate

$$N_q = \left[e^{\pi \cdot \tan(\phi_{d,f})} \left(\tan \left(45 + \frac{\phi_{d,f}}{2} \right) \right)^2 \right] = \left[e^{\pi \cdot \tan 26} \left(\tan \left(45 + \frac{26}{2} \right) \right)^2 \right] = 11,9$$

$$N_c = [(N_q - 1) \cdot \cot(\phi_{d,f})] = [(11,9 - 1) \cdot \cot 26] = 22,3$$

$$N_\gamma = [2(N_q - 1) \cdot \tan(\phi_{d,f})] = [2 \cdot (11,9 - 1) \cdot \tan 26] = 10,59$$

- factorii de înclinare în condiții drenate (pentru lungimea efectivă $L' = \infty$)

$$m_B = \frac{\left(2 + \frac{B'}{L'} \right)}{\left(1 + \frac{B'}{L'} \right)} = 2$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_{Ed}}{V_d + A' \cdot c'_{d,f} \cdot \cot(\phi_{d,f \text{ dn}})} \right]^{m_B} = \left[1 - \frac{52,3}{239 + 2,5 \cdot 5 \cdot \cot 26} \right]^2 = 0,64$$

$$i_c = \left[i_q - \frac{(1 - i_q)}{V_d + A' \cdot c'_{d,f} \cdot \cot(\phi_{d,f \text{ dn}})} \right]^{m_B} = \left[0,64 - \frac{1 - 0,64}{239 + 2,5 \cdot 5 \cdot \cot 26} \right]^2 = 0,61$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_{Ed}}{V_d + A' \cdot c'_{d,f} \cdot \cot(\phi_{d,f \text{ dn}})} \right]^{m_B + 1} = \left[1 - \frac{52,3}{239 + 2,5 \cdot 5 \cdot \cot 26} \right]^{2+1} = 0,52$$

- suprasarcina efectivă la nivelul tălpii fundației

$$\sigma'_{vk,f} = \gamma_{k,f} \cdot (d - \Delta H) = 22 \cdot (0,5 - 0,3) = 4,4 \text{ kPa}$$

- capacitatea portantă din contribuțiile:

- suprasarcinii

$$q_{ult1} = (N_q \cdot i_q \cdot \sigma'_{vk,f}) = (11,9 \cdot 0,64 \cdot 4,4) = 33,6 \text{ kPa}$$

- coeziunii

$$q_{ult2} = (N_c \cdot i_c \cdot c'_{d,f}) = (22,3 \cdot 0,61 \cdot 5) = 68 \text{ kPa}$$

- greutateii proprii a pământului

$$q_{ult3} = \left[N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \left(\gamma_{k,f \text{ dn}} - \gamma_W \cdot \frac{B'}{2} \right) \right] = \left[10,59 \cdot 0,52 \cdot \left(22 - 9,81 \cdot \frac{2,5}{2} \right) \right] = 83,5 \text{ kPa}$$

- capacitatea portantă totală a terenului de fundare

$$q_{ult} = \sum q_{ulti} = q_{ult1} + q_{ult2} + q_{ult3} = 33,6 + 68 + 83,5 = 185,1 \text{ kPa}$$

- valoarea de calcul a capacității portante

$$q_{Rd} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{Rv}} = \frac{185,1}{1,00} = 185,1 \text{ kPa}$$

□ **Rezistența la răsturnare în condiții nedrenate și în condiții drenate**

- valoarea caracteristică a momentului stabilizator (în care se ignoră contribuția suprasarcinii care este favorabilă)

- momentul de la baza elevației

$$M_{k1} = W_{Gk,1} \cdot \frac{B}{2} = 27,3 \cdot \frac{2,7}{2} = 27,3 \text{ kNm/ml}$$

- momentul generat de greutatea elevației zidului de sprijin

$$M_{k2} = W_{Gk2} \cdot \left(\frac{t_s}{2} + x \right) = 20 \cdot \left(\frac{0,25}{2} + 0,5 \right) = 12,5 \text{ kNm/ml}$$

- momentul generat de greutatea umpluturii

$$M_{k3} = W_{Gk3} \cdot \left(\frac{b}{2} + t_s + x \right) = 112,3 \cdot \left(\frac{1,95}{2} + 0,25 + 0,50 \right) = 193,8 \text{ kNm/ml}$$

$$M_{Ek,stab} = \sum M_k = M_{k1} + M_{k2} + M_{k3} = 27,3 + 12,5 + 193,8 = 233,6 \text{ kNm/ml}$$

- momentul de stabilitate de calcul numai din greutate proprie

$$M_{Ed,stab} = \gamma_{G,fav} \cdot M_{Ek,stab} = 1 \cdot 233,6 = 233,6 \text{ kNm/ml}$$

Pasul 3. Verificări SLU-GEO (stări limită ultime de tip geotehnic)

□ **Verificarea la lunecare în condiții nedrenate**

$$\Lambda_{GEO1} = \frac{H_{Ed}}{H_{Rd}} = \frac{52,3}{121,5} = 43 \% \text{ (verificat!)}$$

□ **Verificarea la lunecare în condiții drenate**

$$\Lambda_{GEO1} = \frac{H_{Ed}}{H_{Rd}} = \frac{52,3}{55,5} = 94 \% \text{ (verificat!)}$$

□ **Verificarea la răsturnare**

$$\Lambda_{GEO2} = \frac{M_{Ed,dst}}{M_{Rd,stab}} = \frac{68,9}{233,6} = 30 \% \text{ (verificat!)}$$

□ **Verificarea la capacitate portantă în condiții nedrenate**

- presiunea de calcul

$$q_{Ed} = \frac{V_d}{B'} = \frac{239}{2,5} = 95,4 \text{ kPa}$$

- capacitatea portantă în condiții nedrenate

$$q_{Rd} = 204,8 \text{ kPa}$$

- gradul de utilizare

$$\Lambda_{GEO3} = \frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} = \frac{95,4}{204,8} = 47\%$$

□ **Verificarea la capacitate portantă în condiții drenate**

- presiunea de calcul

$$q_{Ed} = 95,4 \text{ kPa}$$

- capacitatea portantă în condiții drenate

$$q_{Rd} = 185,1 \text{ kPa}$$

- gradul de utilizare

$$\Lambda_{GEO3} = \frac{q_{Ed}}{q_{Rd}} = \frac{95,4}{185,1} = 52 \%$$

Pasul 4. Se repetă pașii 2 și 3 pentru A1C2, ținând cont de factorii de siguranță parțiali corespunzători, obținându-se următoarele valori ale gradului de utilizare:

- Verificarea la alunecare în condiții nedrenate

$$\Lambda_{\text{GEO1}} = \frac{H_{\text{Ed}}}{H_{\text{Rd}}} = \frac{51,6}{86,8} = 59 \% \text{ (verificat !)}$$

- Verificarea la alunecare în condiții drenate

$$\Lambda_{\text{GEO1}} = \frac{H_{\text{Ed}}}{H_{\text{Rd}}} = \frac{51,6}{55,5} = 93 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la răsturnare

$$\Lambda_{\text{GEO2}} = \frac{M_{\text{Ed,dst}}}{M_{\text{Rd,stb}}} = \frac{69}{233,6} = 30 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la capacitate portantă în condiții nedrenate

$$\Lambda_{\text{GEO3}} = \frac{q_{\text{Ed}}}{q_{\text{Rd}}} = \frac{78}{133} = 59 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la capacitate portantă în condiții drenate

$$\Lambda_{\text{GEO3}} = \frac{q_{\text{Ed}}}{q_{\text{Rd}}} = \frac{78}{78,8} = 99 \% \text{ (verificat!)}$$

Pasul 5. Se repetă pașii 2 și 3 pentru A3, ținând cont de factorii de siguranță parțiali corespunzători, obținându-se următoarele valori ale gradului de utilizare:

- Verificarea la alunecare în condiții nedrenate

$$\Lambda_{\text{GEO1}} = \frac{H_{\text{Ed}}}{H_{\text{Rd}}} = \frac{51,6}{86,8} = 59 \% \text{ (verificat !)}$$

- Verificarea la alunecare în condiții drenate

$$\Lambda_{\text{GEO1}} = \frac{H_{\text{Ed}}}{H_{\text{Rd}}} = \frac{51,6}{55,5} = 93 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la răsturnare

$$\Lambda_{\text{GEO2}} = \frac{M_{\text{Ed,dst}}}{M_{\text{Rd,stb}}} = \frac{69}{233,6} = 30 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la capacitate portantă în condiții nedrenate

$$\Lambda_{\text{GEO3}} = \frac{q_{\text{Ed}}}{q_{\text{Rd}}} = \frac{85,5}{132,8} = 64 \% \text{ (verificat!)}$$

- Verificarea la capacitate portantă în condiții drenate

$$\Lambda_{\text{GEO3}} = \frac{q_{\text{Ed}}}{q_{\text{Rd}}} = \frac{85,5}{83,9} = 102 \% \text{ (nu se verifică!)}$$