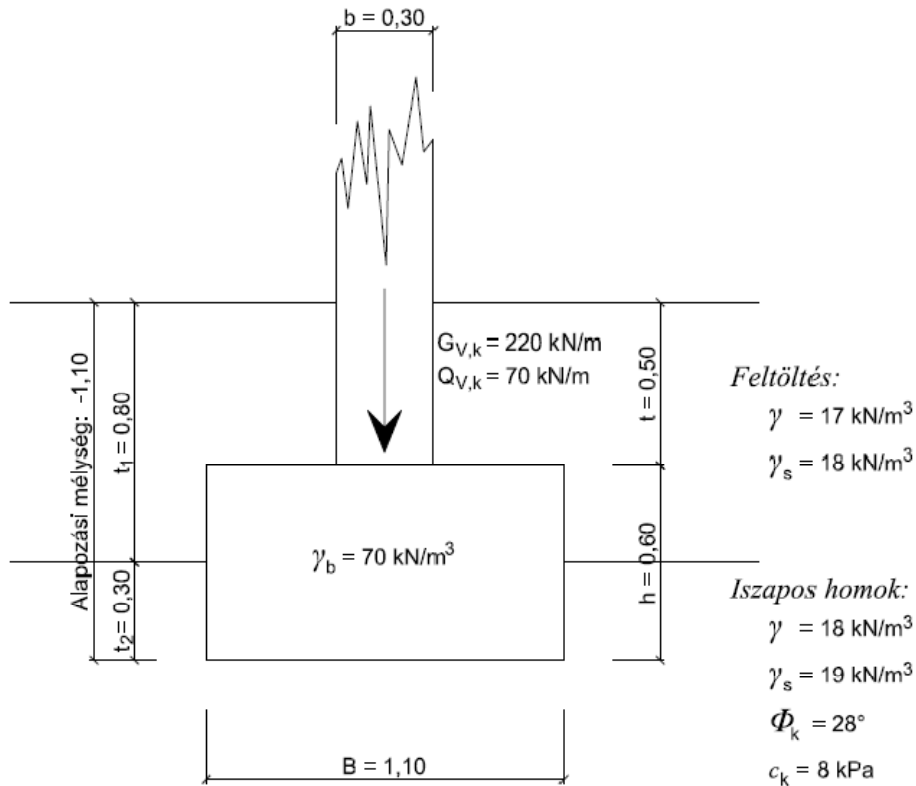


1. példa

Ellenőrizzük az alábbi ábrán látható sávalap teherbírását! (központos, függőleges teher; vízszintes alapsík és térszín; mélyen fekvő talajvíz)



Az alaptest súlya folyóméterenként:

$$G_a = B \cdot h \cdot \gamma_b = 1,10\text{m} \cdot 0,60\text{m} \cdot 25,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 16,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Az alaptest feletti föld súlya folyóméterenként:

$$G_f = (B - b) \cdot t \cdot \gamma_{felt,n} = (1,10\text{m} - 0,30\text{m}) \cdot 0,50\text{m} \cdot 17,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 6,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Az alpra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke folyóméterre:

$$V_k = G_{V,k} + G_a + G_f + Q_{V,k} = \left(220,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 16,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 6,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) = 313 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Az alpra jutó függőleges erő tervezési értéke folyóméterre:

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_G \cdot (G_{V,k} + G_a + G_f) + \gamma_Q \cdot Q_{V,k} = \\ &= 1,35 \cdot \left(220,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 16,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 6,8 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) + 1,50 \cdot \left(70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) = 433 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Az alap talajtörési ellenállása:

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B = 1,10\text{m}$$

Az alap dolgozó hossza:

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

Teherbírás tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi'} \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{\pi \cdot \text{tg} 28^\circ} \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{28^\circ}{2} \right) = 14,72$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi' = 2(14,72 - 1) \cdot \operatorname{tg} 28^\circ = 14,59$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg} \varphi' = (14,72 - 1) \cdot \operatorname{ctg} 28^\circ = 25,80$$

Alaki tényezők (téglalap alakú alaptest esete):

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'}\right) \cdot \sin \varphi' = 1 + \left(\frac{1,10\text{m}}{\infty \text{m}}\right) \cdot \sin 28^\circ = 1,0$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right) = 1 - 0,3 \cdot \left(\frac{1,10\text{m}}{\infty \text{m}}\right) = 1,0$$

$$s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(1,0 \cdot 14,72 - 1)}{14,72 - 1} = 1,0$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$\text{Az eredő erő függőleges, így } i_q = i_c = i_j = 1,0$$

Az alap ferdeségi tényezői:

$$\text{Az alap alsó síkja vízszintes, így } b_q = b_c = 1,0$$

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \sum t_i \gamma_i = 0,80\text{m} \cdot 17 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} + 0,30\text{m} \cdot 18 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Az alap alatti hatékony térfogsúly:

$$\text{A talajvíz nem játszik szerepet, így } \gamma' = \gamma = 18,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke folyóméterre:

$$\begin{aligned} R_k &= B' \cdot (c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = \\ &= 1,10\text{m} \cdot (8,0\text{kPa} \cdot 25,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 19,0\text{kPa} \cdot 14,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + \\ &\quad + 0,5 \cdot 18,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 14,59 \cdot 1,10\text{m} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 693,60 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \end{aligned}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke folyóméterre:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{693,60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{1,40} = 495,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Ellenőrzés:

$$V_d = 433 \frac{\text{kN}}{\text{m}} < R_d = 495,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}, \text{ Megfelel}$$

A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{693,60 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{313 \frac{\text{kN}}{\text{m}}} = 2,21$$

2. példa

Ellenőrizzük az 1. feladatban megadott sávalap teherbírását, ha a karakterisztikus talajvízszint az alapozási sík alatt 1,3 méterre van!

Talajvízszint tervezési értéke:

$$GWL_k = FL + t_{w,k} = 1,10\text{m} + 1,30\text{m} = 2,40\text{m}$$

$$GWL_d = GWL_k - \Delta a = 2,40\text{m} - 0,50\text{m} = 1,90\text{m}$$

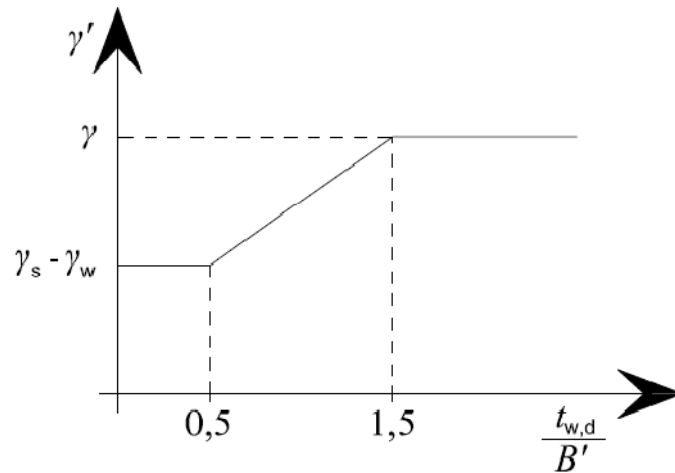
Talajvízszint alapsík alatti tervezési mélysége:

$$t_{w,d} = GWL_d - FL = 1,90\text{m} - 1,10\text{m} = 0,80\text{m}$$

γ' az alapsík alatti talaj hatékony térfogsúlyának tervezési értékét jelenti az Eurocode 7 szerint, ami valójában a csúszólapok által közrezárt talaj hatékony térfogsúlya. Ennek megfelelően egy

átmenetet kell képezni a teljesen telített állapot és a talajvízmentes állapot (vagyis a talajvízszintünk tervezési értéke és a csúszólap legmélyebb pontja alatt van) között.

A tervezési gyakorlat alapján az előbbieket figyelembe véve az alábbi eljárás használata ajánlott (2. ábra).



2. ábra. Alapsík alatti talaj hatékony térfogatsúlyának számítása

Három eset lehetséges:

- Ha $t_{w,d} < 0,5 \cdot B'$, akkor $\gamma' = \gamma_s - \gamma_w$
- Ha $0,5 \cdot B' < t_{w,d} < 1,5 \cdot B'$, akkor $\gamma' = (\gamma_s - \gamma_w) + (\gamma - (\gamma_s - \gamma_w)) \cdot \left(\frac{t_{w,d}}{B'} - 0,5\right)$
- Ha $1,5 \cdot B' < t_{w,d}$, akkor $\gamma' = \gamma$

Az első feladat és a második csak abban különböznek egymástól, hogy γ' értéke csökken.

Alapsík alatti talaj hatékony térfogatsúlya:

$$\frac{t_{w,d}}{B'} = \frac{0,80m}{1,10m} = 0,73$$

$$\begin{aligned} \gamma' &= (\gamma_s - \gamma_w) + (\gamma - (\gamma_s - \gamma_w)) \cdot \left(\frac{t_{w,d}}{B'} - 0,5\right) = \\ &= \left(19 \frac{kN}{m^3} - 10 \frac{kN}{m^3}\right) + \left(18 \frac{kN}{m^3} - \left(19 \frac{kN}{m^3} - 10 \frac{kN}{m^3}\right)\right) \cdot (0,73 - 0,50) = 11,05 \frac{kN}{m^3} \end{aligned}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= B' \cdot (c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = \\ &= 1,10m \cdot (8,0kPa \cdot 25,80 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 19,0kPa \cdot 14,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + \\ &\quad + 0,5 \cdot 11,05 \frac{kN}{m^3} \cdot 14,59 \cdot 1,10m \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 632,21 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{632,21 \frac{kN}{m}}{1,40} = 451,58 \frac{kN}{m}$$

Ellenőrzés:

$$V_d = 433 \frac{kN}{m} < R_d = 451,58 \frac{kN}{m}, \text{ Megfelel}$$

A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{632,21 \frac{kN}{m}}{313 \frac{kN}{m}} = 2,02$$

3. példa

Ellenőrizzük az 1. feladatban megadott sávalap teherbírását, ha a talajvízszint tervezési értéke a feltöltés és az iszapos homok réteghatárán van!

Figyelembe kell venni, az alaptestre ható felhajtóerőt:

$$F_f = B \cdot h_v \cdot \gamma_w = 1,10m \cdot 0,30m \cdot 10 \frac{kN}{m^3} = 3,30 \frac{kN}{m}$$

Ennek hatására, az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} V_k &= G_{V,k} + G_a + G_f - F_f + Q_{V,k} = \\ &= 220,0 \frac{kN}{m} + 16,5 \frac{kN}{m} + 6,6 \frac{kN}{m} - 3,3 \frac{kN}{m} + 70 \frac{kN}{m} = 310,0 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_G \cdot (G_{V,k} + G_a + G_f) + \gamma_Q \cdot Q_{V,k} = \\ &= 1,35 \cdot \left(220,0 \frac{kN}{m} + 16,5 \frac{kN}{m} + 6,6 \frac{kN}{m} - 3,3 \frac{kN}{m} \right) + 1,50 \cdot \left(70 \frac{kN}{m} \right) = 429 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

Az alap alatti talaj hatékony térfogatsúly:

$$t_{w,d} < 0,5 \cdot B', \text{ akkor } \gamma' = \gamma_s - \gamma_w = 19 \frac{kN}{m^3} - 10 \frac{kN}{m^3} = 9,0 \frac{kN}{m^3}$$

Mivel a talajvíz az alapozási sík felett van, így q' is változik:

$$q' = \sum t_i \gamma_i = 0,80m \cdot 17 \frac{kN}{m^3} + 0,30m \cdot \left(19 \frac{kN}{m^3} - 10 \frac{kN}{m^3} \right) = 16,3 \frac{kN}{m^2}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= B' \cdot (c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = \\ &= 1,10m \cdot (8,0kPa \cdot 25,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + 16,3kPa \cdot 14,72 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 + \\ &\quad + 0,5 \cdot 9,0 \frac{kN}{m^3} \cdot 1,10m \cdot 14,59 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0) = 570,44 \frac{kN}{m} \end{aligned}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{570,44 \frac{kN}{m}}{1,40} = 407,46 \frac{kN}{m}$$

Ellenőrzés:

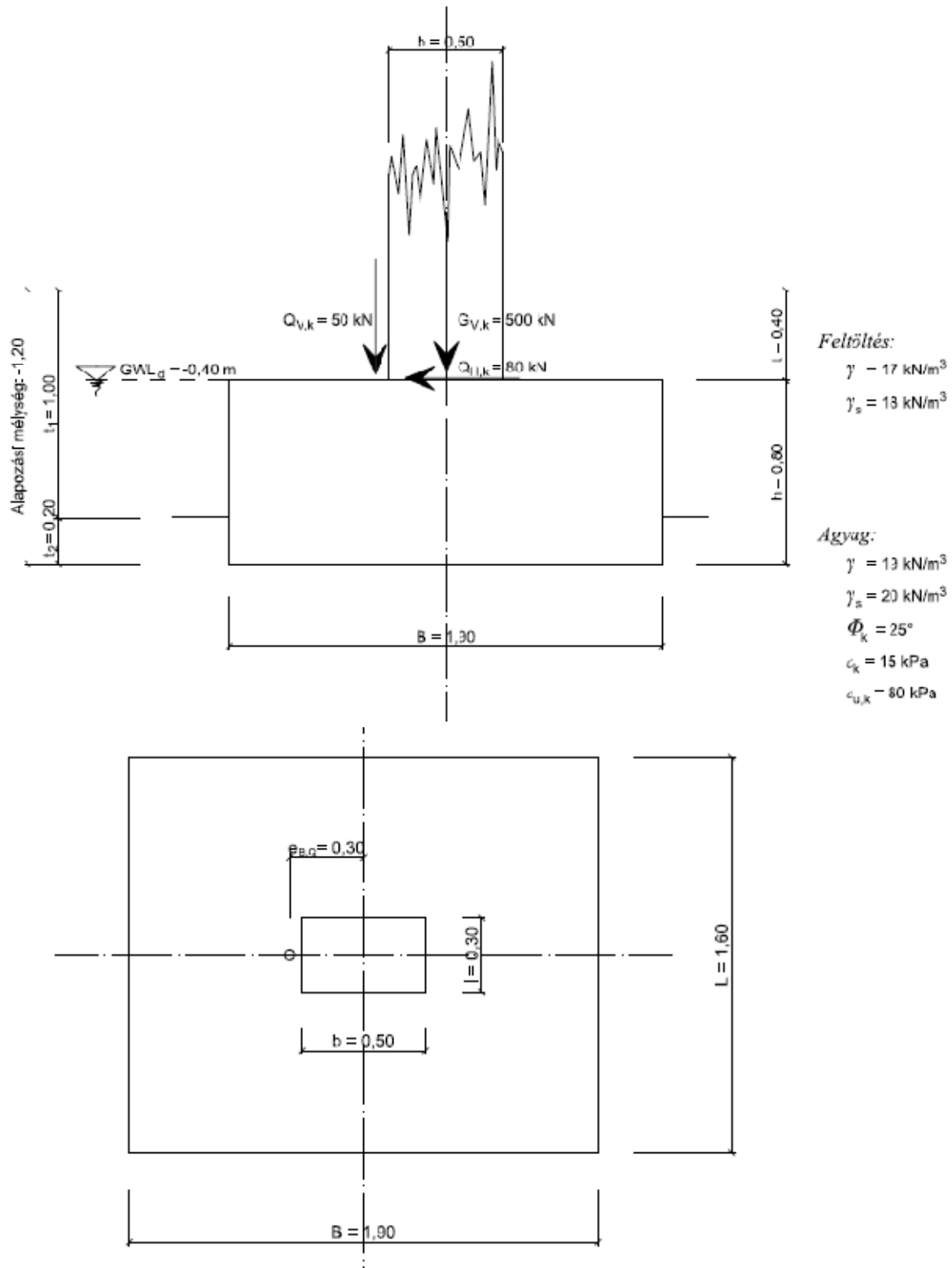
$$V_d = 429 \frac{kN}{m} > R_d = 407,46 \frac{kN}{m}, \text{ Nem felel meg}$$

A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{570,44 \frac{kN}{m}}{310,0 \frac{kN}{m}} = 1,84$$

4. példa

Ellenőrizzük az alábbi ábrán látható pontlap teherbírást drénezetlen és drénezett esetben!



a) Drénezetlen esetben

Az alaptest súlya:

$$G_a = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_b = 1,90 \text{ m} \cdot 1,60 \text{ m} \cdot 0,80 \text{ m} \cdot 25,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 60,8 \text{ kN}$$

Az alaptest feletti föld súlya:

$$G_f = (B \cdot L - b \cdot l) \cdot t \cdot \gamma_{f,elt,n} = \\ = (1,90m \cdot 1,60m - 0,50m \cdot 0,30m) \cdot 0,40m \cdot 17,0 \frac{kN}{m^3} = 19,65 kN$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$V_k = G_{V,k} + G_a + G_f + Q_{V,k} = (500kN + 60,8kN + 19,65kN + 50kN) = 630,45kN$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke

$$V_d = \gamma_G \cdot (G_{V,k} + G_a + G_f) + \gamma_Q \cdot Q_{V,k} = \\ = 1,35 \cdot (500kN + 60,8kN + 19,65kN) + 1,50 \cdot (50kN) = 858,61kN$$

Az alapra jutó vízszintes erő karakterisztikus értéke:

$$H_k = Q_{H,k} = 80kN$$

Az alapra jutó vízszintes erő tervezési értéke:

$$H_d = \gamma_Q \cdot Q_{H,k} = 1,50 \cdot 80kN = 120kN$$

Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{V,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{H,k} \cdot h}{V_k} = \frac{50kN \cdot 0,30m + 80kN \cdot 0,80m}{630,45kN} = 12,53cm$$

Az alap talajtörési ellenállása:

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,90m - 2 \cdot 0,125m = 1,65m$$

Az alap dolgozó hossza:

$$L' = L = 1,60m$$

Az alap dolgozó területe:

$$A' = B' \cdot L' = 1,65 \cdot 1,60 = 2,64 m^2$$

Alaki tényezők (téglalap alakú alaptest esete):

$$s_c = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{B'}{L'}\right) = 1 + 0,2 \cdot \left(\frac{1,65}{1,60}\right) = 1,21$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$i_c = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H_k}{A' c_{u,k}}} \right) = \frac{1}{2} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{80}{2,64 \cdot 80}} \right) = 0,89$$

Az alap ferdeségi tényezői:

Az alap alsó síkja vízszintes, így $b_c = 1,0$

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \sum t_i \gamma_i = 0,40m \cdot 17 \frac{kN}{m^3} + 0,60m \cdot 18 \frac{kN}{m^3} + 0,20m \cdot 20 \frac{kN}{m^3} = 21,6 \frac{kN}{m^2}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$R_k = A' \cdot ((\pi + 2) \cdot c_u \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q') = \\ = 2,64m^2 \cdot ((\pi + 2) \cdot 80kPa \cdot 1,0 \cdot 1,21 \cdot 0,89 + 21,6kPa) = 1227,57kN$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{1227,57}{1,40} = 876,84kN$$

Ellenőrzés:

$$V_d = 858,61kN < R_d = 876,84kN, \text{ Megfelel}$$

A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{1227,57kN}{630,45kN} = 1,95$$

b) Drénezett esetben

Az alaptestre ható felhajtóerő:

$$F_f = B \cdot L \cdot h \cdot \gamma_w = 1,90m \cdot 1,60m \cdot 0,80m \cdot 10,0 \frac{kN}{m^3} = 24,32 kN$$

Az alapra jutó függőleges erő karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} V_k &= G_{V,k} + G_a + G_f - F_f + Q_{V,k} = \\ &= (500kN + 60,8kN + 19,65kN - 24,32kN + 50kN) = 606,13kN \end{aligned}$$

Az alapra jutó függőleges erő tervezési értéke

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_G \cdot (G_{V,k} + G_a + G_f - F_f) + \gamma_Q \cdot Q_{V,k} = \\ &= 1,35 \cdot (500kN + 60,8kN + 19,65kN - 24,32kN) + 1,50 \cdot (50kN) = \\ &= 825,78kN \end{aligned}$$

Az eredő helye az alapsíkon:

$$e_{B,k} = \frac{M_{k,0}}{V_k} = \frac{Q_{V,k} \cdot e_{B,Q} + Q_{H,k} \cdot h}{V_k} = \frac{50kN \cdot 0,30m + 80kN \cdot 0,80m}{606,13kN} = 13,03cm$$

Az alap talajtörési ellenállása:

Az alap dolgozó szélessége:

$$B' = B - 2 \cdot e_{B,k} = 1,90m - 2 \cdot 0,13m = 1,64m$$

Az alap dolgozó hossza:

$$L' = L = 1,60m$$

Az alap dolgozó területe:

$$A' = B' \cdot L' = 1,65 \cdot 1,60 = 2,62 m^2$$

Teherbírási tényezők:

$$N_q = e^{\pi \cdot tg \varphi'} \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) = e^{\pi \cdot tg 25^\circ} \cdot tg^2 \left(45^\circ + \frac{25^\circ}{2} \right) = 10,66$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \cdot tg \varphi' = 2(10,66 - 1) \cdot tg 25^\circ = 9,01$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \varphi' = (10,66 - 1) \cdot ctg 25^\circ = 20,72$$

Alaki tényezők (téglalap alakú alaptest esete):

$$s_q = 1 + \left(\frac{B'}{L'} \right) \cdot \sin \varphi' = 1 + \left(\frac{1,64m}{1,60m} \right) \cdot \sin 25^\circ = 1,43$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right) = 1 - 0,3 \cdot \left(\frac{1,64m}{1,60m} \right) = 0,69$$

$$s_c = \frac{(s_q \cdot N_q - 1)}{N_q - 1} = \frac{(1,43 \cdot 10,66 - 1)}{10,66 - 1} = 1,48$$

A teher ferdeségi tényezői:

$$i_q = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c' \cdot ctg \varphi'} \right]^m = \left[1 - \frac{80}{606,13 + 2,62 \cdot 15 \cdot ctg 25^\circ} \right]^{1,49} = 0,83$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_k}{V_k + A' \cdot c' \cdot ctg \varphi'} \right]^{m+1} = \left[1 - \frac{80}{606,13 + 2,62 \cdot 15 \cdot ctg 25^\circ} \right]^{1,49+1} = 0,74$$

Mivel H a B' -vel párhuzamos:

$$m = m_B = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'} = \frac{2 + \frac{1,64}{1,60}}{1 + \frac{1,64}{1,60}} = 1,49$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \text{tg} \varphi'} = 0,83 - \frac{1 - 0,83}{20,72 \cdot \text{tg}(25^\circ)} = 0,82$$

Az alap ferdeségi tényezői:

Az alap alsó síkja vízszintes, így $b_q = b_c = 1,0$

Hatékony takarási feszültség:

$$q' = \sum t_i \gamma_i = 0,40m \cdot 17 \frac{kN}{m^3} + 0,60m \cdot 8 \frac{kN}{m^3} + 0,20m \cdot 10 \frac{kN}{m^3} = 13,6 \frac{kN}{m^2}$$

Az alap alatti hatékony térfogatsúly:

$$\text{Az alap víz alatt van, így } \gamma' = \gamma_{s, \text{altalaj}} - \gamma_w = 20,0 \frac{kN}{m^3} - 10,0 \frac{kN}{m^3} = 10,0 \frac{kN}{m^3}$$

A talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke:

$$\begin{aligned} R_k &= A' \cdot (c'_k \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot N_\gamma \cdot B' \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) = \\ &= 2,62 \text{ m}^2 \cdot (15,0kPa \cdot 20,72 \cdot 1,0 \cdot 1,48 \cdot 0,82 + \\ &+ 13,6kPa \cdot 10,66 \cdot 1,0 \cdot 1,43 \cdot 0,83 + \\ &+ 0,5 \cdot 10,0 \frac{kN}{m^3} \cdot 1,64m \cdot 9,01 \cdot 1,0 \cdot 0,69 \cdot 0,74) = 1533,52kN \end{aligned}$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{1533,52kN}{1,40} = 1095,38kN$$

Ellenőrzés:

$$V_d = 825,78kN < R_d = 1095,38kN, \text{ Megfelel}$$

A globális biztonság:

$$\frac{R_k}{V_k} = \frac{1533,52kN}{606,13kN} = 2,53$$