Támfalak alapozási szélességének optimális számítása

Dr Mihalik András
Nagyváradi Egyetem

Tanulmányában a szerző a támfalak stabilitásával foglalkozik, azokkal az általános képletekkel, amelyeknek a segítségével optimálisan számítható a támfal alapozási szélessége, függetlenül a fal keresztmetszetének geometriai alakjától.

A számítási paraméterekkel összeállított táblázat a komplex problémákat, majdnem a gerendák méretezési szintjeire egyszerűsíti.

1. Bevezetés

Ha egy földtömeg rézsűs felszínét meredekebben kell kialakítani, mint amit beeső ellenállása, nyitószilárdsága biztonsággal megenged, akkor támasztófalat kell építeni. A megtámasztott földtest nyomást ad át a falra. Szükség lehet támfalra meredek terepen épített földmű megtámasztásához i, ahol lépcsőzés, fogazás stb. már van elegendő.

Gyakran gazdasági okok, szűk helyre való telepítés vagy valamely ipari üzem technológiája indokolják a támfalak építését.

Az állandó jellegű megtámasztás leggyakrabban súlyfalakkal oldható meg. A támfalak másik típusa saját súlyán kívül a megtámasztott földtömeg egy részét is felhasználja az állékonyság biztosítására (szögtámfalak), úgy, hogy a felmenő fal egy vízszintes talplemezhez csatlakozik (a 9-ik ábra a táblázatból).

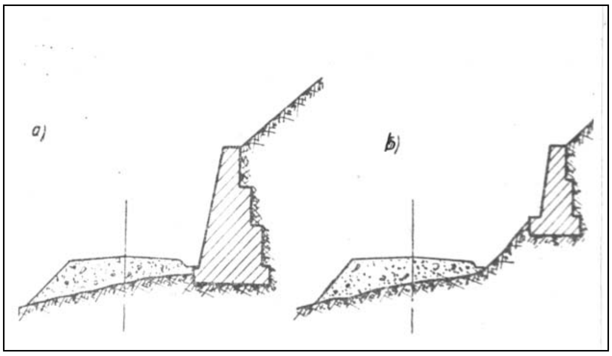
Földnyomás hat hídfők ellenfalaira, dúcolásokra, épületrfalakra stb.

Az erők közül a fal súlya, a hídreakció, a felhajtó erő viszonylag pontosan meghatározhatók, számításuk egyszerű. Nagyobb a bizonytalanság a földnyomás meghatározásában. Itt elsősorban a talajfizikai jellemzők helyes felvétele a döntő. Megbízható értékeket csak részletes talajfeltárás és laboratóriumi vizsgálatok alapján tudunk megadni.

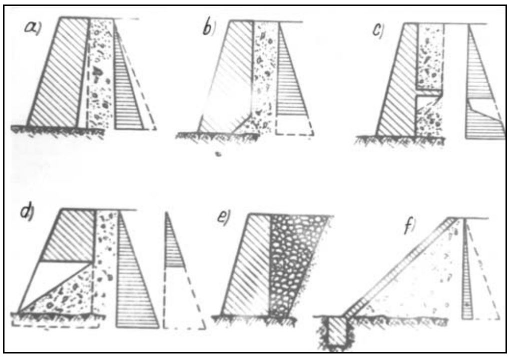
Három gyakorlati körülményre hívjuk fel a figyelmet.

a) a talajfizikai jellemzők, főként a nyírószilárdság mértékadó értékeinek maghatározása során sohasem elegendő a feltáráskor tapasztalt pillanatnyi helyzet vizsgálata.

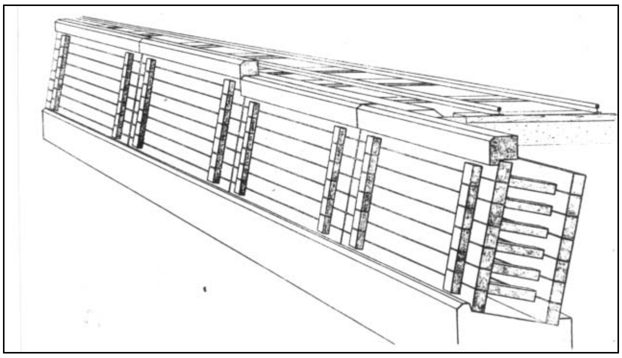
b) az elméleti számításokban kell figyelebe venni azt, hogy a fal milyen jellegű elmozdulásokat



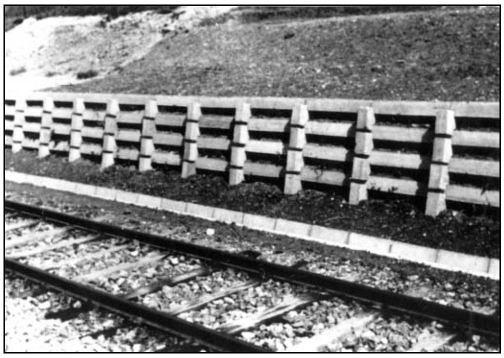
1 ábra, Támfalak
a) Bevágás az út mellett
b) A rézsű megtámasztása a lejtő oldalán



2. ábra
Az aktív földnyomás változása a támfal és a hátkötés között



3. ábra
Agyagos talaj megtámasztása „zivágó" keresztmetszetű speciális falakkal



4. ábra
Kísérleti szakasz „zivágó" rendszerű speciális támfalakkal

fog végezni ill. milyen mérvű elmozdulások engedhetők meg.

c) a földnyomás meghatározása során mindenkor szem előtt kel tartaniuk a támfal építési módját és a terveken fel kell tüntetni azt a kivitelezési eljárást, amely a számítás alapja.

2. Az alapozási szélesség számításának jelenlegi helyzete

Támfalak tervezésénél szükségessé válik a falmagasság és a helyi körülmények figyelembevételével az anyag kiválasztása a fal típusának és keresztmetszetének a meghatározása. Ami a keresztmetszet szélességét illeti (az alap síkjának a szélességé) a méretezése lényegében egy konvencionálisan megadott szélesség ellenőrzése különböző előírások függvényében. Annak ellenére, hogy ezeket a számításokat többször meg kell ismételni amíg a megfelelő szélesség megállapítást nem nyer, a támfal alapszélessége így sem lesz megállapítható, ami tulajdonképpen fölösleges költségekhez vezethet.

A fent említett ún. fordíttott módszeren kívül van egy másik számítási módszer is, de a végleges képletek az alap szélességének a megállapítására annyira bonyolultak és nehézkesek, hogy gyakorlati számításoknál majdnem használhatatlanok.

A létező grafikonok, vagy nomogramok csak egyedi keresztmetszetekre vonatkoznak (trapéz, szögfal).

A jelenlegi tanulmányban olyan képleteket ajánlunk, amelyeknek a segítségével pontosan kiszámítható az alap szélessége, függetlenül a keresztmetszet geometriájától, kiindulva a stabilitás helyzetéből, a talaj szilárdságából, valamint az eredő erők alsó harmadpontjában való támadásából.

Így az összeállított táblázat a számítási paraméterekkel valamennyi támfal méretezésére alkalmas, egyszerűen oldva meg ezt a komplex problémát.

A képletek levezetésénél figyelembe vettük a megengedett feszültségeket, valamint a határfeszültségek módszerét .

3. Csúszás elleni stabilitás az alapozási síkban

A stabilitástényező

$$K_c = \frac{P_v}{P_{cs}} = \frac{f \cdot G}{O_x - f \cdot Q_z} = \frac{f \cdot \gamma_c \cdot \varpi \cdot H^2}{Q_x - f \cdot Q_z} \qquad (1)$$

Ahol P_V a visszatartó erő P_{cs} a csúszást előidéző erő.

Q_X és Q_Z a vízszintes valamint, a függőleges összetevői a teljes földnyomásnak ami a falra hat.

f – súrlódási tényező az alap síkja és a föld között

G – a fal súlya 1 m hosszúságban, amely kifejezhető:

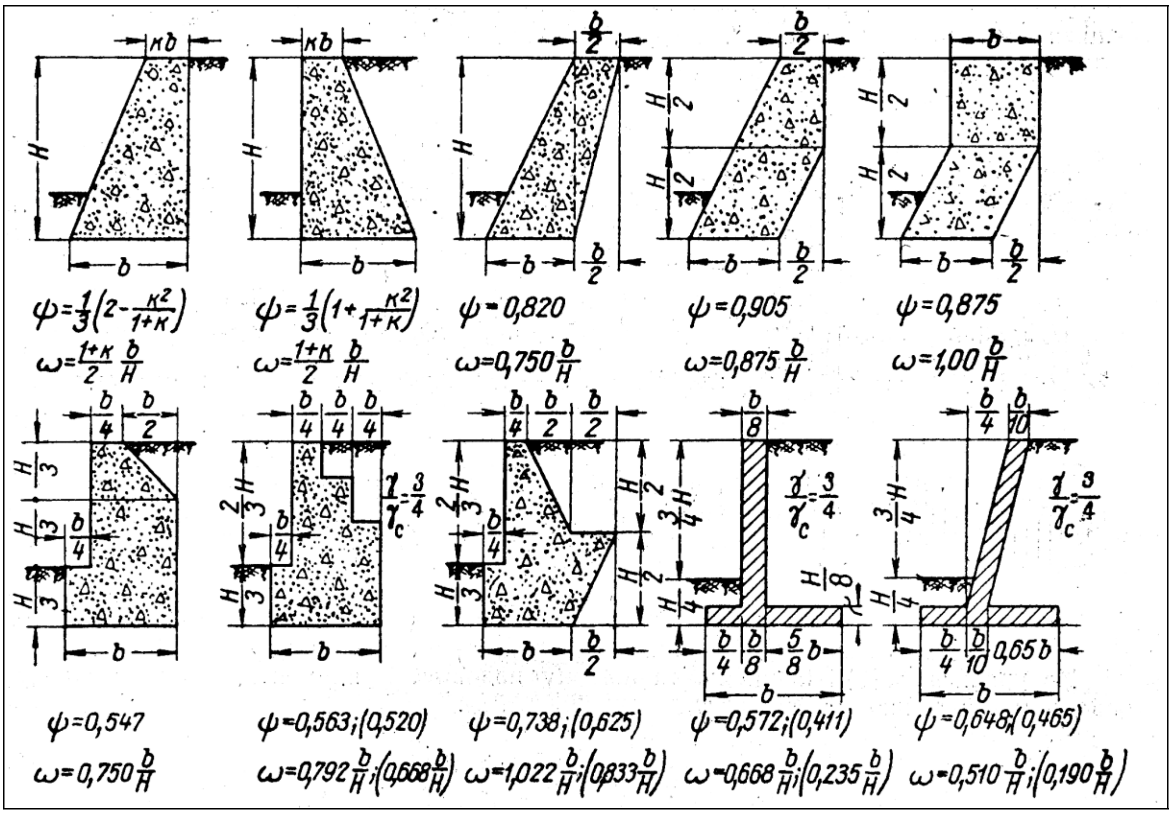
$$G = \gamma_c \cdot \omega \cdot H^2 \qquad (2)$$

ahol: H – a fal teljes magassága

γ_c –a fal térfogatsúlya

ω – egy méret nélküli paraméter, amely függ a

Táblázat a ψ és ω paraméterekkel
(a zárójelben levő ψ és ω nem veszi figyelembe a konzolokon levő földtömegeket).



támfal keresztmetszetének az alakjától. Előre ki van számítva és a táblázatba van foglalva.

Az (1) képletből

$$\varpi = \frac{K_c}{\gamma_c \cdot H^2}\left(\frac{Q_x}{f} - Q_z\right) \tag{3}$$

A támfal alapjának szükséges szélessége ω függvényében a táblázatban megtalálható.

A határfeszültség módszerével kiszámítható az m_c tényező (a szerkezet működési körülményeit jellemzi), mint a számított (P) és a határ (Ph) csúszóértéknek az aránya.

$$m_c = \frac{P}{P_h} = \frac{n_Q \cdot Q_x^H}{f\left(n_G \cdot G^n + n_Q \cdot Q_z^H\right)} = \frac{n_Q \cdot Q_x^H}{f\left(n_G \cdot \gamma_C\varpi \cdot H^2 + n_Q \cdot Q_z^H\right)} \tag{4}$$

Ahol Q_x^H és Q_z^H a földnyomás összetevői az előírásoknak megfelelően.

n_G – egy megterhelési tényező a fal önsúlyára vonatkozóan, amelynek az értéke 0,9.

n_Q – egy megterhelési tényező ami a földnyomásra vonatkozik, amelynek értéke 1,3

A (4. képletből)

$$\varpi = \frac{n_a\left(Q_x^H - m_c \cdot f \cdot Q_z^H\right)}{n_G \cdot m_c \cdot f \cdot \gamma_c \cdot H^2} \tag{5}$$

4. Kibillenés elleni stabilitás

Kiindulunk a stabilitás tényezőjének a képletéből

$$K_o = \frac{M_v}{M_o} = \frac{G \cdot a}{Q_z Z - Q_x X} = \frac{\gamma_c \varpi H^2\ b}{Q_x E - Q_E X} \tag{6}$$

ahol M_V a visszatartó és M_O a kibillenő nyomaték, az alap elülső éléhez viszonyítva.

a – a G eső és O közötti távolság ami kifejezhető, mint a =ψ ·b

Z és X a földnyomás két összetevőjéhez viszonyított távolság.

ψ – egy méret nélküli paraméter, amely függ a támfal keresztmetszetének a formájától, táblázatba van foglalva.

A (6.) képletből megkapjuk a támfal alapjának a szélességét, amely megfelel a stabilitás tényezőjének az adott értékével.

$$b = \frac{K_o}{\psi\varpi\gamma_c H^2}(Q_x Z - Q_z X) \tag{7}$$

A határfeszültségi módszer segítségével a stabilitási tényező helyett az m_O-t kell megkapnunk, amely kifejezhető a két nyomaték arányával (a számítási és határnyomaték) vagy mint a két excentrikus e-számított és e_h-határtávolságok között (e_h= 0,5b), amely az N erőre vonatkozik.

$$m_o \frac{e}{e_h} = 1 - \frac{2c}{b2} = \frac{2\left[n_E \gamma_c \varpi H^2 \psi b - n_Q (Q_x^H Z - Q_Z^H X)\right]}{b\left(n_G \gamma_c \varpi H^2 + n_Q Q_Z^H\right)} \tag{8}$$

Itt a c=0,5b-e, az N=G+Q_Z erőnek a karja.

A (8) képletből következik:

$$b = \frac{2n_Q(Q_x^H Z - Q_Z^H X)}{n_G \gamma_c \varpi H^2 (1 - m_0 - 2\psi) + n_Q (1 - m_o) Q_Z^H} \tag{9}$$

Hogy megkapjuk a (7) vagy (9) képletekből a b szélességet, ismernünk kell a ψ és ω-at amelyek szintén a *b* függvényei. Éppen ezért először meg kell nevezni ezt az értéket,. ami egyenlő lehet a csúszási stabilitásnál kapott értékkel. Továbbiakban a problémát a megközelítési módszer segítségével lehet megoldani.

5. Az alsó harmadpont feltétele

Ez a feltétel csak a hidrotechnikai támfalakra vonatkozik, amikor is :

$$C = \frac{M}{N} = \frac{Ga - Q_x Z + Q_z X}{G + Q_z} \ge \frac{b}{3} \tag{10}$$

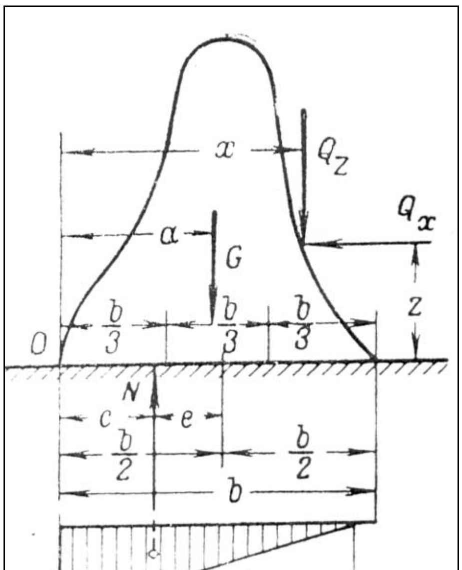
ahol M=M_V-M_O az összes erők nyomatékának az összege az elülső alapélhez viszonyítva.

Szemelőtt tartva a (2) képletet, a (10) képletből megkaphatjuk

$$b = \frac{Q_x Z - Q_z X}{\omega \gamma_c H^2 (\psi - 1/3) - Q_z / 3} \tag{11}$$

6. Az alap talajának a szilárdsága

A háromszögű nyomási ábrából kiindulva:



$$P_{max} = \frac{2N}{3C} - \frac{2N^2}{3M} = \tag{12}$$
$$= \frac{2(\gamma_c \omega H^2 + Q_z)^2}{3\left(\gamma_c \omega H^2 \psi b - Q_x Z + Q_z X\right)}$$

Egyenlővé téve ezt az előírásnak megfelelő nyomással p^H és megoldván a kapott egyenletet a szükséges szélességhez viszonyítva megkapjuk:

$$b = \frac{1}{\psi \omega \gamma_c H^2}\left[\frac{2(\gamma_c \omega H^2 + Q_z)^2}{3pH} + Q_x Z - Q_z X\right] \tag{13}$$

Ez a képlet csak akkor érvényes, ha az N erő bent van, a határán, vagy pontosan az alsó harmadpont határán azaz, ha a *b* szélesség amit a (13) képlet ad kisebb, vagy legalább akkora mint amit a (11) képlet adott.

Ellenkező esetben a nyomási ábra az alap alatt nem lesz háromszügű, hanem trapéz alakú, amikor is az alábbi képletek érvényesek

$$P_{max} = \frac{N}{b}\left(1 + \frac{6c}{b}\right) = \frac{2N}{b}\left(2 - \frac{3c}{b}\right) = \frac{4N}{b} - \frac{6M}{b^2} = \tag{14}$$
$$= \frac{4\gamma_c \omega H^2}{b} - \frac{6\left(\gamma_c \omega H^2 \psi b - Q_z Z + Q_z X\right)}{b^2}$$

Ha megszorozzuk ezt az egyenletet b^2 és kicseréljük P_{max} –t a p^H –val megkapjuk a

$p^H \cdot b^2 - 2\gamma_c \omega \cdot H^2(2-3\psi)b - 6(Q_X{}^Z - Q_Z{}^X) = 0$,

ahonnan: (15)

$$b = \frac{1}{p^H}\left\{\gamma_c \omega H^2(2-3\psi) + \sqrt{\left[\gamma_c \omega H^2(2-3\psi)\right]^2 + 6p^H\left(Q_x Z - Q_z X\right)}\right\}$$

A (15) képlet érvényes a határfeszültség módszerének az esetében is, ha a terhelések az előírásoknak megfelelnek és bevezetjük a megterhelési tényezőt is.

Példa az alapszélesség meghatározására

Meghatározandó egy előregyártott vasbeton támfal alaplemezének a szélessége (a 9-ik táblázatban) ha H= 8,0m az alapméység h_a = 2,0 m, a hátsó fal függőleges.:

γ_c=2,4 t/m², γ=1,8 t/m²,

p^H=25 t/m², f=0,5, K_c=1,5

$Q_x^{'}$ =15,52 t/m (az elülső szélén)

$Q_x^{''}$=0,86 t/m (a hátsó szélén)

A nyomás eredő ereje:

Q_x= 15,52 – 0,86 = 14,66 t/m

Q_z= 0

A O_x erő karja az alsó és elülső élhez viszonyítva: Z= 2,93 m

A (3) feltételből kapjuk

$$\omega = \frac{1{,}5 \cdot 14{,}66}{2{,}4 \cdot 8^2 \cdot 0{,}5} = 0{,}287 \ ,$$

ahonnan: $b = \dfrac{\omega \cdot H}{0{,}668} = \dfrac{0{,}287 \cdot 8}{0{,}668} = 3{,}43m$

A (7) feltételből ψ=0,572 és b=3,43m, ω=0,287 akkor következik:

$$b = \frac{1{,}5 \cdot 14{,}66 \cdot 2{,}93}{0{,}572 \cdot 0{,}248 \cdot 2{,}4 \cdot 8^2} = 2{,}94 \approx 2{,}99m$$

A második megközelítésből a közepes értéket véve b=(3,43+2.55)/2=2,99m

és ω=0,6668·2,99/8=0,25

és megkapjuk:

$$b = \frac{1{,}5 \cdot 14{,}66 \cdot 2{,}93}{0{,}572 \cdot 0{,}248 \cdot 2{,}4 \cdot 8^2} = 2{,}94 \approx 2{,}99m$$

az alsó harmadpont feltételéből a (11) képlet szerint, elfogadjuk egyelőre, hogy b= 3,43m és ω= 0,287, akkor következik:

$$b = \frac{14{,}66 \cdot 2{,}93 - 0}{0{,}248 \cdot 2{,}4 \cdot 8^2\left(0{,}572 - 0{,}333\right) - 0} = 4{,}074 \approx 3{,}43m$$

A második megközelítéssel, a közepes értéket véve alapul :

$b = \dfrac{3{,}43 + 4{,}07}{2} = 3{,}75m$, akkor:

$$\omega = 0{,}668 \cdot \frac{3{,}75}{8} = 0{,}313$$

$$b = \frac{14{,}66 \cdot 2{,}93 - 0}{0{,}313 \cdot 2{,}4 \cdot 8^2\left(0{,}572 - 0{,}333\right) - 0} = 3{,}74 \approx 3{,}75m$$

Az altalaj szilárdságának a feltételéből (13) véglegesen elfogadva ω= 0,668·3,8/8 = 0,317 megkapjuk:

$$b = \frac{1}{0{,}572 \cdot 0{,}317 \cdot 2{,}4 \cdot 8^2} \cdot$$
$$\cdot\left[\frac{2\left(2{,}4 \cdot 0{,}317 \cdot 8^2 + 0\right)}{3{,}25} + 14{,}66 \cdot 2{,}93\right] = 3{,}8m$$

A *b*-nek az értéke nagyobb az előbbinél, ez azt jelenti, hogy a b=3,8m-nél a nyomási ábra trapéz alakú, amikor is a (15) képletet kell használni, azaz:

$$\omega = 0{,}688 \cdot \frac{3{,}82}{8} = 0{,}319$$

$$b = \frac{1}{25} \cdot \left\{2{,}4 \cdot 0{,}319 \cdot 8^2\left(2 - 3 \cdot 0{,}572\right) + \right.$$
$$\left. + \sqrt{\left[2{,}4 \cdot 0{,}319 \cdot 8^2\left(2 - 3 \cdot 0{,}572\right)\right] + 6 \cdot 25 \cdot 14{,}66 \cdot 2{,}93}\right\} = 3{,}82m$$

Az alap szélességét a kapott legnagyobb érték adja, azaz:

b= 3,82m ≈ 3,8m

Szakiodalom

1. Kézdi A. : Handbuck der Bodulmechanik, Budapest 1976. Európai Kiadó
2. Maszlov N. N. : Mehanika gimitov uptaktike sztroityelsztva. Moszkva 1987.
3. Mihalik A. : Podpornie sztenszki szpecialnik konsztrukcij na drenumjuscsik osznovanijak. 10 kongresz osznovanij. BRNO 1982.