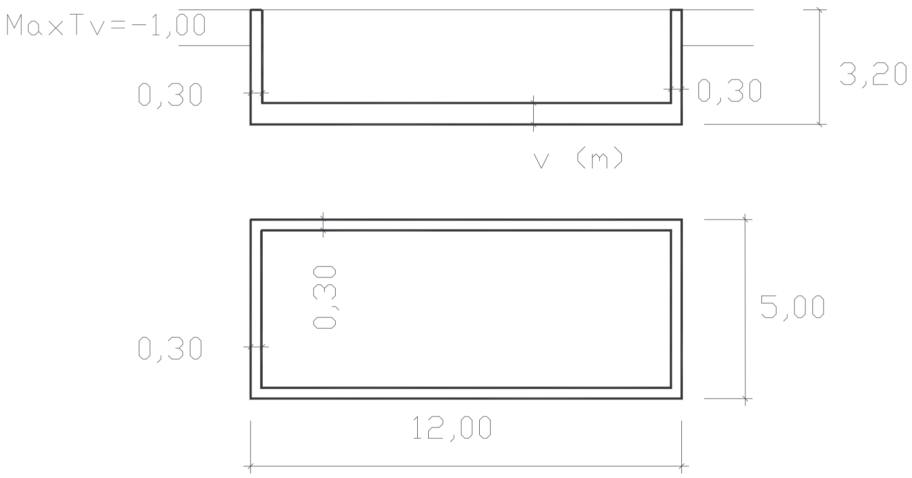
MINTAPÉLDÁK
Egyszerű földalatti műtárgyak vizsgálata
2008. március

1.) Egy téglalap alaprajzú medence oldalai 5,00 és 12,00 m. A medence alapsíkja a –3,2 m-en van. A talajvíz maximális szintje a talaj felszíne alatt 1,0 m mélyen (-1,00 m-en) található.
A medence falvastagsága 300 mm.

Milyen vastag legyen a medence alapja, hogy a műtárgy ne ússzon föl?

A vasbeton térfogatsúlya γ_{vb} = 25 kN/m^3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0,9 vagy 1,2.
A víz térfogatsúlya $\gamma_{víz}$ = 10 kN/m^3. A víznyomás biztonsági tényezője γ_W = 1,0.



A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A medencére működő felhajtó erő (destabilizáló hatás)

$E_{d,dst} = \gamma_{W} * V_{vízbemerülő} * \gamma_{víz}$ = 1,0 * (3,2 – 1,0) * 12,0 * 5,0 * 10 = 1320 kN

Leterhelő erő (stabilizáló hatás)

$E_{d,stb} = \gamma_{G,min} * V * \gamma_{vb}$ =
= 0,9 * { 12,0 * 5,0 * 3,20 – 11,4 * 4.4 * (3,2 – v) }25 = 708,5 + 1129 * v

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} \geq E_{d,dst}$

708,5 + 1129 * v ≥ 1320 kN

$$v \geq \frac{1320 - 708,5}{1129} = 0,542 \text{ m.}$$

Az alkalmazott vastagság v_{alk} = 0,55 m.

Az alkalmazott vastagság v_{alk} = 0,55 m esetén a leterhelő (stabilizáló) és a felhajtó (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{708,5 + 1129 * 0,55}{1320} = 1,00716 \geq 1,0$$

A „biztonsági tartalék” β = 1,00716 -1,0 = 0,00716 = 0,716 %

A „biztonsági tartalék” a medence alaplemez vastagságának a függvénye.

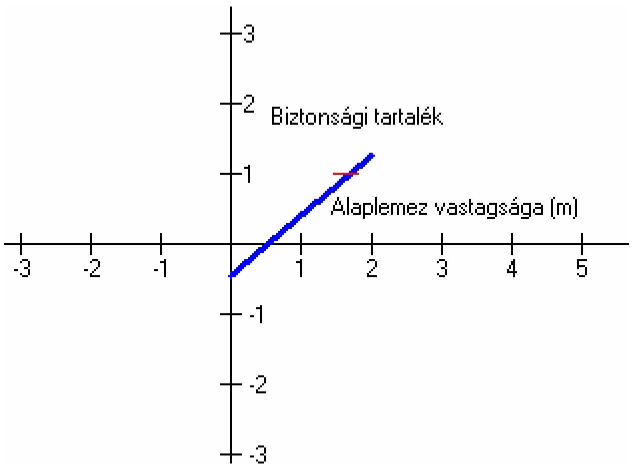
$$\beta = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} - 1 = \frac{E_{d,stb} - E_{d,dst}}{E_{d,dst}} =$$

$$= \frac{708,5 + 1129 * v_{alk} - 1320}{1320} = \frac{1129 * v_{alk} - 611,5}{1320} = 0,8553 * v_{alk} - 0,463258$$

A v_{alk} vastagság növelése a β biztonsági tartalék növekedését eredményezi.

v_{alk} = 0,6 m esetén β = 0,0499 = ~5 %

v_{alk} = 0,65 m esetén β = 0,0927 = ~9,275 %

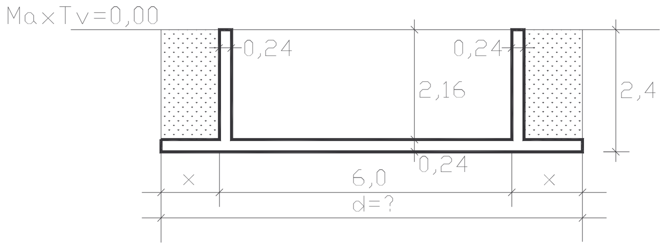


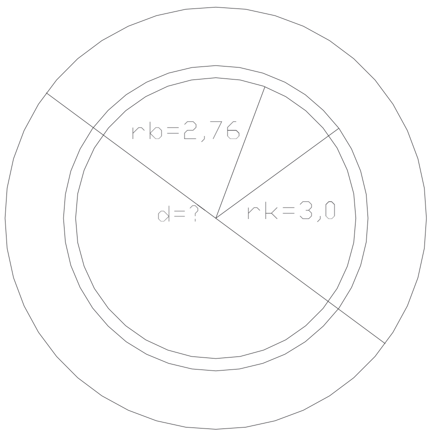
2.) A kör alaprajzú medence külső átmérője 6,0 m, a medence alapsíkja a –2,4 m-en van.
A talajvíz maximális szintje a talaj felszínén (0,00 m-en) található.
A medence fal és alaplemez vastagsága 240 mm.

Mekkora peremgyűrűt kell építeni a medence körül (x = ?) ahhoz, hogy az üres medence ne ússzon föl?

A vasbeton térfogatsúlya γ_{vb} = 25 kM/m^3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0,9 vagy 1,2.
A víz térfogatsúlya $\gamma_{víz}$ = 10 kN/m^3. A víznyomás biztonsági tényezője γ_W = 1,0.

Leterhelésként figyelembe lehet venni a peremgyűrű feletti föld súlyát is. A föld térfogatsúlya vízzel átitatott állapotban γ_{Tw} = 16 kN/m^3. A föld biztonsági tényezője γ_T = 0.85 vagy 1,3.





A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A medencére működő felhajtó erő (destabilizáló hatás)

$$E_{d,dst} = \gamma_W * V_{vízbemerülő} * \gamma_{víz} = 1,0 * \frac{d^2 * \pi}{4} * 2,4 * 10 = 18,85 * d^2$$

Leterhelő erő (stabilizáló hatás)

$$E_{d,stb} = \gamma_{G,min} * V_{vb} * \gamma_{vb} + \gamma_{T,min} * V_T * \gamma_{Tw} =$$

$$= 0,9 * (5,76 * \pi * 2,16 * 0,24 + 0,24 * \frac{d^2 * \pi}{4}) * 25 +$$

$$+ 0,85 * (\frac{d^2 * \pi}{4} - \frac{6^2 * \pi}{4}) * 2,16 * 16 =$$

$$= 211,1 + 4,24 * d^2 + 23,07 * d^2 – 830,6 = 27,31 * d^2 – 619,5$$

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} \geq E_{d,dst}$

$$27{,}31 * d^2 - 619{,}5 \geq 18{,}85 * d^2$$

$$d \geq \sqrt{\frac{619{,}5}{27{,}31 - 18{,}85}} = 8{,}56 \text{ m}$$

$$x = \frac{8{,}56 - 6}{2} = 1{,}28 \text{ m}$$

Az alkalmazott peremgyűrű szélessége x_{alk} = 1,30 m (d_{alk} = 8,6 m) esetén a leterhelő (stabilizáló) és a felhajtó (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{27{,}31 * d_{alk}^2 - 619{,}5}{18{,}85 * d_{alk}^2} = \frac{27{,}31 * 8{,}6^2 - 619{,}5}{18{,}85 * 8{,}6^2} = 1{,}00445 \geq 1{,}0$$

A „biztonsági tartalék” β = 1,00445 -1,0 = 0,00445 = 0,445 %

A „biztonsági tartalék” a medence peremgyűrű szélességének (x_{alk}) illetve az alaplemez átmérőjének (d_{alk} = 6 + 2 * x_{alk}) a függvénye.

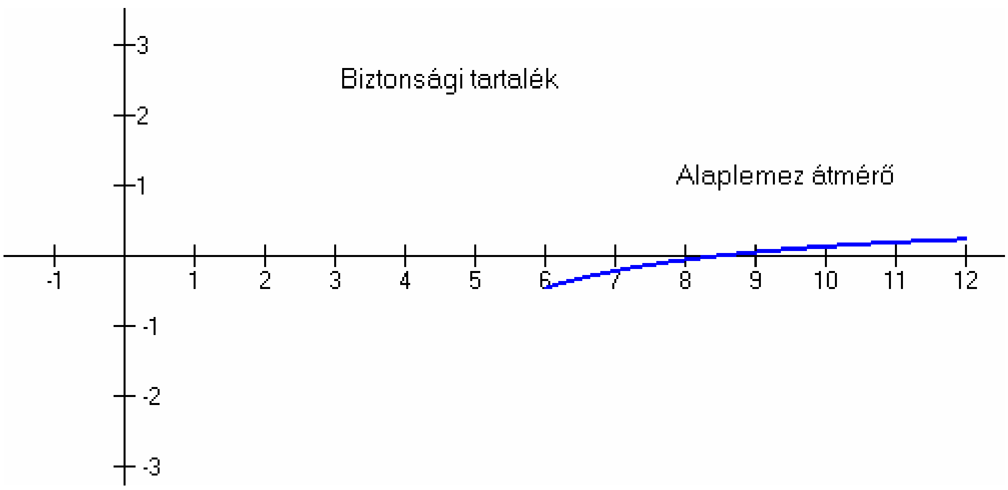
$$\beta = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} - 1 = \frac{E_{d,stb} - E_{d,dst}}{E_{d,dst}} =$$

$$= \frac{27{,}31 * d^2 - 619{,}5 - 18{,}85 * d^2}{18{,}85 * d^2} = 0{,}44881 - 32{,}86472 * \frac{1}{d_{alk}^2}$$

Az x_{alk} szélesség (az átmérő d_{alk} = 6 + 2 * x_{alk}) növelése a β biztonsági tartalék növekedését eredményezi.

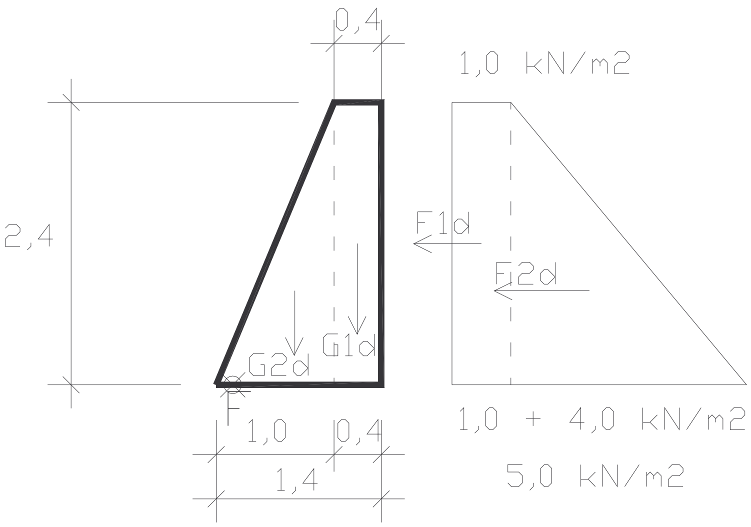
x_{alk} = 1,35 m (d_{alk} = 6 + 2 * x_{alk} = 6 + 2 * 1,35 = 8,70) esetén β = 0,0146 = ~1,46 %

x_{alk} = 1,40 m (d_{alk} = 6 + 2 * x_{alk} = 6 + 2 * 1,40 = 8,80) esetén β = 0,0244 = ~2,44 %



3.) Egy súlytámfalra az ábra szerinti földnyomás működik.
A műtárgy 1 m-es szakaszát elcsúszás és felborulás szempontjából kell megvizsgálni.
A támfal belső oldalán a talaj megtámasztó hatását nem vesszük figyelembe.
A vizsgálatban feltételezzük, hogy a billenés (elfordulás) az alsó él 1/10-ében lévő pont körül jön létre.

Támfal anyagának térfogatsúlya γ_{Fal} = 18 kN/m3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0.9 vagy 1,2 .
A talaj és a beton közti súrlódási tényező μ = 0,5 , a földnyomás biztonsági tényezője γ_F = 1,4.



A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A támfalra működő földnyomás eltoló ereje (destabilizáló hatás)

$F_{1d} = \gamma_T * q_1 * h = 1,4 * 1,0 * 2,40 = 3,36$ kN
$F_{2d} = \gamma_T * q_2 * h /2 = 1,4 * 4,0 * 2,40 / 2 = 6,72$ kN

$E_{d,dst} = 3,36 + 6,72 = 10,08$ kN

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező súrlódás (stabilizáló hatás)

$G_{1d} = \gamma_{G,min} * b_1 * h * \gamma_{fal} = 0,9 * 0,4 * 2,4 * 18,0 = 15,56$ kN
$G_{2d} = \gamma_{G,min} * b_2 * h / 2 * \gamma_{fal} = 0,9 * 1,0 * 2,4 / 2 * 18,0 = 19,44$ kN

$E_{d,stb} = F_{sd} = \mu * (G_{1d} + G_{2d}) = 0,5 * (15,56 + 19,44) = 17,5$ kN

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} = 17,5 \text{ kN} \geq E_{d,dst} = 10,08$ kN

A fenti adatok esetében a leterhelésből keletkező súrlódási (stabilizáló) és az eltoló (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_E = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{17,50}{10,08} = 1,736 \geq 1,0$$ megfelel!

A támfalra működő földnyomás felborító nyomatéka (destabilizáló hatás)

$M_{d,dst} = F_{1d} * h / 2 + F_{2d} * h / 3 = 3{,}36 * 2{,}40 / 2 + 6{,}72 * 2{,}4 / 3 = 9{,}41$ kNm

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező nyomaték (stabilizáló hatás)

$M_{d,stb} = G_{1d} * z_1 + G_{2d} * z_2 = 15{,}56 * 1{,}06 + 19{,}44 * 0{,}53 = 26{,}80$ kNm

($z_1 = 1{,}40 – 0{,}4 / 2 –1{,}40 / 10 = 1{,}06$ m; $z_2 = (1{,}40 – 0{,}40) * 2 / 3 – 1{,}40 / 10 = 0{,}5266$ m)

Az egyensúly feltétele: $M_{d,stb} = 26{,}80 \text{ kNm} \geq M_{d,dst} = 9{,}41$ kNm

A fenti adatok esetén a leterhelésből keletkező (stabilizáló) és a felborító (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_M = \frac{M_{d,stb}}{M_{d,dst}} = \frac{26{,}80}{9{,}41} = 2{,}848 \geq 1{,}0 \qquad \text{megfelel!}$$

A támfal biztonsága az α_E és α_M értéke közül a kisebb, azaz: $\alpha = \min(\alpha_{E,}\ \alpha_M)$

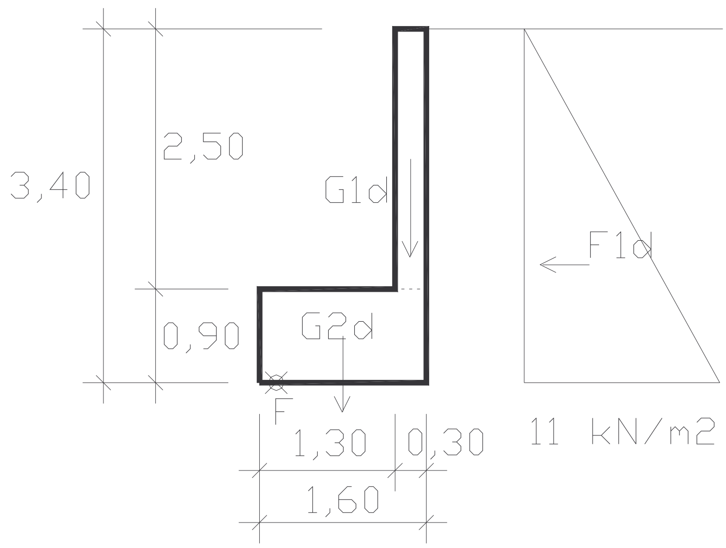
$$\alpha = \min(\alpha_{E,}\ \alpha_M) = \min(1{,}736 ; 2{,}848) = 1{,}737$$

Az α biztonság és a $\beta = \alpha - 1$ biztonsági tartalék értéke csökkenthető az ésszerűség határáig. Elvben az $\alpha_{min} = 1$ és a $\beta_{min} = \alpha_{min} – 1 = 0$ esetén a támfal szerkezet az állékonyság határán van.

A fenti példa esetében a támfal méretei (a stabilizáló hatások) csökkenthetők, a terhelés értéke (a destabilizáló hatások) növelhetők.

4.) Egy szögtámfalra az ábra szerinti földnyomás működik.
A műtárgy 1 m-es szakaszát elcsúszás és felborulás szempontjából kell megvizsgálni.
A támfal belső oldalán a talaj megtámasztó hatását nem vesszük figyelembe.
A vizsgálatban feltételezzük, hogy a billenés (elfordulás) az alsó él 1/10-ében lévő pont körül jön létre.

A támfal anyagának térfogatsúlya γ_{Fal} = 25 kN/m3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0.9 vagy 1,2 .
A talaj és a beton közti súrlódási tényező μ = 0,8 , a földnyomás biztonsági tényezője γ_F = 1,3.



A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A támfalra működő földnyomás eltoló ereje (destabilizáló hatás)

$F_{1d} = \gamma_T * q_1 * h = 1,3 * 11,0 * 3,40 / 2 = 24,375$ kN

$E_{d,dst} = 24,375$ kN

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező súrlódás (stabilizáló hatás)

$G_{1d} = \gamma_{G,min} * b_1 * h_1 * \gamma_{fal} = 0,9 * 0,3 * 2,5 * 25,0 = 16,875$ kN
$G_{2d} = \gamma_{G,min} * b_2 * h_2 * \gamma_{fal} = 0,9 * 1,6 * 0,9 * 25,0 = 32,40$ kN

$E_{d,stb} = F_{sd} = \mu * (G_{1d} + G_{2d}) = 0,8 * (16,875 + 32,40) = 39,42$ kN

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} = 39,42 \text{ kN} \geq E_{d,dst} = 24,375$ kN megfelel!

A fenti adatok esetében a leterhelésből keletkező súrlódási (stabilizáló) és az eltoló (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_E = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{39,42}{24,375} = 1,617 \geq 1,0 \qquad \text{megfelel!}$$

A támfalra működő földnyomás felborító nyomatéka (destabilizáló hatás)

$M_{d,dst} = F_{1d} * h / 3 = 24{,}375 * 3{,}40 / 3 = 27{,}47$ kNm

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező nyomaték (stabilizáló hatás)

$M_{d,stb} = G_{1d} * z_1 + G_{2d} * z_2 = 16{,}875 * 1{,}29 + 32{,}40 * 0{,}64 = 42{,}50$ kNm

($z_1 = 1{,}60 – 0{,}3 / 2 –1{,}60 / 10 = 1{,}29$ m; $z_2 = 1{,}60 / 2 – 1{,}60 / 10 = 0{,}64$ m)

Az egyensúly feltétele: $M_{d,stb} = 42{,}50 \text{ kNm} \geq M_{d,dst} = 27{,}47$ kNm megfelel!

A fenti adatok esetén a leterhelésből keletkező (stabilizáló) és a felborító (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_M = \frac{M_{d,stb}}{M_{d,dst}} = \frac{42{,}50}{27{,}47} = 1{,}547 \geq 1{,}0 \qquad \text{megfelel!}$$

A támfal biztonsága az α_E és α_M értéke közül a kisebb, azaz: $\alpha = \min (\alpha_{E,} \alpha_M)$

$$\alpha = \min (\alpha_{E,} \alpha_M) = \min (1{,}617 ; 1{,}547) = 1{,}547$$

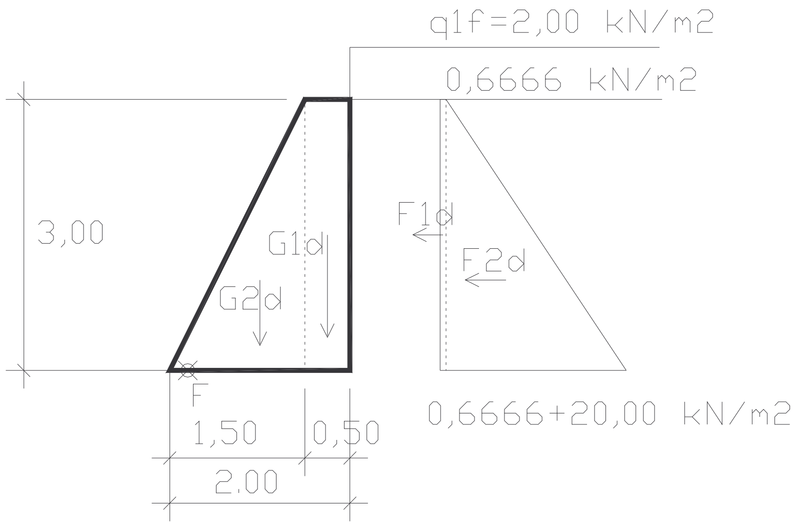
Az α biztonság és a $\beta = \alpha - 1$ biztonsági tartalék értéke csökkenthető az ésszerűség határáig. Elvben az $\alpha_{min} = 1$ és a $\beta_{min} = \alpha_{min} – 1 = 0$ esetén a támfal szerkezet az állékonyság határán van.

A fenti példa esetében a támfal méretei (a stabilizáló hatások) csökkenthetők, a terhelés értéke (a destabilizáló hatások) növelhetők.

5.) Egy 3,0 m magas vasbeton anyagú súlytámfal vegyes szemnagyságú iszapos homok talajt támaszt meg (γ_T = 20 kN /m^3, a surlódási szög φ = 30°.
A támfal felső síkjával megegyező szinten a felszínen működő függőleges teher 2 kN/m^2.

A műtárgy 1 m-es szakaszát elcsúszás és felborulás szempontjából kell megvizsgálni.
A támfal belső oldalán a talaj megtámasztó hatását nem vesszük figyelembe.
A vizsgálatban feltételezzük, hogy a billenés (elfordulás) az alsó él 1/10-ében lévő pont körül jön létre.

A támfal anyagának térfogatsúlya γ_{Fal} = 25 kN/m^3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0.9 vagy 1,2 .
A talaj és a beton közti súrlódási tényező μ = 0,6 , a földnyomás biztonsági tényezője γ_F = 1,4.



A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A támfalra működő földnyomás eltoló ereje (destabilizáló hatás)

A támfal háttöltésében a függőleges erők hatására a talajban a felszínen lévő q_{f1} = 2 kN / m2 állandó és a talajban **x** m mélyen a talaj térfogatsúlyából q_{fx} = x * 20 kN / m2, a mélységgel arányosan növekvő talaj-feszültség ébred.

A függőleges feszültségből a vízszintes irányú terhet az aktív földnyomás szorzójával

$k_A = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2})$ határozzuk meg.

$k_A = tg^2(45 - \frac{30}{2}) = 0.3333$

q1 = k_A * 2 = 0.666 kN/m2
q2 = k_A * (2 + x * 20) kN/m2 = 0,666 + x * 6,666;
x = 3 m-nél q2 = 0,3333 * (2 + 3 * 20) = 0,6666 + 20,00

$F_{1d} = \gamma_T * q_1 * h$ = 1,4 * 0,666 * 3,00 = 2,80 kN
$F_{2d} = \gamma_T * q_2 * h /2$ = 1,4 * 20,0 * 3,00 / 2 = 42,00 kN

$E_{d,dst}$ = 2,80 + 42,00 = 44,80 kN

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező súrlódás (stabilizáló hatás)

$G_{1d} = \gamma_{G,min} * b_1 * h * \gamma_{fal} = 0{,}9 * 0{,}5 * 3{,}0 * 25{,}0 = 33{,}75$ kN
$G_{2d} = \gamma_{G,min} * b_2 * h / 2 * \gamma_{fal} = 0{,}9 * 1{,}5 * 3{,}0 / 2 * 25{,}0 = 50{,}625$ kN

$E_{d,stb} = F_{sd} = \mu * (G_{1d} + G_{2d}) = 0{,}6 * (33{,}75 + 50{,}625) = 50{,}625$ kN

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} = 50{,}625 \text{ kN} \geq E_{d,dst} = 44{,}80$ kN

A fenti adatok esetében a leterhelésből keletkező súrlódási (stabilizáló) és az eltoló (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_E = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{50{,}625}{44{,}80} = 1{,}130 \geq 1{,}0 \qquad \text{megfelel!}$$

A támfalra működő földnyomás felborító nyomatéka (destabilizáló hatás)

$M_{d,dst} = F_{1d} * h / 2 + F_{2d} * h / 3 = 2{,}80 * 3{,}0 / 2 + 42{,}00 * 3{,}0 / 3 = 46{,}20$ kNm

Leterhelő erőből, önsúlyból keletkező nyomaték (stabilizáló hatás)

$M_{d,stb} = G_{1d} * z_1 + G_{2d} * z_2 = 33{,}75 * 1{,}55 + 50{,}625 * 0{,}80 = 92{,}8125$ kNm

($z_1 = 2{,}00 – 0{,}5 / 2 –2{,}00 / 10 = 1{,}55$ m; $z_2 = (2{,}00 – 0{,}50) * 2 / 3 – 2{,}00 / 10 = 0{,}80$ m)

Az egyensúly feltétele: $M_{d,stb} = 92{,}8125 \text{ kNm} \geq M_{d,dst} = 46{,}20$ kNm

A fenti adatok esetén a leterhelésből keletkező (stabilizáló) és a felborító (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha_M = \frac{M_{d,stb}}{M_{d,dst}} = \frac{92{,}8125}{46{,}20} = 2{,}0089 \geq 1{,}0 \qquad \text{megfelel!}$$

A támfal biztonsága az α_E és α_M értéke közül a kisebb, azaz: $\alpha = \min (\alpha_E, \alpha_M)$

$\alpha = \min (\alpha_E, \alpha_M) = \min (1{,}130 ; 2{,}0089) = 1{,}130$

Az α biztonság és a $\beta = \alpha - 1$ biztonsági tartalék értéke csökkenthető az ésszerűség határáig. Elvben az $\alpha_{min} = 1$ és a $\beta_{min} = \alpha_{min} – 1 = 0$ esetén a támfal szerkezet az állékonyság határán van.

Vizsgáljuk meg, vajon a felszínen lévő $q_{f1} = 2 \text{ kN} / \text{m}^2$ állandó teher meddig növelhető az α biztonság, a biztonsági tartalék csökkenése ($\alpha = 1$) és ($\beta = \alpha - 1 = 1 – 1 = 0$) terhére.

$$\alpha_E = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{50{,}625}{E_{d,dst}} := 1{,}000 \qquad \text{a minimális biztonság esete, azaz nincs biztonsági tartalék}$$

$E_{d,dst} = 50{,}625 = \gamma_T * (k_A * q_{1f} * 3{,}00 + k_A * 3{,}00 * 20 * 3{,}00 / 2) =$

$= 1{,}4 * 0{,}3333 * q_{1f} * 3{,}00 + 1{,}4 * 0{,}3333 * 3{,}00 * 20 * 3{,}00 / 2 = 1{,}4 * q_{1f} + 42$

Innen $\underline{q_{1f}} = \dfrac{50,625 - 42}{1,4} = \underline{6,161}$ kN/m^2

$q1 = k_A * \underline{6,161} = \underline{2,0536}$ kN/m2

Behelyettesítve a változással érintett kifejezésekbe:

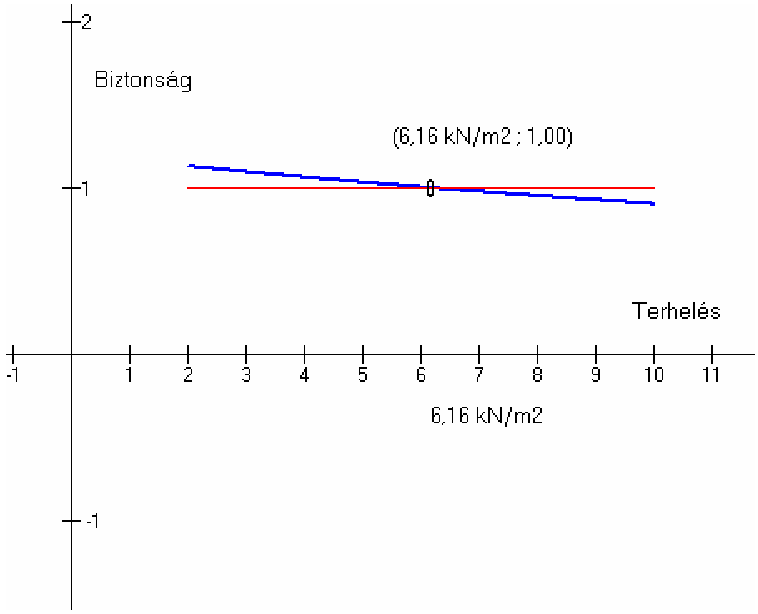
$\underline{F_{1d}} = \gamma_T * q_1 * h = 1,4 * \underline{2,0536} * 3,00 = \underline{8,62512}$ kN

($F_{2d} = \gamma_T * q_2 * h /2 = 1,4 * 20,0 * 3,00 / 2 = 42,00$ kN)

$E_{d,dst} = \underline{8,62512} + 42,00 = \underline{50,62512}$ kN

$E_{d,stb} = 50,625$ kN $\approx$ $E_{d,dst} = \underline{50,62512}$ kN éppen megfelel!

$\alpha_E = \dfrac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} \approx 1$ éppen megfelel!



Ellenőrző vizsgálat a felborító nyomatékra:

$M_{d,dst} = \underline{F_{1d}} * h / 2 + F_{2d} * h / 3 = \underline{8,62512} * 3,0 / 2 + 42,00 * 3,0 / 3 = \underline{54,938}$ kNm

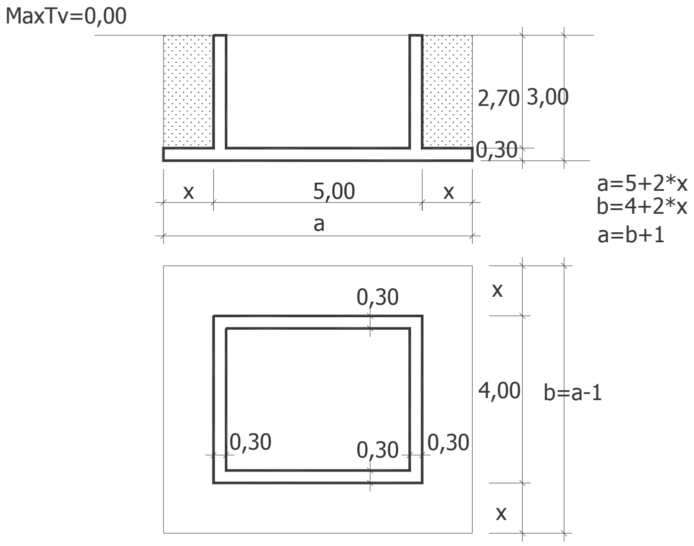
$\alpha_M = \dfrac{M_{d,stb}}{M_{d,dst}} = \dfrac{92,8125}{54,938} = \underline{1,689} \geq 1,0$ megfelel!

6.) A téglalap alaprajzú medence külső mérete 5,00 * 4,00 m, a medence alapsíkja a –3,00 m-en van.
A talajvíz maximális szintje a talaj felszínén (0,00 m-en) található.
A medence fal és alaplemez vastagsága 300 mm.

Mekkora konzolos peremet kell építeni a medence körül (x = ?) ahhoz, hogy az üres medence ne ússzon föl?

A vasbeton térfogatsúlya γ_{vb} = 25 kM/m^3, az önsúly biztonsági tényezője γ_G = 0,9 vagy 1,2.
A víz térfogatsúlya $\gamma_{víz}$ = 10 kN/m^3. A víznyomás biztonsági tényezője γ_W = 1,0.

Leterhelésként figyelembe lehet venni a peremgyűrű feletti föld súlyát is. A föld térfogatsúlya vízzel átitatott állapotban γ_{Tw} = 15 kN/m^3. A föld biztonsági tényezője γ_T = 0.85 vagy 1,3.



A szerkezetre az állékonyságát veszélyeztető (destabilizáló) és azt biztosító (stabilizáló) hatások működnek.

A medencére működő felhajtó erő (destabilizáló hatás)

$E_{d,dst} = \gamma_W * V_{vízbemerülő} * \gamma_{víz}$ = 1,0 * a * b * 3,00 * 10 = 1,0 * a * (a-1) * 3,00 * 10 = 30 * a^2 – 30 * a

Leterhelő erő (stabilizáló hatás)

$E_{d,stb} = \gamma_{G,min} * V_{vb} * \gamma_{vb} + \gamma_{T,min} * V_T * \gamma_{Tw}$ =

= 0,9 * { a * (a – 1) * 0,3 * 25 + 2 * (5 + 3,4) * 2,7 * 0,3 * 25 } +

+ 0,85 * { a * (a – 1) – 5,0 * 4,0 }) * 2,7 * 15 =

= 6,75 * a2 – 6,75 * a + 340,2 + 34,425 * a^2 – 34,425 * a – 688,5 =

= 41,175 * a^2 – 41,175 * a - 348,3

Az egyensúly feltétele: $E_{d,stb} \geq E_{d,dst}$

$$41{,}175 * a^2 - 41{,}175 * a - 348{,}3 \geq 30 * a^2 - 30 * a$$

$$11{,}175 * a^2 - 11{,}175 * a - 348{,}3 \geq 0$$

$$a = 6{,}105 \text{ m},\ b = a - 1 = 5{,}105 \text{ m},\ x = 1{,}105 / 2 \text{ m} = 0{,}5525 \text{ m}$$

Az alkalmazott konzolos perem szélessége x_{alk} = 0,60 m (a_{alk} = 6,20 m, b_{alk} = 5,20 m) esetén a leterhelő (stabilizáló) és a felhajtó (destabilizáló) erők aránya

$$\alpha = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} = \frac{41{,}175 * a_{alk}^2 - 41{,}175 * a_{alk} - 348{,}3}{30 * a_{alk}^2 - 30 * a_{alk}} =$$

$$= \frac{41{,}175 * 6{,}2^2 - 41{,}175 * 6{,}2 - 348{,}3}{30 * 6{,}2^2 - 30 * 6{,}2} = 1{,}01239 \geq 1{,}0$$

A „biztonsági tartalék” β = 1,01239 - 1,0 = 0,01239 = 1,239 %

A „biztonsági tartalék” a medence konzolos perem szélességének (x_{alk}) illetve a konzolos peremű alaplemez méretének ($a_{alk} = 6 + 2 * x_{alk}$, $b_{alk} = a_{alk} - 1$) a függvénye.

$$\beta = \frac{E_{d,stb}}{E_{d,dst}} - 1 = \frac{E_{d,stb} - E_{d,dst}}{E_{d,dst}} =$$

$$= \frac{11{,}175 * a_{alk}^2 - 11{,}175 * a_{alk} - 348{,}3}{30 * a_{alk}^2 - 30 * a_{alk}} = 0{,}3725 - 11{,}61 * \frac{1}{a_{alk}^2 - a_{alk}}$$

Az x_{alk} szélesség (az oldalak $a_{alk} = 5 + 2 * x_{alk}$, $b_{alk} = 4 + 2 * x_{alk}$) növelése a β biztonsági tartalék növekedését eredményezi.

x_{alk} = 0,70 m ($a_{alk} = 5 + 2 * x_{alk}$ = 6,4 , b = 5,4 m) esetén β = 0,036562 = ~3,66 %

x_{alk} = 0,80 m ($a_{alk} = 5 + 2 * x_{alk}$ = 6,6 , b = 5,6 m) esetén β = 0,025838 = ~5,84 %