

**Korszerű támszerkezetek  
tervezése**





**Magyar Mérnöki Kamara  
Kiadványsorozata 26.**

**Korszerű támszerkezetek  
tervezése**

**MMK FAP azonosító:  
2018/002-GT**

**Budapest, 2018. október**

A sorozat szerkesztője:  
**NAGY GYULA**  
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatának gondozásában, a 2018. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

*Szerzők:*

**Dr. Móczár Balázs**  
**Laufer Imre**  
**Manninger Marcel**  
**Szepesházi Attila**  
**Tóth Gergő**  
**Wolf Ákos**

*Lektorálta:*

**Szilvági László**

Kiadó:

Magyar Mérnöki Kamara  
1094 Budapest, Angyal u. 1-3.  
[info@mmk.hu](mailto:info@mmk.hu), [www.mmk.hu](http://www.mmk.hu)

# TARTALOMJEGYZÉK

1. Földmegtámasztó szerkezetek alkalmazási területei .....	7
2. Támszerkezetek tervezése .....	9
2.1. Követelmények, alkalmazási szempontok.....	9
2.1.1. Tervezési követelmények.....	9
2.1.1.1. Határállapotok .....	10
2.1.1.2. Hatások .....	13
2.1.1.3. Tervezési módszerek.....	14
2.1.1.4. Tervezési fázisok.....	18
2.1.2. Kivitelezési követelmények.....	19
2.1.3. Üzemeltetési követelmények.....	20
2.1.4. Egyéb követelmények.....	22
3. Támfalak típusai és specialitások .....	25
3.1. Súlytámfalak.....	25
3.1.1. Súlytámfalak geotechnikai méretezése.....	27
3.1.2. Súlytámfalak szerkezeti méretezése .....	28
3.1.3. Súlytámfalak szerkezeti kialakításának szempontjai.....	29
3.2. Szögtámfalak.....	32
3.2.1. Szögtámfalak geotechnikai tervezése.....	33
3.2.2. Szögtámfalak szerkezeti méretezése .....	35
3.2.3. Szögtámfalak szerkezeti kialakításának szempontjai .....	38
3.3. Gabionfalak.....	40
3.4. Máglyafalak.....	42
3.5. Erősített talajtámfalak.....	44
3.6. Szegezett támfalak .....	48
3.7. Szilárdított talajtestek, mint megtámasztó szerkezetek .....	49
4. Rejtett szerkezetek.....	51
5. Szerkezetválasztási szempontok.....	56
6. Összefoglalás .....	57
7. Irodalomjegyzék.....	58



## 1. Földmegtámasztó szerkezetek alkalmazási területei

A támszerkezetek feladata a mögöttük levő földtömeg súlyából és a térszíni terhelésből származó nyomások felvétele. A támszerkezetek kialakítását tekintve megkülönböztetünk előre tervezett szerkezeteket, melyek helye, kialakítása, mérete, szerkezete általában már az új nyomvonal tervezési fázisában eldől, illetve utólag épített támszerkezeteket, melyek kivitelezés, üzemeltetés során, valamilyen megváltozott körülmény, igény miatt válnak szükségessé.

Egy új nyomvonal létesítése kapcsán új támszerkezet építését több szempont indokolhatja. Az M7 autópálya bevágási szakaszain létesített különféle típusú támszerkezeteket rendre a helyhiány tette szükségessé. A szűk rendelkezésre álló (kisajátított) terület a szabványban előírt hajlású, a talaj nyírószilárdsága mellett lehetséges rézsű kialakítására nem volt elegendő. Az M0 útgűrű Anna-hegyi szakaszán, a korábban károsodott rézsűbe való bevágás veszélyeztette volna a hegyoldal állékonyságát, ezért támszerkezet építésére volt szükség (ld. 1.1. kép). Továbbá támfalat kell tervezni, hogyha tájvédelmi vagy gazdasági okokból nem kívánatos a nagyobb földmunka, vagy a rézsűs felület védelme, fenntartása túlzott költségekkel járna. A folyó pálya mentén létesített támszerkezeteken túl gyakran a hídfők körüli talajkörnyezet megtámasztását is így oldják meg.

Egy meglévő pálya mentén utólag létesítendő támszerkezetet egyrészt rézsűkárosodás indokolhat, másrészt a pálya szélesítése tehet szükségessé. Előbbire példa az M0 útgűrű mentén a kivitelezés során bekövetkezett rézsűcsúszás (ld. 1.2. kép), utóbbira az M7 autópálya 59. csomópontjában levő híd alatti újabb sáv kialakítása miatt a hídfők előtöltésének elbontása (ld. 1.3. kép)

Funkciója szempontjából nem támfalként méretezendő, azonban szerkezetét tekintve mégis megemlíthető az önmagában közel függőleges falban álló kőzetek meteorológiai hatások elleni védelmét biztosító burkoló fal. Például ilyen céllal gabion fal került kialakításra az M0 útgűrű Anna-hegyi pihenő térségében a törökbálinti mészkőbe készült bevágás felületi védelmére (ld. 1.4. kép).

A támszerkezeteken belül a teherviselés szempontjából három típust különböztetünk meg. A támfalak esetén a megtámasztó hatást elsősorban a szerkezet és/vagy a szerkezethez kapcsolt föld tömege biztosítja. Ezen csoportba tartozik a hagyományos súlytámfal, a szögtámfal, gabion fal, máglyafal, szegezett falak, erősített talajtámfalak, melyekről részletesebben a 3. fejezetben lehet olvasni. A befogott szerkezetek a megtámasztó hatásukat elsősorban a szerkezet altalajba való befogásával és hajlítási merevségükkel nyerik, ide sorolhatók a szádfalak, résfalak, cölöpfalak és a rejtett szerkezetek. A horgonyzott szerkezetek esetén a megtámasztó földtömeg mögötti

talajzónába nyúló horgonyok biztosítják a megtámasztást. A megtámasztó hatást ezen szerkezetek kombináltan is biztosíthatják.



*1.1. kép: M0 útgűrű - rézsústabilizálás*



*1.2. kép: M0 útgűrű - rézsúcsúszás*



*1.3. kép: M7 autópálya - pályaszélesítés*



*1.4. kép: M0 útgűrű - meteorológiai védelem*



## 2. Támszerkezetek tervezése

---

### 2.1. Követelmények, alkalmazási szempontok

---

A támszerkezetek kialakítását, tervezését és kivitelezését alapvetően az MSZ EN 1997-1 Geotechnikai tervezés 1. rész: Általános előírások című szabvány és az e-UT 06.02.11 (ÚT 2-1.222:2007) Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai című műszaki előírás szabályozza.

A tervezés során a szerkezeti elemek anyagára vonatkozó megfelelést az anyagszabványokban foglaltak szerint kell igazolni (pl. vasbeton elemek: MSZ EN 1992). A tervezés és kivitelezés során a Speciális geotechnikai munkák kivitelezése szabványsorozatban foglaltakat is szem előtt kell tartani, a pontos szabványhivatkozást az egyes technológiáknál ismertetjük. Valamint - főként a bevágásban készülő szerkezeteknek - meg kell felelni az útügyi műszaki előírások korrózió védelmi követelményeinek is.

A támszerkezetekkel szemben támasztott követelmények az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- tervezési követelmények,
- kivitelezési követelmények,
- üzemeltetési követelmények,
- egyéb követelmények.

Új szerkezet tervezése, kivitelezése során valamennyi követelményt együttesen értékelve lehet a műszakilag legmegfelelőbb megoldást megtalálni. A következőkben a követelmények rövid ismertetését tesszük meg.

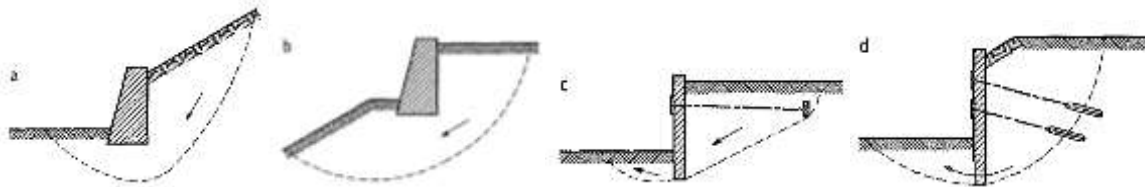
#### 2.1.1. Tervezési követelmények

---

A támszerkezeteket érő hatások elsősorban a környező talaj súlyából ébrednek, az ellenállások a talajfizikai paramétereiktől függenek, ezért a műszakilag jó terv elkészítéséhez elengedhetetlen a megfelelő, alapos talajmechanikai feltártság, laboratóriumi vizsgálatok. A tapasztalatok is azt mutatják, hogy ahol a tervezés fázisában a spórolás jegyében nem volt megfelelő a talajmechanikai előkészítettség, ott a kivitelezés során jönnek rá a „szenvető felek” a hiányosságokra, kényszerülnek póttintézkedésekre. A feltárások mennyiségét és minőségét az MSZ EN 1997-2 szabvány előírásait betartva kell meghatározni, melyről részletesebben a 2. fejezetben olvashatunk.

### 2.1.1.1. Határállapotok

A támszerkezetek összes típusánál ki kell mutatni az általános állékonyságvesztéssel szembeni biztonságot GEO határállapotként, melyekre tipikus törési mechanizmusokat mutat a 2.1. ábra. A GEO határállapot a talaj törését vagy túlzott alakváltozását jelenti, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a talaj vagy a szilárd közet szilárdsága jelentősen befolyásolja.



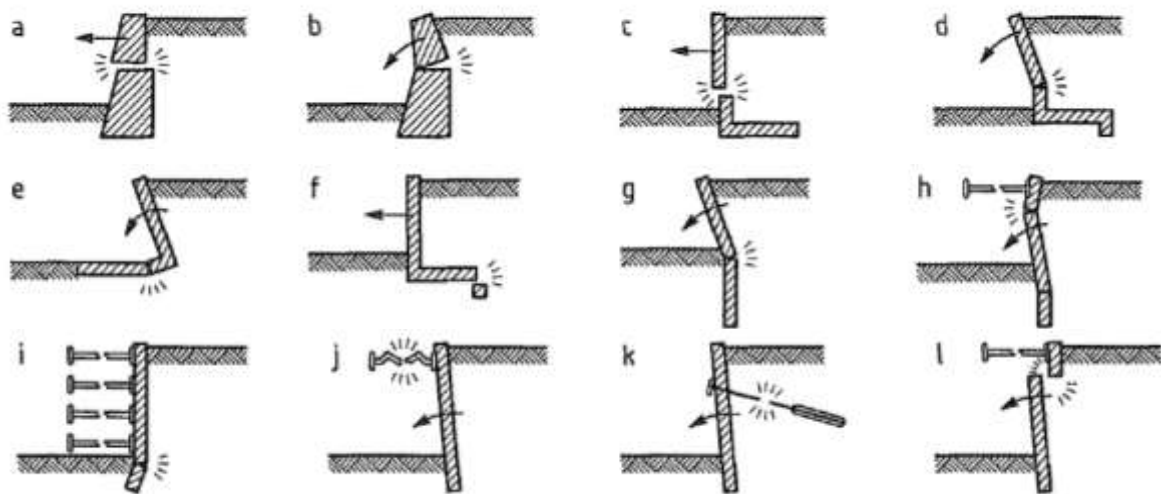
2.1. ábra: Általános állékonyságvesztés – példák

Szintén valamennyi szerkezeti típus esetén szükséges a támszerkezet és a környezet (közeli szerkezetek, közművek) várható mozgásának ellenőrzése, mely elsősorban használhatósági határállapotként vizsgálandó. Megjegyezzük, hogy a nagy mozgások szerkezeti tönkremenetelt (STR teherbírasi határállapot) is eredményezhetnek. Az STR teherbírasi határállapot a tartószerkezet vagy a tartószerkezeti elemek törése, vagy túlzott alakváltozása, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a szerkezeti anyagok szilárdsága jelentősen befolyásolja. Az EuroCode előírásai szerint elsősorban összehasonlítható tapasztalatra támaszkodva kell óvatos becslést adni a várható elmozdulásokra. Összehasonlítható tapasztalat hiányában, közeli érzékeny létesítmények esetén azonban részletes analízis szükséges.

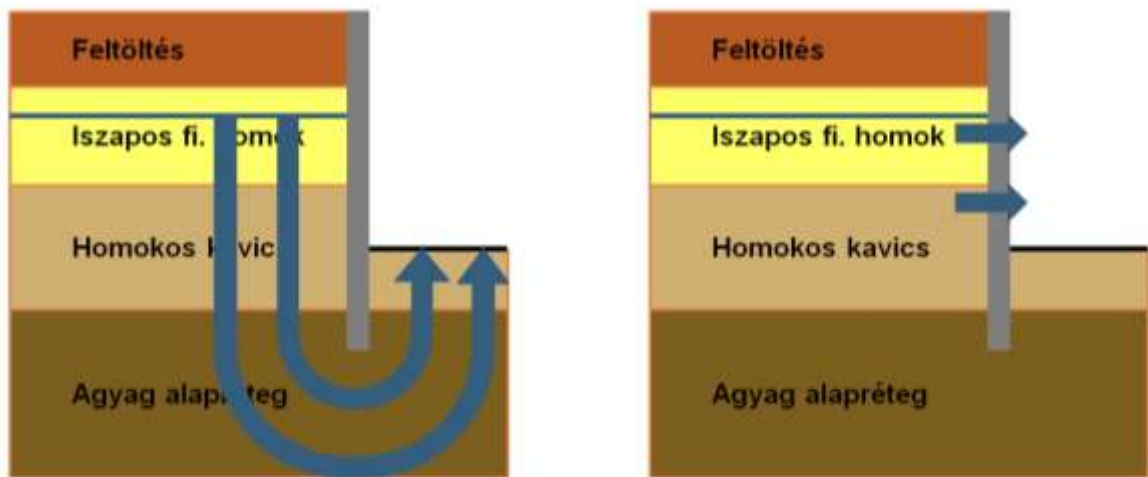
A 2.2. ábrán látható példák a szerkezeti elemek tönkremeneteli módjait mutatják, melyeket a szerkezet anyagától függően az MSZ EN 1992, MSZ EN 1993, MSZ EN 1995 és MSZ EN 1996 előírásai szerint kell vizsgálni.

A HYD határállapot keretében ellenőrizni kell, hogy felhajtóerő, vagy buzgárosodás miatti tönkremenetel, elfogadhatatlan mértékű vízszivárgás a támszerkezet alatt, vagy azon át, illetve talajszemcse kimosódás nem következik-e be (ld. 2.3. ábra).

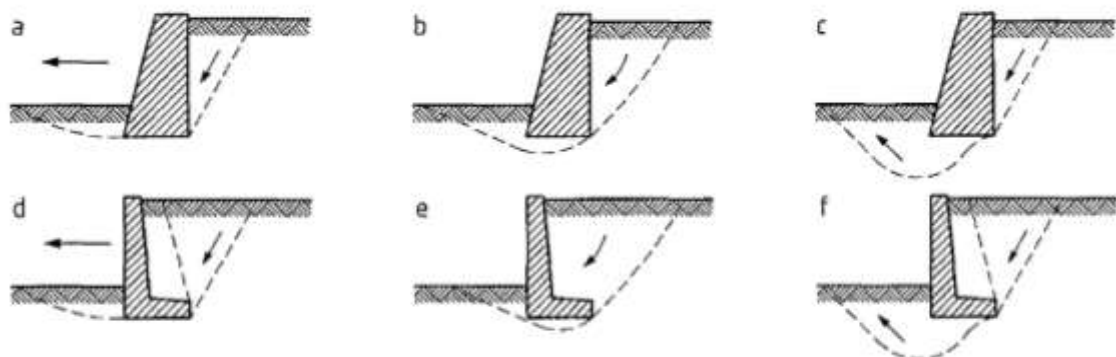
Súlytámfalak és összetett szerkezetek esetében GEO teherbírasi határállapotként kell vizsgálni a talajtörést és az elcsúszást, melyeket a síkalapokra vonatkozó előírások szerint lehet végezni. Ugyanakkor látni kell, hogy a 2.4. ábrán bemutatott tönkremeneteli módok szinte mindegyikében a kialakuló mozgáskép egy kinematikailag lehetséges törési mechanizmust jelent, melyre vonatkozóan az általános állékonyság vizsgálata érvényes. Közeten nyugvó alap esetén ellenőrizni kell a támfal felborulását (EQU határállapot) is.



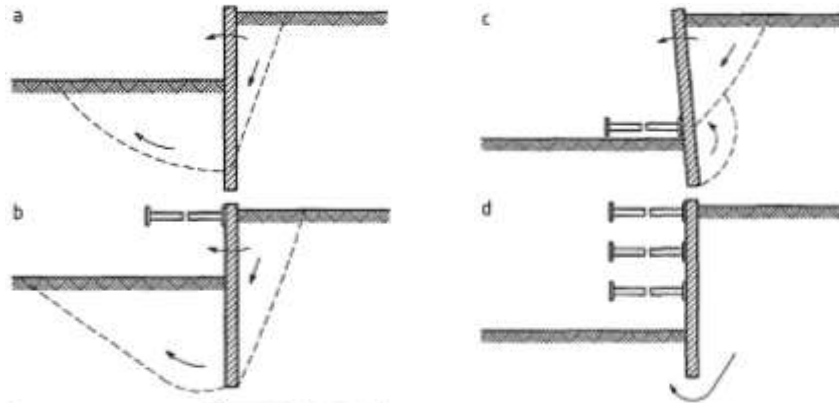
2.2. ábra: Szerkezeti elemek tönkremenetele (STR határállapot)



2.3. ábra: HYD határállapot tipikus esetei

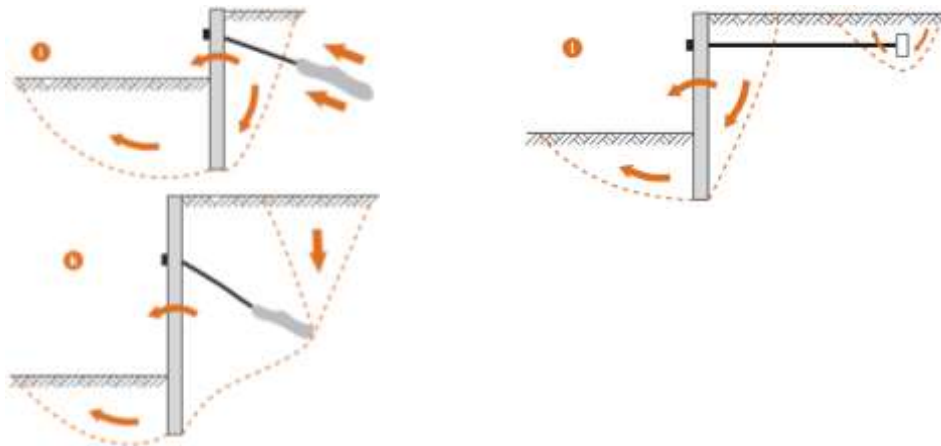


2.4. ábra: Alap alatti tönkremenetel - példák



2.5. ábra: Befogott falak elfordulásos tönkremenetelének módjai

Befogott falak tervezése során GEO típusú teherbírési határállapotként kell ellenőrizni a fal egészének vagy egy részének elfordulását vagy eltolódását, mely az egyensúlyi vizsgálatok alapján a befogási hossz megfelelő megválasztásával kerülhető el (ld. 2.5. ábra). Horgonyzott szerkezeteknél a megfelelő hosszúság megválasztásával küszöbölhető ki a 2.6. ábrán bemutatott GEO tönkremeneteli módok.



2.6. ábra: Horgonyzott falak tönkremenetele horgonykihúzóds miatt

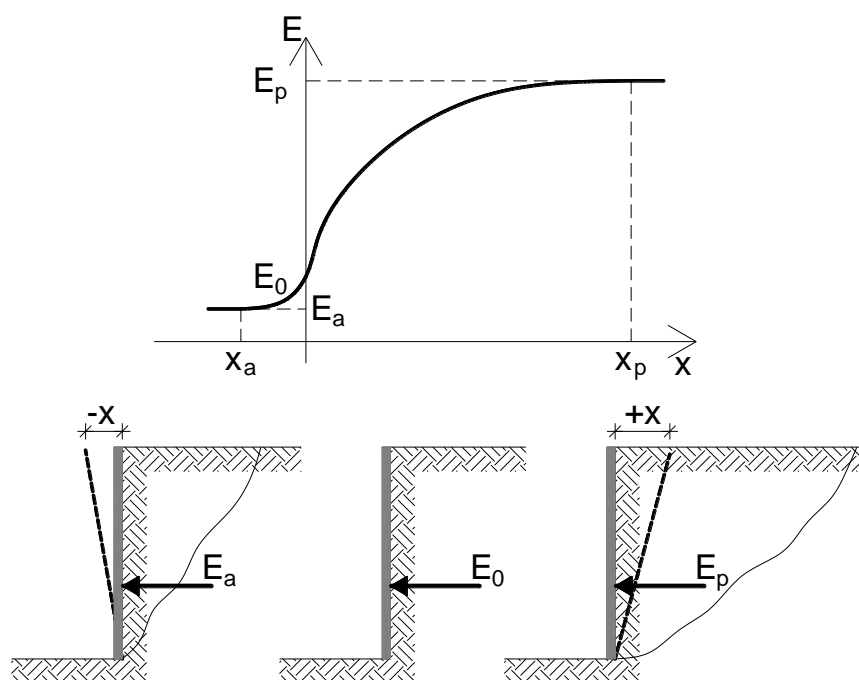
Támszerkezetek esetén valójában a GEO és STR teherbírési határállapotok általában együtt, illetve egymás után a talaj és a szerkezet együttes tönkremenetelével következnek be. A támszerkezet környezetében egy talajzóna nyírási ellenállásának kimerülése egyes szerkezeti elemeken túlterhelést vált ki, mely azok töréséhez vezet. Ugyanez fordítva is igaz, egy szerkezeti elem tönkremenetele miatt a túlterhelt talajzóna törési állapotba kerül.

A támszerkezetek előzőekben ismertetett határállapotainak igazolása nem csak végleges, hanem ideiglenes, kivitelezés közbeni állapotban is szükséges. Kiemelten fontos ez bevágásba kerülő támfalak esetén!

### 2.1.1.2. Hatások

A következőkben azokat a támszerkezeteket érő hatásokat tekintjük át, melyeket a tervezés során figyelembe kell venni.

Legfontosabb a háttöltés, ill. a csatlakozó talaj súlya, melyet a támfalra ható földnyomással veszünk számításba. A földnyomás meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy milyen jellegű, és mekkora mértékű mozgások engedhetők meg. A földnyomás nagysága mindenkor függ az elmozdulás mértékétől. Az alakváltozások irányától és nagyságától függően háromféle földnyomási határállapotot különböztetünk meg. Nyugalmi nyomásról akkor beszélünk, hogyha a talajhoz csatlakozó fal mozdulatlan. Ezt kell számításba venni, ha a támszerkezet mozgása valamilyen módon korlátozva van, pl. hídfők esetén. Aktív határállapot akkor alakul ki, hogyha a támszerkezet a talajtól távolodik, míg passzív földnyomás hat a talaj felé elmozduló szerkezetre. A 2.7. ábrán látható, hogy az elmozdulás és a földnyomás értéke között nem lineáris az összefüggés, inkább hiperbolikus függvénnyel közelíthető. A földnyomási határállapotok mobilizálódásához szükséges alakváltozás aktív állapot esetén olyan csekély ( $\sim H/300$ ), mely még általában megengedhető. A földnyomás nagyságát befolyásolja továbbá a csatlakozó térszín hajlása, a fal dőlése a függőlegeshez képest, a talajvízszint, a vízszivárgások, talaj nyírószilárdsága. Hangsúlyozzuk ismét, hogy csak alapos geotechnikai feltárások, laboratóriumi vizsgálatok eredményei szolgáltatathatják a méretezéshez szükséges precíz, pontos alapadatokat (talajfizikai paramétereket).



2.7. ábra: Földnyomások

A támszerkezetekre a földnyomások mellett hat a felszíni teherből keletkező nyomás is. Az állandó és esetleges terhek minél pontosabb meghatározása és szétválasztása a gazdaságos tervezés alapfeltétele.

A méretezés során figyelembe kell venni a talajvíz szintjét és az ebből fakadó szivárgási erőket is. Támfalak esetén általában a szerkezet mögött kiépített szivárgó, víztelenítő rendszer miatt a víznyomásokat tervezés során nem vesszük figyelembe, a víznyomásra való méretezés ugyanis gazdaságtalanul nagy geometriai méretekhez vezetne.

Számításba kell még venni hőmérsékletváltozás hatást is, mely elsősorban ideiglenes állapotban, dúcok esetén mértékadó. Tömör támszerkezet esetén a dilatációs szakaszok megfelelő megválasztásával lehet kezelni a problémát. A dilatációs szakaszokat az építési ütemezéshez igazodóan kell megválasztani. Ügyelni kell arra, hogy a dilatációs környezetben kifagyások ne alakulhassanak ki, ezért vízzáró dilatáció és vízorrszerű vízkivezetés alkalmazása lehet szükséges. A manapság elterjedten alkalmazott elemes, kőkosaras súlytámfalak erre a hatásra már nem érzékenyek.

A bevágásban készülő támszerkezetekre a pályáról letérő járművek révén ütközési erők is hathatnak. Ezen probléma szintén megelőző intézkedéssel kezelhető, a támszerkezetek előtti szakaszon erősebb visszatartási osztályba sorolt szalagkorlátot alkalmaznak, mely a nekicsapódás révén az ütközési energia jelentős részét elnyeli.

### 2.1.1.3. Tervezési módszerek

A támfalakra és a befogott szerkezetekre vonatkozó, a 2.2.1.1. pontban felsorolt vizsgálandó határállapotokat szemlélteti a 2.8. ábra.

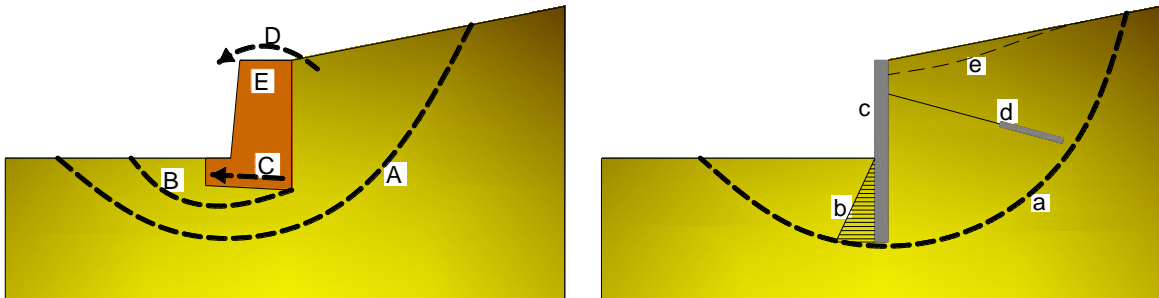
Támfalak tervezésekor ellenőrizni kell:

- A.) a megtámasztott rézsű általános állékonyságát,
- B.) a támfal alatti talajtörési ellenállást a szerkezetre jutó földnyomás és önsúly eredőjével szemben,
- C.) a támfal alapsíkon való elcsúszását,
- D.) a támfal kiborulását, és
- E.) a szerkezet, szerkezeti elemek tönkremenetelét.

Befogott szerkezetek tervezése során meg kell határozni a lehajtási mélységet és a geometriai méreteket, majd igazolni kell:

- a.) a megtámasztott rézsű általános állékonyságát,
- b.) és a szerkezet előtti talaj ellenállását (passzív földnyomás).
- c.) a megtámasztó szerkezet teherbírását a rá jutó igénybevételekkel szemben,

- d.) a horgonyok teherbírását kihúzóadás és szerkezeti tönkremenetellel szemben,
- e.) a fal és a környezet alakváltozásainak elfogadhatóságát.



2.8. ábra: Támfalak és befogott szerkezetek tervezési feladatai

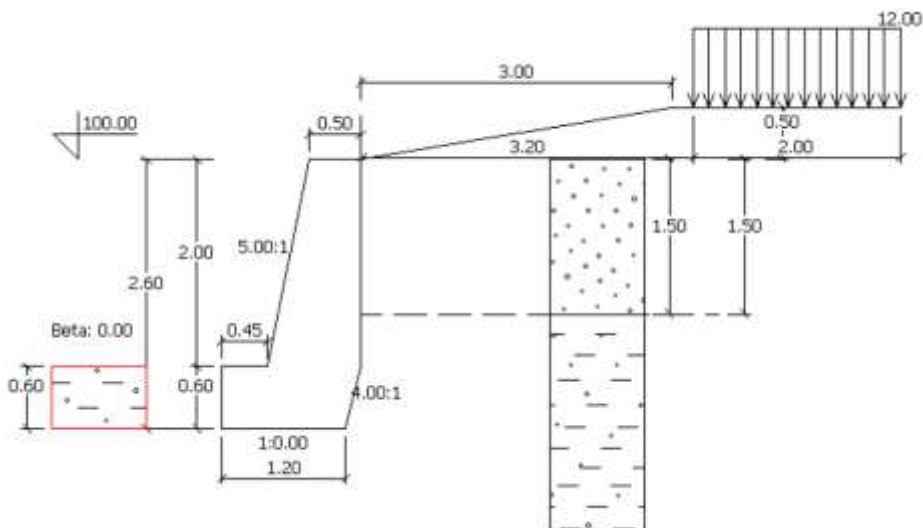
Az MSZ EN 1997-1 a geotechnikai szerkezetek tervezésére négy módszert fogad el:

- számításon alapuló tervezés,
- próbaterhelésen vagy kísérleten alapuló tervezés,
- tervezés megelőző intézkedésekkel,
- megfigyeléses módszer alkalmazása.

A felsoroltak közül támszerkezetek tervezése során a próbaterhelésen vagy kísérleten alapuló eljárás ritka esetben fordul elő (jellemzően csak egy-egy szerkezeti elem méretezésekor pl. horgonyok esetén). A megelőző intézkedéseken alapuló tervezésre a hatások ismertetésénél több példát is említettünk (ütközés - védőkorlát; víznyomás - szivárgó rendszer). Megfigyeléses módszer általában akkor alkalmazható, ha valamely káresemény helyreállítása zajlik. Példaként említjük az M0 útgyűrű bővítésénél bekövetkezett rézsúcsúszás helyreállítását, amelynél az eredeti pálya során kb. 1 km-rel arrébb történt káreset, mint összehasonlítható tapasztalat alapján, folyamatos geotechnikai felügyelet és monitoring mérések mellett történt a kivitelezés.

A támszerkezetek tervezése leggyakrabban a határállapotok számítással történő ellenőrzésével zajlik. Ennek egyik legegyszerűbb módja, amikor a földnyomást előzetesen a mozgásoktól függetlenül választjuk meg abból a feltevésből kiindulva, hogy az aktív földnyomás mobilizálódásához szükséges elmozdulás kicsi. Ezen módszer esetén a fal előtti földnyomásokat külön ellenőrizni szükséges. Ezt az eljárást alkalmazzuk kézi számításoknál, illetve egyes speciális geotechnikai szoftverek is ezen alapulnak (pl. Geo5 programcsomag, súlytámfal modul – ld. 2.9. ábra). Az eljárás hátránya, hogy a szerkezet várható alakváltozása nem becsülhető, illetve az építési fázisok csak külön-külön vizsgálhatók. A módszer elsősorban súlytámfal jellegű támszerkezetek esetében terjedt el.





2.9. ábra: Geo5 programcsomag, súlytámfal modul - bemenő paraméterek

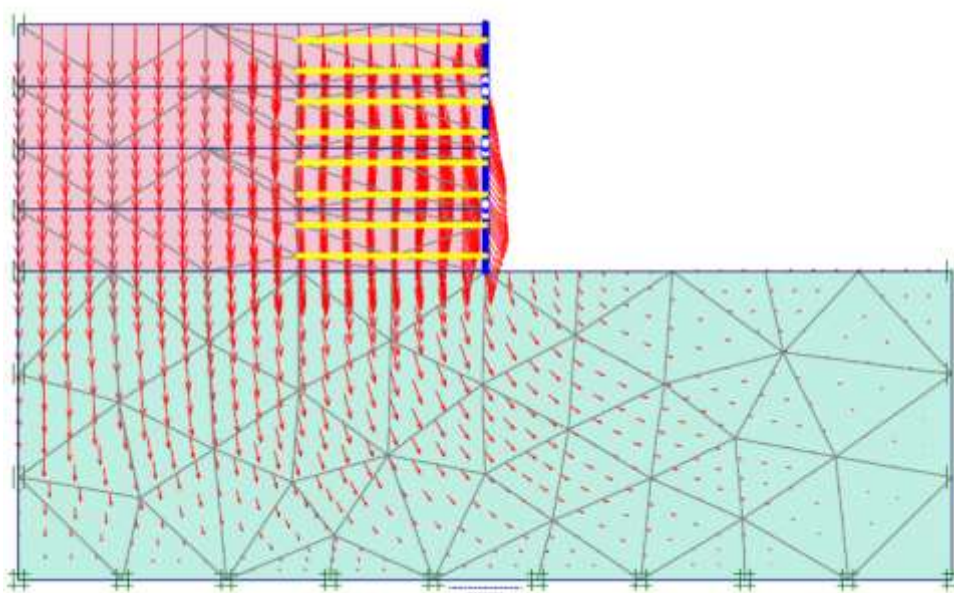
A rugóállandókon, ágyazáson alapuló számítási eljárás a szerkezetre ható földnyomást az elmozdulás függvényében adja meg, melyet diagramok, táblázatok, illetve lineáris rugómodell alapján lehet felvenni. A földnyomás értéke az aktív és passzív határállapotban van korlátozva. Ezt az iterációs számítási eljárást, melynek végén a földnyomás és a hozzá tartozó elmozdulás összhangban van, elsősorban befogott szerkezetek esetén alkalmazzuk, ahol a valós igénybevételek minél pontosabb meghatározása vezethet gazdaságos tervezéshez. A 2.10. ábra a lineáris rugómodellt mutatja. Ezen elven működik a Geo5 programcsomag szádfal ellenőrző modulja és Czap Zoltán programja is. Ezen programokkal már lehetőség nyílik a kivitelezési ütemezés vizsgálatára is, és számíthatjuk a szerkezetek várható elmozdulását. A környező talaj süllyedésének becslésére analitikus megoldást alkalmazhatunk (pl. Hamza).



2.10. ábra: Lineáris rugómodell



Az utóbbi években a támszerkezet tervezés területén is egyre jobban elterjedt a végeleemes programok használata, amelyekkel az összetett, bonyolult szerkezetek is vizsgálhatók. Ilyen programokkal lehetőség van a mozgási mechanizmusok, várható viselkedések pontosabb megismerésére, az építési fázisok analizálására, a talajok viselkedését jobban leíró, bonyolultabb anyagmodellek alkalmazására. A két- és háromdimenziós végeleemes szoftverek (pl. Plaxis, Midas) megadják a szerkezet és a környező talajzóna várható mozgását, számíthatjuk velük a szerkezetek igénybevételeit, és a teljes rézsű általános állékonyságának ellenőrzésére is alkalmasak, egyetlen modellt vizsgálva. A program a tönkremeneteli módok közül a legkritikusabbhoz tartozó biztonságot adja meg. A 2.11. ábra egy vasalt talajtámfal modellezésének eredményét szemlélteti.



2.11. ábra: Véges elemes modellezés eredménye (Plaxis)

Az MSZ EN 1997-1 ide vonatkozó melléklete alapján a támszerkezetek határállapotait a 2. tervezési módszer DA2\* változata szerint kell ellenőrizni. Ekkor a parciális tényezőket az igénybevételekhez és az ellenállásokhoz rendeljük, azaz számításainkat karakterisztikus értékekből kiindulva hajtjuk végre, és az így meghatározott igénybevételeket növeljük fel a parciális tényezőkkel. A földnyomások jelentős része a talaj önsúlyából keletkezik, ezért az állandó jellegű terhekhez tartozó parciális tényezőtől lehet kiindulni. Az esetleges hatások figyelembe vétele kétféle módon történhet, vagy a karakterisztikus értékekből indulunk ki, és az igénybevételeket egy a hatások arányát figyelembe vevő parciális tényezővel szorozzuk fel, vagy pedig az esetleges terheket eleve a két parciális tényező arányával ( $\gamma_G/\gamma_Q = 1,5/1,35 = 1,1$ ) felszorozva visszük be a modellünkbe.

Az általános állékonyság vizsgálata kivételt képez, mert azt a 3. tervezési módszer szerint kell végrehajtani, amikor a parciális tényezőket a talaj nyírószilárdsági paramétereikhez kell rendelni. Az alkalmazandó parciális tényezőket a 2.1. táblázat foglalja össze.

**2.1. táblázat: Parciális tényezők**

Tervezési módszer	hatás vagy igénybevétel			talajparaméterek				ellenállás			
	jellemző	állandó	hasznos	hatékony belső súrlódási szög	hatékony kohézió	drénezetlen nyírószilárdság	térfogatsúly	talajtörés	elcsúszás	földellenállás	részű és általános állékonyság
		$\gamma_G$	$\gamma_Q$	$\gamma_{\varphi'}$	$\gamma_{c'}$	$\gamma_{cu}$	$\gamma_\gamma$	$\gamma_{R,\gamma}$	$\gamma_{R,h}$	$\gamma_{R,e}$	$\gamma_{R,e}$
2		1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,40	1,10	1,40	1,10
3	geotechnikai	1,00	1,30	1,35	1,35	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	felszerkezeti	1,35	1,50								

A használhatósági határállapot keretein belül végzendő elmozdulás-számítás során a hatások és ellenállások karakterisztikus értékéből kell kiindulni. Az így becsült alakváltozásokat kell értékelni, abból a szempontból, hogy azokat a támszerkezet, a környező talaj, illetve a környező létesítmények képesek-e elviselni.

#### 2.1.1.4. Tervezési fázisok

A közlekedési pályákkal kapcsolatban létesítendő támszerkezetek tervezési rendje mindenkor igazodik a pálya tervezési menetéhez. A tervek részletessége, kidolgozottsága függ az aktuális tervezési fázistól. A korábbi magyar szabvány szerinti tervezési gyakorlatban a támszerkezetek tervezéséhez a geotechnikai alapadatokat a szakvélemény foglalta össze, esetlegesen ebben szerepelt az általános állékonyság ellenőrzése is. Az új, Eurocode alapú tervezési rend értelmében a geotechnikai adottságokat talajvizsgálati jelentésben kell bemutatni. A támfal (geotechnikai) tervezés alapján készül, ismertetve a kiindulási paramétereket, a számítás menetét és bemutatva a szerkezetet (a geotechnikai dokumentációk tartalmát részletesen ld. az 1. fejezetben). A következőkben az egyes tervezési fázisokban a támfalakra vonatkozó minimum előírásokat mutatjuk be.

A tanulmánytervben kell meghatározni, hogy hol célszerű, illetve szükséges támszerkezetet építeni, az adott körülmények mellett mely szerkezettípusok, milyen jellemző mérettel jöhetnek szóba. Ezek megállapítása elsősorban összehasonlítható tapasztalatokra kell, hogy támaszkodjon. A további tervezési fázisokra vonatkozó irányelveket lehet ekkor megfogalmazni.

Az engedélyezési tervben már be kell mutatni a szerkezet geometriáját, és szerepelnie kell a megfelelőséget igazoló számításoknak. A terv célja, hogy az érintettek számára felmérhető legyen a létesítmény környezeti hatása.

A tendertervben azokat a szerkezeti és geometriai paramétereket kell kikötni, melyek nem változtathatók meg, ismertetni kell a megtámasztás azon a jellemzőit, amelyekre alternatív megoldás ajánlható, az azokkal szemben támasztott követelményekkel együtt. Meg kell továbbá adni a kivitelezéssel kapcsolatos követelményeket is. Ezzel kapcsolatosan a tapasztalat azt mutatja, hogy a tendertervek nem elég részletesek, sok esetben a projekt indítása óta eltelt változásokat nem követik (pl. területszerzés), így az ajánlatadás gyakran nehézkessé válik. Ennek eredménye az, hogy a kivitelező rendre az újratervezés, áttervezés mellett dönt.

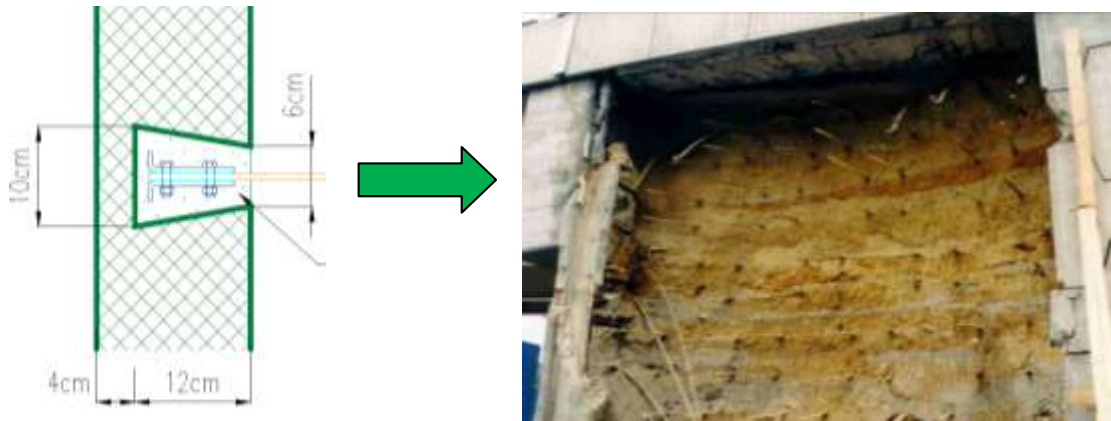
A kiviteli terv a végleges szerkezet típusát, geometriai jellemzőit, a számításokat kell, hogy tartalmazza. A megvalósulási dokumentum ennek kivitelezési tapasztalatokkal való kiegészítését, a kivitelezés során történt változtatásokat mutatja be.

A tervek kötelező részeként a fenntartási utasításokban egyebek mellett ki kell térni a mozgásmérés szükségességére és rendjére, a szerkezetek korróziójának ellenőrzési feladataira, a víztelenítő rendszerek tisztításának és ellenőrzésének módszerére és rendjére, valamint a horgonyszerkezetek ellenőrzésére és esetleges utófeszítésének szabályaira.

### **2.1.2. Kivitelezési követelmények**

---

A tervezés során a kivitelezési igényeket, követelményeket is szem előtt kell tartani. Első és legfontosabb kérdés, hogy a szerkezet a terven szereplő módon megépíthető-e. Erre példa az 1990-es években elsősorban hídfőknél létesített erősített talajtámfalaknál a homlokelem és a szalag kapcsolata. A tervek szerint a szorítóelemet a horgonyfészek közepébe kellett volna beilleszteni, azonban a függőleges falelemben a gravitáció hatására ez rendre lesüllyedt, melynek következtében a szalag a fészek szélénél elnyíródott és egyéb hatásokkal együttesen több szerkezet tönkremeneteléhez vezetett.



2.12. ábra: Homlokelem szalag kapcsolat hibás konstrukciója

Kivitelezéssel kapcsolatos fontos további elvárás, hogy a munkaterület munkagépekkel megközelíthető legyen, a szerkezeti anyagok beszállítása megoldható legyen.

### 2.1.3. Üzemeltetési követelmények

Szükséges előre megjegyezni, hogy a támszerkezetek üzemeltetése, fenntartása és ellenőrzése semmilyen szabványban, előírásban nincsen szabályozva úgy, mint például hidak esetében. Nincsen egységes vizsgálati metodika, nincsen egységes szempontrendszer. Ez természetesen annak is köszönhető, hogy eddig jellemzően sokkal kevesebb támszerkezet készült, mint híd, ezt mutatja az is, hogy az ÁAK kezelésében levő támszerkezetek átlagkora kb. 7-8 évre tehető. Ugyanakkor az utóbbi években megnövekedett műtárgyszám szükségessé tenné egy, a hidakhoz hasonló ellenőrzési metodika kidolgozását, üzemeltetési adatbank létrehozását.

Az ütügyi előírásban az üzemeltetésre vonatkozóan csak az az előírás, hogy a fenntartás ne követeljen különleges teendőket, a tervezett 100 éves élettartam alatt csak felületjavítási és tisztítási munkákat kelljen végezni. Az adott műtárgy részletes kezelési feladatait (Kezelési Karbantartási Kézikönyv) a megvalósulási tervnek kell tartalmaznia, ennek egységes előírásai még hiányoznak, így jelenleg valamennyi műtárgyra más és más szempontok szerint készülnek.

Az üzemeltetői feladat minimálisan a támfalak üzemelési időszakában a rendszeres geodéziai ellenőrzés és a megfigyelés az esetleges rendellenességek mihamarabbi felismerése érdekében. Ehhez előírandó az építés utáni állapotot rögzítő geodéziai bemérés, hiszen ez az üzemeltetés megkezdésekor a null-állapot, mint kiindulási állapot rögzítéséhez kell. A mérőpontok elhelyezését úgy kell megoldani, hogy azok ne károsodhassanak, ez egyes szerkezeti típusoknál (pl. gabion) nehézséget jelenthetnek. A rendszeres szemrevételezés és monitoring mérés elvégzéséhez a műtárgy

körbejárhatósága, megközelíthetősége biztosítandó. Ehhez a támszerkezet tetején kezelői járda kiépítése szükséges, melynek megközelítését alulról is biztosítani kell. A kezelői járda egyben lehetőséget nyújt a mozgásmérő csapok elhelyezésére is.

A támszerkezetek mögötti talajzóna víztelenítéséről már korábban volt szó a tervezési elveknél. Mivel a támfalaknál a kellő vízzárás, víztelenítés hiánya utólag szinte megoldhatatlan, továbbá a vízzel időszakosan elborított támfalak háttérének víztelenítési hiányossága vagy eliszapolódása üzemeltetői tapasztalat, ezért már a tervezéskor ezek műszakilag megfelelő megoldását biztosítani kell. A tapasztalatok azt mutatták, hogy a támszerkezetekkel kapcsolatos problémák rendre valamilyen vízkezelési kérdéssel függenek össze. Látni kell világosan, hogy a vízelvezés nem korlátozódhat - sem a tervezéskor, sem a fenntartáskor - szigorúan csak a támfalra és annak közvetlen környezetére. A tervezési és fenntartási figyelemnek a globális állékonyság biztosítása érdekében a támfaltól esetleg messzebb eső, de mégis a rendszer helyes működéséhez szükséges övárkokra is ki kell terjednie. A víztelenítés fontos abból a szempontból is, hogy a támfal által megtámasztott talajtömeg nedvességtartalma, átázottsága lényegesen rontja a talajfizikai paramétereket, ezért a támfalak mögött a vízelvezés megléte, ellenőrizhetősége, karbantartása, javíthatósága a támfal tartós, és helyes működése szempontjából lényeges. A támfalak mögötti víztelenítés általában valamilyen szivárgó rendszerrel történik, a szemcsés háttöltésben leszivárgó vizet az alaptest mögötti hossz-szivárgóval gyűjtik össze, melyet úgy kell kialakítani, hogy tisztítható legyen. A háttérterület felszíni vizeinek elvezetésére általában a kezelői járdával párhuzamosan haladó vízelvező árok kiépítése a gyakorlat, melyből a vizet ejtődréneken keresztül juttatják le. A tapasztalat azt mutatja, hogy ezen árkok, folyókák a mögötte levő talajtakaró miatt hamar szennyeződnek, eltömődnek, ezért felmerülhet a vízelvező másik oldalán további burkolt sáv kialakításának szükségessége. Kezelői járda és folyóka kialakítására mutat példát a 2.1. kép.



*2.1. kép: Kezelői járda folyókával*



Az üti elírás (e-UT 06.02.11) a támszerkezetekkel kapcsolatosan elvárja, hogy környezetbe illó legyen. Tervezés során előnyben kell részesíteni a növényzettel betelepíthető szerkezeti megoldásokat. Ezzel szemben a kezelői igény a növények mennyiségének minimalizálását célozza meg, különös tekintettel a mütárgyak déli oldalán. Ezen ellentmondás vélhetően kiküszöbölhető, hogyha a növényzetet szakember tervezi a környezeti viszonyokhoz igazodóan és a telepített növénytakaró kevés ápolást igényel.

További követelmény, hogy a támszerkezet szerkezeti kialakítása olyan legyen, hogy esetleges károsodás esetén lehetőség szerint önmagában javítható legyen.

#### **2.1.4. Egyéb követelmények**

---

Az előzőeken kívül három további szempontot kell még figyelembe venni támfalak létesítése esetén; a gazdaságosságot, a tartósságot és az esztétikai megjelenést.

Egy új támszerkezet kialakítása kapcsán a gazdaságosság értékelésénél nem csak a bekerülési költséget, hanem a teljes élettartamra vonatkozó karbantartási, felújítási, javítási költségeket is számba kell venni, figyelembe véve a várható leromlási folyamatokat. Fontos vizsgálni, hogy az elkészült létesítmény milyen gyakran igényel karbantartást. A költségekkel kapcsolatosan látni kell azt is, hogy a hazai gyakorlat szerint minden esetben a maximális biztonságra, a minimális fenntartási költségre törekszünk. Külföldön bevett gyakorlat, hogy az első fázisban csak részleges biztosítás kerül kiépítésre. Az esetleges további beavatkozásokról a folyamatos monitoring eredmények értékelése alapján lehet dönteni. Sokszor ez a szemlélet vezethet a leggazdaságosabb megoldás megtalálásához.

A támszerkezetek 100 éves élettartamra készülnek, mely a tervezés egyik bemenő paramétere. A geotechnikai feltárások eredményei, a helyszín ismerete, a meteorológiai adottságok, a külső hatások együttesen befolyásolják a szerkezetválasztást, a szabatos anyagminőség kiírását (pl. vasbeton kitéti osztály, cementminőség). Az anyagválasztást közlekedési pályák esetében a sóhatás is befolyásolhatja, a szükséges korrózióvédelmi előírások miatt. A nem megfelelő szerkezetválasztás, anyagválasztás példáját a Budapest, Hűvösvölgyi buszpályaudvar mellett készült fa máglyatámfal elemeinek károsodása illusztrálja. A fa elemek kapcsolatai a meteorológiai hatások miatt károsodtak, tönkrementek. Az alkalmazott szerkezet Észak-Európából származott, ahol a levegő nedvességtartalma a hazai viszonyokkal szemben az év folyamán jelentősen nem változik (ld. 2.2. kép).



*2.2. kép: Fa máglyafal - károsodott kapcsolatok*

A támszerkezetekkel kapcsolatosan az esztétikus kialakítás, a környezetbe illeszkedés is elvárható, különösen, ha bevágási részsű stabilizálását szolgálják. Látni kell ugyanakkor, hogy ez inkább szubjektív kérdés, ezt elsősorban a beruházói oldal szabja meg.





### 3. Támfalak típusai és specialitások

---

Természetes vagy mesterségesen kialakított szintkülönbségek esetén a földtömeget megtámasztó tartószerkezeteket támszerkezeteknek nevezzük. A megtámasztott közeg anyaga lehet talaj, szilárd kőzet, visszatöltés és víz. Megtámasztásnak az tekintendő, ha meredekebb rézsűhajlás mellett biztosítjuk a közeg egyensúlyát, mint amilyennél az megtámasztás nélkül képes lenne megállni. A támszerkezeteket két fő csoportra bonthatjuk, támfalakra, valamint befogott (és horgonyzott) szerkezetekre. Bizonyos esetekben a két csoport elemeit kombinálva is alkalmazzák.

A támfalak kő, beton vagy vasbeton anyagú, síkalapon álló, előre, vagy hátra nyúló talpszélesítéssel, merevítő bordákkal vagy azok nélkül készített falak. Támfalak esetén a megtámasztásban jelentős szerepe van a támszerkezet önsúlyának és bizonyos esetekben a megtámasztott közeg önsúlyának. Ebben a fejezetben a támfalak alaptípusait tekintjük át.

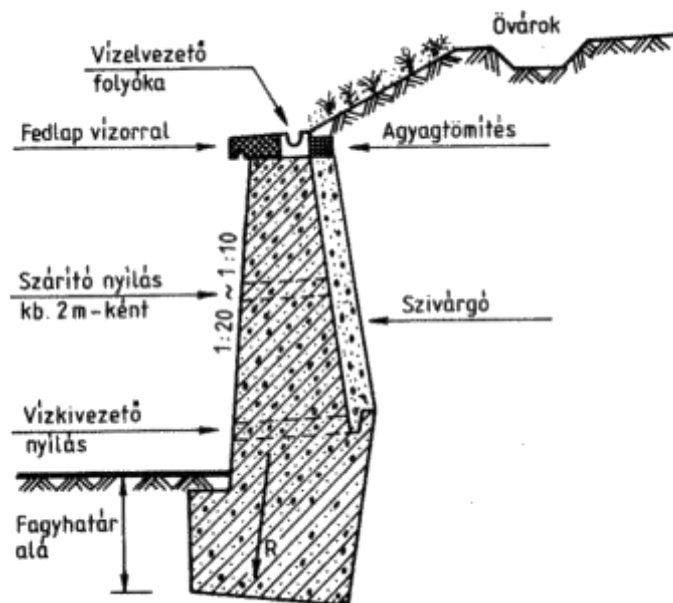
#### 3.1. Súlytámfalak

---

A súlytámfal jellemzően tömegbetonból, vasbetonból, vagy kőfalazatból készített támszerkezet, mely a támfalak egyik alaptípusa. A szerkezet a földnyomást a saját súlyával együtt a támfal alapsíkján ébredő talpnyomás és talpsúrlódás révén továbbítja a talajra. A súlytámfalak előnye, hogy jól követhetik a terepi adottságokat (pl. íves kialakítás is alkalmazható), és kőburkolattal esztétikus szerkezetek is kialakíthatók. Hátrányuk, hogy mivel a megtámasztott földtömeg nyomását kizárólag tömegükkel ellensúlyozzák, csak kis magasságig gazdaságosak. Mára a hagyományos súlytámfalakat szinte teljesen kiszorították a különböző elemes támfalak (máglyafalak, gabionfalak) és a megtámasztandó talajt együttdolgoztató támfaltípusok (erősített talajtámfalak), de műemléki környezetben, felújításoknál, vagy egyedi körülmények között szóba kerülhet az alkalmazásuk.



3.1. kép: Faragott kő burkolatú súlytámfal



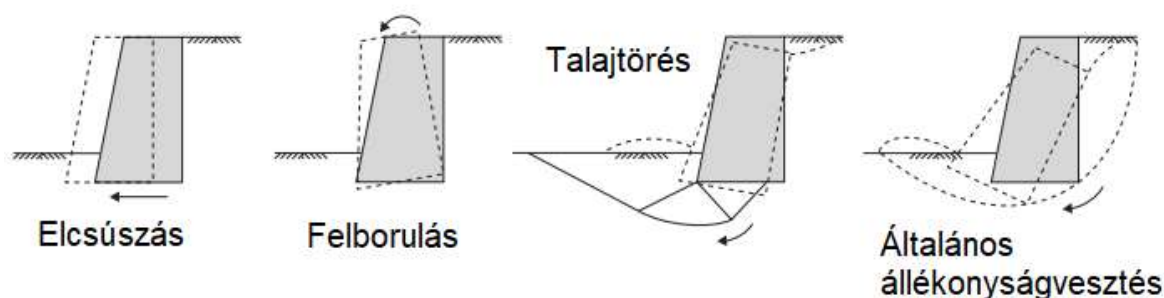
3.1. ábra: Hagományos súlytámfal jellemző keresztmetszete

Súlytámfalak tervezésekor az elsődleges kérdés a megfelelő geometria megtalálása, kialakítása. Ennek a mozgatórugója, hogy a támfal a rá ható földnyomásokat a saját tömegével egyensúlyozza, a megfelelő alakjával továbbítja az altalajra, valamint az anyagából fakadóan csak nagyon kicsi húzószilárdsággal rendelkezik – bár ez utóbbi

még mindig 2-3 nagyságrenddel nagyobb, mint a talajok kohéziója általában. A méretezésnél a támfalra ható földnyomások számítására jól kidolgozott módszerek állnak rendelkezésre, azonban ezek bemutatása túlmutat e jegyzet tartalmi keretein. Fontos hangsúlyozni azonban, hogy megtámasztott talaj földnyomása mellett a tervezés során tekintettel kell lenni az esetlegesen fellépő víznyomásokra is. A víznyomásra való méretezés azonban gazdaságtalanul nagy keresztmetszeti méreteket eredményezne, így e helyett a háttöltés gondos víztelenítésének feladatát kell megoldani. Emellett tekintettel kell lenni a háttöltés tömörítése során fellépő földnyomásokra, ezekről valamivel részletesebben a szögtámfalokról szóló fejezetben lesz szó. Figyelembe kell venni, hogy a támfal hátlapján ébredő földnyomás iránya a falsúrlódás miatt függ a háttöltés, a hátlap és a hátszivárgó anyagától, illetve a háttöltés vastagságától is.

### 3.1.1. Súlytámfalak geotechnikai méretezése

A súlytámfalak támfalak tervezése során a 3.2. ábrán látható geotechnikai határállapotokat (tönkremeneteli módokat) kell vizsgálni:



3.2. ábra: Súlytámfalak tervezése során vizsgálandó geotechnikai határállapotok.

Ezek közül az elcsúszás és a talajtörés az EC7 szerint a DA2\* tervezési módszerrel, az állékonyságvesztés pedig a DA3 tervezési módszerrel ellenőrizendő. Hagyományosan a felborulást is vizsgálni kellett, azonban talajok esetében ez is egy talajtörési probléma, így tisztán a felborulás legfeljebb szilárd kőzeten (vagy pl. beton műtárgyon) álló falak esetében fordulhat elő, ekkor azonban EQU határállapotként kezelendő. A talajtöréssel, kibillenéssel szembeni biztonság a legegyszerűbben völgyoldali sarkantyúval növelhető: az alapfelület megnő, és a forgáspont előrébb tolódik, míg a fal súlya a külpontossága miatt stabilizáló hatású. Elcsúszás ellen az alapsík megdöntése kb. 10°-ig, efelett a lépcsőzése célszerű. Az elcsúszás elleni fog kialakításáról részletesebben a szögtámfalaknál lesz szó.

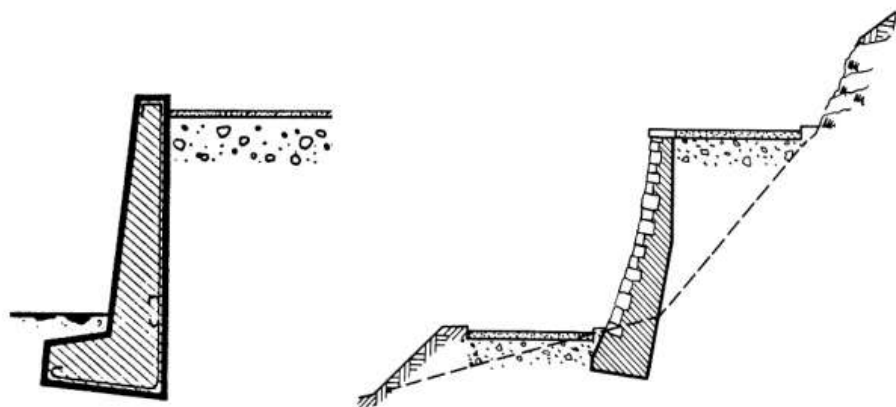
### 3.1.2. Súlytámfalak szerkezeti méretezése

A súlytámfalak szerkezeti méretezése, azaz STR határállapotra történő méretezése során biztosítani kell, hogy a fal ne törjön el. Ennek a merészebb módja, ha biztosítjuk, hogy a fal bármelyik vízszintes metszetében ébredő húzófeszültség kisebb legyen, mint az alkalmazott anyag húzószilárdsága. Azonban a húzószilárdság főleg kőfalazatoknál igen bizonytalan lehet, míg betonszerkezetek esetében a munkahézagok jelentenek gyenge pontokat, valamint gyengén vasalt szerkezetek esetében a vasalás általában nem elegendő a húzási ridegtörés megakadályozásához, ezért a súlytámfalak méretezése során a klasszikus eljárás az, amikor egy keresztmetszetben csak nyomófeszültségek ébrednek, azaz az eredő erő a keresztmetszet belső magjában hat. A lefelé növekvő nyomatékok miatt a súlytámfalakat célszerű trapéz alakúra kialakítani, a homlokfalat 1:10-1:20 hajlással hátradönteni. A tetejénél a vastagság ne legyen 30-40 cm-nél kisebb, a talpszélesség pedig legyen legalább a falmagasság negyede. A hátfal megdöntésével még gazdaságosabb anyagfelhasználás érhető el, azonban ez egy bizonyos pont felett építési nehézségekhez vezet (összetettebb zsaluzás, háttöltés kialakítása nehezebb), illetve a támfalnak háttöltés nélkül is állékonynak kell lenni (hátradőléssel szemben). A fentiek figyelembevételével kialakított, jellegzetes súlytámfal-keresztmetszeteket mutat a 3.3. ábra, a bal oldali képen egy egyszerűbb, gyakorlatiak kialakítást, míg a jobb oldali képen a legkisebb anyagfelhasználással megépíthető, ideális súlytámfalat, amelynél a falvastagság és a fal dőlése úgy lett kialakítva, hogy minden keresztmetszetben az eredő erő a súlyvonalra esik, az anyagban egyenletes nyomófeszültségeket ébresztve.

Általában 4 m magasságig lehet érdemes súlytámfalakat alkalmazni, e fölött más támfaltípusok már biztosan gazdaságosabban.

A méretezés szempontjából lényeges kérdés, hogy milyen földnyomást veszünk figyelembe. A földnyomás mértéke arányos a fal engedékenységevel, illetve elmozdulás-képességével – ez súlytámfalak esetében az altalaj engedékenységevel azonos, lévén maga a súlytámfal szinte végtelenül merevnek tekinthető. A stabilitás szempontjából, tehát GEO határállapotok esetében az aktív földnyomás figyelembevétele elegendő, mivel a talaj nyírószilárdságának mobilizálásához (mind az aktív, mind a passzív oldalon) viszonylag nagy alakváltozások szükségesek. Ezzel szemben a jellegzetes súlytámfalak húzószilárdságának kimerüléséhez egészen kicsi alakváltozások tartoznak, így az STR határállapotok vizsgálatakor magasabb földnyomás-értékek számításba vétele indokolt. A gyakorlatban ez az ún. növelt aktív földnyomást jelenti, tehát az aktív és a nyugalmi földnyomások „átlagértékét”. Indokolt lehet a növelt aktív, vagy a teljes nyugalmi földnyomás figyelembevétele a GEO határállapotok vizsgálatánál abban az esetben is, ha a fal elmozdulásait kell korlátozni.

Az aktív állapotból a környezeti rezgések, a csapadék beszivárgása és párolgás miatti kapilláris erők, valamint a hőmérsékletváltozások miatt a földnyomás könnyen újra elmozdul a nyugalmi állapot felé. Ez azzal jár, hogy amikor aktív állapotban a talaj törési – plasztikus – határállapotban van, akkor „utána vándorol” a támfalnak, majd a földnyomás megnövekedésekor újra megterheli, újfent kijebb mozdítva azt.



3.3. ábra: Súlytámfalak jellegzetes (balra) és ideális keresztmetszete (jobbra)

### **3.1.3. Súlytámfalak szerkezeti kialakításának szempontjai**

A súlytámfalak anyagválasztásakor elsősorban a (tömeg)beton és a kőfalazatok jönnek szóba, de előfordulhatnak (elsősorban régen épült szerkezeteknél) téglafalazatok is. Az anyagválasztásnál az egyik legfontosabb szempont a tartósság: az támfal szilárdsága a tervezett élettartama során ne romoljon le, és – ésszerű karbantartás mellett – a megjelenése, esztétikai minősége is maradjon elfogadható.

Betonszerkezetek esetében a tartósságra történő tervezés az MSZ 4798 szerint végezhető, az időjárásnak kitett betonfelületek miatt a vasalatlan beton súlytámfalak homloklapfelületei az XF1, vízszintes felületei (felső záradék, lépcsők stb.) az XF3 környezeti osztályba tartoznak, ami egyben az alkalmazható szilárdsági osztályokat is meghatározza. (Ha a támfal szózott közlekedési útvonal közvetlen közelében létesül, akkor a környezeti osztályok XF2, ill. XF4-re módosulnak.) A súlytámfalak nagyobb keresztmetszeti méretei miatt, a zsugorodási repedések elkerülésére célszerű alacsony hidratációs hőfejlődésű cementet alkalmazni a betonreceptúrához.

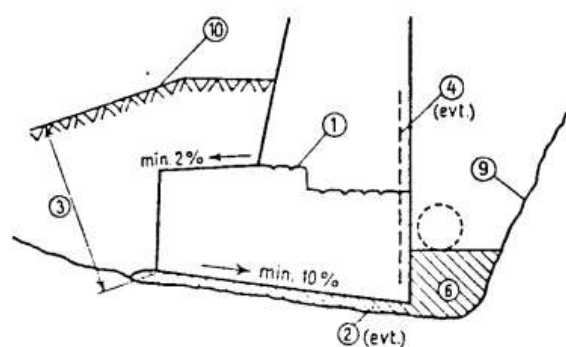
Falazott szerkezetű súlytámfalak az EC6-2 szerint általában az MX3 környezeti osztályba sorolhatók, a falazóelemekre és a habarcsra vonatkozó, tartóssággal kapcsolatos követelmények ugyanebben a szabványban találhatóak. Fontos szempontok, hogy a falazáshoz használt kőanyag legyen fagyálló (minél inkább zárt pórus szerkezetű), illetve ne legyen hajlamos mállási kérgék képződésére az alkalmazás helyszínén. Téglák esetében leginkább klinkertéglák alkalmasak, mivel a



normál téglá nem kellően fagyálló. Építőkövek és téglák alkalmazása esetén fontos még, hogy a kiválasztott anyag ne legyen hajlamos sókivirágzásra, ez ugyanis nemcsak esztétikai kérdés, hanem szilárdságvesztéshez is vezet. A sókivirágzás elkerülésére – a megfelelő víztelenítés mellett – a tömött anyagszerkezet, az alacsony porozitás a kedvező. Habarcsba rakott kő támfal esetén az alkalmazott kőanyaghoz illeszkednie kell a fugának, lehetőség szerint a páravándorlás a két anyagban azonos legyen. Ha ez nem lehetséges, akkor megfelelő anyagválasztással azt kell elérni, hogy a pára a fugán keresztül távozzon és ne a kövön keresztül.

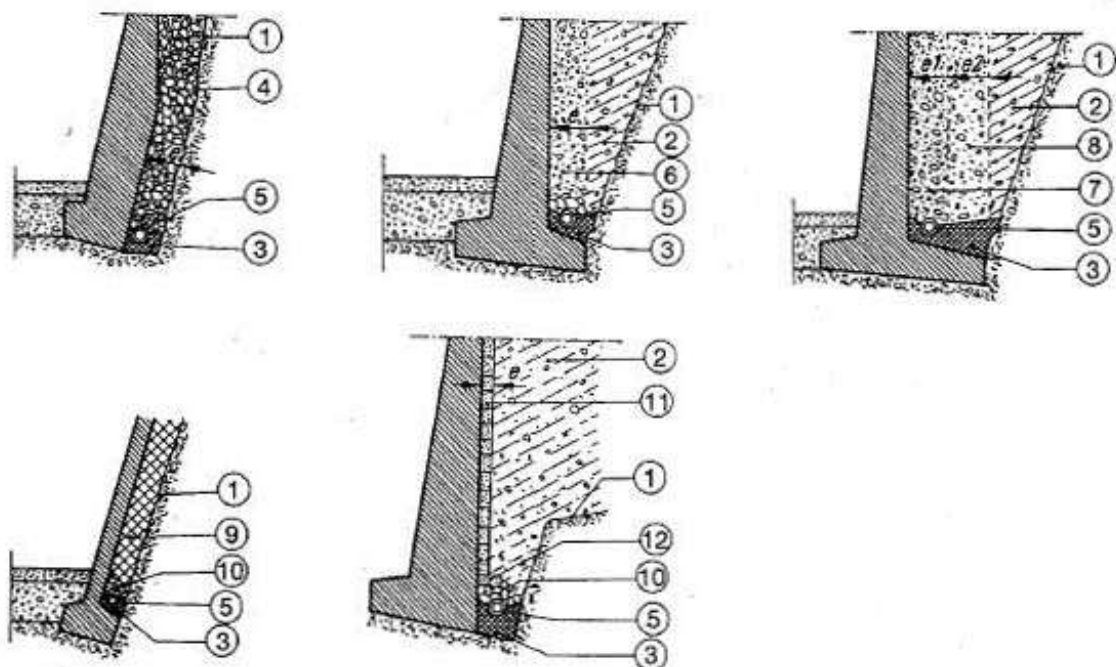
A súlytámfalak építésekor hosszirányban tágulási hézagokat kell beiktatni, hogy a falban jelentős hosszirányú igénybevételek (elsősorban hajlítás az eltérő altalajú szakaszok közötti süllyedéskülönbségből, hőmérsékleti hatásokból, a földnyomás hossz menti változásából) ne tudjanak kialakulni. A mozgási hézagokat vasalatlan falak esetében legfeljebb 15-30 m-enként célszerű beiktatni, kisebb várható mozgások – rövidebb dilatációs szakaszok – esetén akár szoros hézagként vagy hornyos kialakítással, nagyobb mozgások esetén azonban rugalmas kitöltőanyaggal és fugazárással. A munkahézagok osztásköze beton súlytámfalaknál se haladja meg az X táblázatban szereplő értékeket. Igényesebb kialakításnál a munkahézagok utóbb kimunkálhatók vakhézagokká is. Abban az esetben, ha a háttöltés felől vízszivárgás várható, vagy a háttöltés kimosódását meg kell akadályozni, a dilatációkba fugaszalagok beépítése ajánlott. Az egyes betonozási egységek, blokkok hosszát érdemes korlátozni a kinyitandó munkatér hossza miatt is: időjárásra, csapadékra érzékeny talajkörnyezetben a túl korán kinyitott munkagödör felülete leromolhat, átázhat. Ha a fal rendelkezik hosszeséssel, akkor lejtésirányba érdemes építeni, így a kinyitott munkaterület víztelenítése jelentősen egyszerűsödik.

Ha a beton súlytámfal építése során vízszintes munkahézagokat is kialakítanak, akkor azt a 3.4. ábra szerint lépcsőzetesen célszerű, hogy a fal nyírószilárdsága ne csökkenjen a fugában.



3.4. ábra: vízszintes munkahézag lépcsős kialakítása

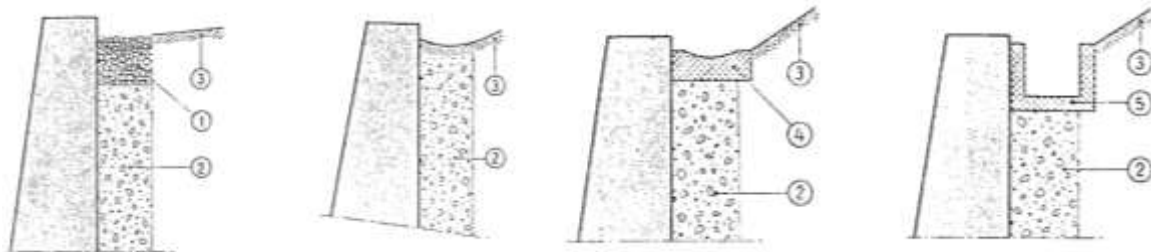
A támfalak hátoldalán a víznyomás kialakulásának megakadályozására hagyományosan hátszivárgót készítenek, a szivárgótest kavicsból készül, alatta pedig döngölt agyagra helyezett beton folyóka vagy perforált műanyag cső vezet el a vizet. A kavicsrostet a termett talajtól geotextíliával választják el, hogy elkerüljék a finomszemcsék bemosódását. Napjainkban előtérbe kerültek a geoműanyagból készített komplett drén-rendszerek, drénaplanok is. A drénrendszert a tervezés során hidraulikusan méretezni kell, ha az nem csak a szivárgó vizek szerkezeti elvezetését szolgálja. Az anyagválasztáskor figyelembe kell venni, hogy az alkalmazott geoműanyagok tartóssága legyen összhangban a támfal üzemi élettartamával. Míg rövidebb támfalak esetén elegendő lehet a falvégeknél a drének kivezetése, addig hosszabb támfalakknál a szivárgó kivezetéseit érdemes úgy kiosztani, hogy blokkonként legalább egy kerüljön elhelyezésre, és ezek legyenek a hátszivárgó lokális mélypontjai. A kivezetéshez cseppentő cső, vagy előfej, vízorr alkalmazása javasolt, hogy a szivárgó víz ne a falon folyjon végig. A hátszivárgón legfeljebb 50-70 m-enként tisztítóaknákat célszerű elhelyezni. Vízfolyások menti támfalak esetében figyelembe kell venni azok vízszintjeit, hogy a szivárgón keresztül ne jöjjön létre visszaduzzasztás a háttöltésben. Adott esetben több szinten is elhelyezhetők kivezetések. Jellemző hátszivárgó-kialakításokat mutat a 3.5. ábra. A hátradöntött alapsík előnyös abból a szempontból is, hogy az építés során a csapadékvizek könnyen összegyűjthetők és elvezethetők a hátszivárgó vonalában.



1. Kiemelt munkatér 2. Visszatöltés 3. Aljzatbeton 4. Kavicságy 5. Perforált dréncső 6-8. Szűrőrétegek, 9. Pórusbeton, 10. Kavics(16/32), 11. Előregyártott szivárgóaplan, 12. Rögztítés

3.5. ábra: Szivárgó kialakításának lehetőségei

A felszíni vizek biztonságos elvezetését is meg kell oldani. Kis terephajlásnál, csekély vízmennyiségnél ezek bevezethetők a hátszivárgóba, míg növekvő terephajlás és vízmennyiségek esetében egyre nagyobb befogadó- és vízvezető képességű folyóka szükséges. A felszíni víz elvezetési megoldásait mutatja a 3.6. ábra balról jobbra: kis vízmennyiség és 5% terephajlás alatt; földárokcal 5-12% között, folyókával 5-12% terephajlás között, burkolt árokkal 12% terephajlás felett. (Ezek az értékek tájékoztató jellegűek, kritikus esetben a vízvezető rendszer hidraulikai méretezése szükséges.)



3.6. ábra: Felszíni víz elvezetése a támfal tetejénél

Terméskő falnál a falat alulról felfalazzák, a beton súlytámfalat pedig zsaluzat segítségével építik. Beton súlytámfalak esetén még bevágásoknál is csak ritkán van arra lehetőség, hogy a termett talajra betonozzanak, így jellemzően kétoldali zsaluzat készül, utólagos háttöltéssel. A háttöltés gondos tömörítése nagyon fontos, de el kell kerülni a túltömörítést is, hogy ne lépjenek fel jelentős tömörítési nyomások. Talajnak betonozott hátfalú szerkezet építése csak abban az esetben lehet megfelelő, ha a földmunka pontossága megengedi a geokompozit drénpaplan szabályos elhelyezését, egyéb esetben a víztelenítés nem megoldott.

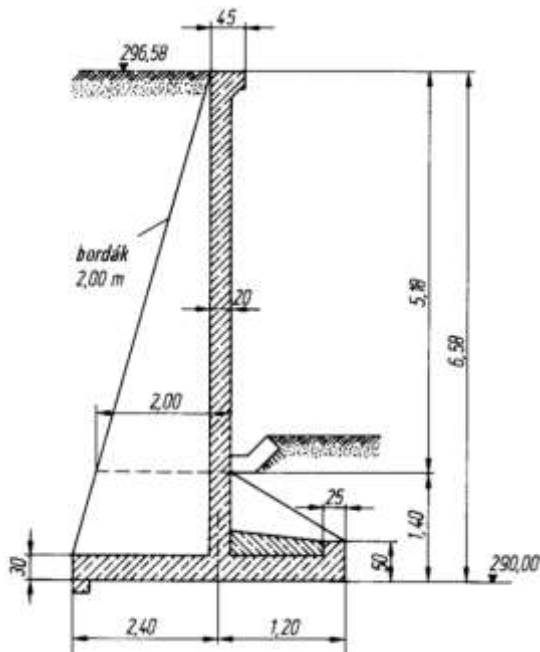
Falazott támszerkezet esetén biztosítani kell, hogy a fal kötését növényzet ne gyengítse, a támfal környezetében lévő növények gyökérzete ne bontsa meg a fal szerkezetét, ne alakuljanak ki megengedhetetlen mértékű alakváltozások.

Terméskő vagy klinkertégla burkolatú beton támfalak esetében biztosítani kell azt is, hogy az előtétfalazat megfelelően be legyen kötve a betonszerkezetbe, erre falkötővasak vagy kapcsok alkalmasak.

## 3.2. Szögtámfalak

A szögtámfal monolit vagy előregyártott vasbetonból készített, viszonylag vékony szerkezeti vastagságú támszerkezet, mely a megtámasztott talaj egy részének súlyát bevonja a fal stabilitását növelő erők közé. A szerkezet legfontosabb részei a felmenő fal és az alaplemez, melyet szükség esetén merevítő bordák kötnek össze, az elemek egymáshoz sarokmereven kapcsolódnak.





3.7. ábra: Szögtámfal jellemző keresztmetszete



3.2. kép: Bordás szögtámfal híd-háttöltésben építés közben

A szögtámfalak méreteit közelítőleg, kiindulásképpen az alábbi módon érdemes felvenni:

- felmenő fal és alaplemez vastagsága  $\approx 0,1 H$ , ahol  $H$  a szerkezet magassága az alapsíktól a fal tetejéig
- a felmenő fal vastagsága merevítő bordák alkalmazása esetén csökkenthető 20-30 cm-ig
- völgy oldali sarkantyú hossza  $\approx 0,1-0,15 H$
- hátranyúló alaplemez hossza  $\approx 0,4-0,6 H$
- merevítő bordák vastagsága: 20-30 cm
- zsaluzott, vagy szerelőbetonra épített szerkezeti elemek 20 cm-nél, talajra betonozott alaplemez 25 cm-nél ne legyen vékonyabb

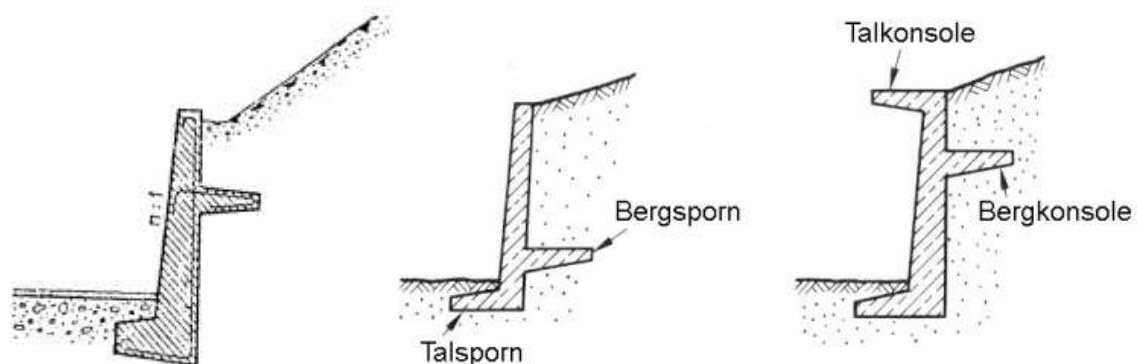
### 3.2.1. Szögtámfalak geotechnikai tervezése

Szögtámfalak geotechnikai tervezésénél ugyanazok a tönkremeneteli módok vizsgálandók, mint a súlytámfalak esetében (3.2. ábra), az alábbi jellegzetességekkel. A hagyományos elrendezés szerint a talplemez nagyobb része a homlokfal mögött helyezkedik el, így érvényesül a legjobban a megtámasztott talajtömeg önsúlyának hatása. Ritkább esetben, geometriai kötöttségek miatt (szűk beépített terület, telekhatár stb.), a talplemez kerülhet a homlokfal alá központosan, vagy akár teljes szélességben a homlokfal elé is. Ilyenkor természetesen a megtámasztott földtömeg súlya nem segíti az állékonyságot, ugyanakkor a súlyerő erőkarja jelentősen megnő, a

ferde földnyomás erőkarja pedig csökken, így a felborulási állékonyság biztosítható. Ez a típusú szögtámfal viszont a vékony szerkezeti vastagságok miatt viszonylag kis tömegű, így az elcsúszás veszélyére fokozottan kell figyelni, szükség esetén az alaplemez fogazása javasolható. Az alaplemezen kialakított fog tervezésekor ügyelni kell arra, hogy ezt csak kellően jó konzisztenciájú kötött talajban érdemes alkalmazni, mivel puhább kötött talajoknál, illetve szemcsés talajoknál a fog árkanak kiásása során a mellette lévő talaj fellazulhat, így a laza zónának nekitámaszkodó fog teherbírása lényegesen rosszabb lesz, mint a termelt talajra kiszámolt érték – adott esetben a fog teljesen hatástalan marad. Ilyen esetben célszerűbb döntött, esetleg fogazott alapfelületet kialakítani.

A merevítő bordákkal erősített szögtámfal előnye a kedvezőbb igénybevételek mellett, hogy a bordák felületén fellépő súrlódás és átboltozódás növeli az állékonyságot, azonban ezeket a hatásokat a klasszikus méretezés során nem használjuk ki.

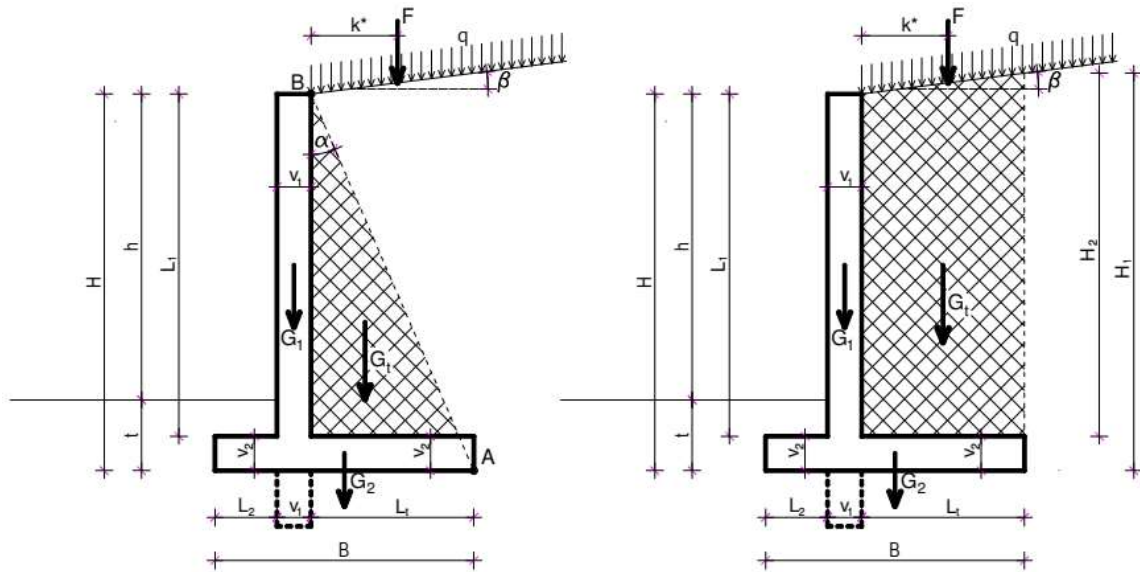
Szűk helyviszonyok között, pl. bevágási rézsűk esetén az alaplemez „felosztható” egy völgyoldali sarkantyúra, és a hegy felőli oldalon kialakított konzolra, mint a 3.8. ábrán. Ebben az esetben a konzollemez súlya, valamint az általa megtámasztott földék bevonható a teherviselésbe, azonban az alsó rész lényegében súlytámfalként fog viselkedni – ahogy a 3.8. ábrán is látható az arányokból. Azonban ez a típus inkább már a szögtámfalakhoz tartozik, mivel a konzol, illetve a homlokfal állékonyságához szükség van méretezett vasalásra, nyomatékbíró kapcsolatokra is.



3.8. ábra: Konzolos kialakítású támfalak

A földnyomások számításánál az alaplemez hátranyúló részén, vagy a hegy felőli konzolokon nyugvó talaj tömege beszámítható az ellenállás oldalán. Meg kell azonban vizsgálni, hogy az így kialakuló „kvázi-súlytámfal” ún. fiktív hátlapja milyen helyzetű: az alaplemez sarokpontjától indított a felmenő falhoz húzott egyenes, vagy az ugyaninnen induló függőleges egyenes lesz a mértékadó, azaz a kedvezőtlenebb. A ferde és függőleges fiktív hátlapokat a 3.9. ábra mutatja. A függőleges fiktív hátlap

általában a „hosszú” alaplemezek esetében mértékadó, azaz, ha teljesül, hogy  $L_t \geq \tan(45^\circ - \varphi/2)$  a 3.9.-es ábrán alkalmazott jelölésekkel.



3.9. ábra: Ferde és függőleges fiktív hátlapok szögtámfalaknál

### 3.2.2. Szögtámfalak szerkezeti méretezése

A szögtámfalak szerkezeti méretezése során – vasbeton szerkezekekről lévén szó – az Eurocode 2 előírásait kell követni, a terhelési jellemzők felvételéből adódó, lentebb részletezett sajátosságokkal együtt.

A méretezési földnyomás megválasztásánál ugyanazok a szempontok érvényesek, mint a súlytámfalaknál, a szerkezeti méretezést szögtámfalaknál is egy „növelt aktív” földnyomásra kell elvégezni. Merev, dobozszerű térbeli szerkezeteknél, mint pl. hídfők szárnyfalainál indokolt a teljes nyugalmi földnyomás alkalmazása.

A szögtámfalak szinte kizárólag előírt tömörségű, szemcsés háttöltéssel készülnek, így a méretezés során indokolt figyelembe venni a tömörítésből származó földnyomásokat. Ezek a terepszint közelében jellemzően – a tömörítéshez használt gépek súlyától függően – 10-25 kN/m<sup>2</sup> értékek, amelyet növekvő mélységgel „elnyom” a nyugalmi, illetve az aktív földnyomás. A tömörítési földnyomások jellegét a 3.10. ábra mutatja, részletesebb tárgyalása pl. a DIN 1054-ben található.

A merevítő bordák nélkül kialakított szögtámfalak esetében a kritikus csomópont a felmenő fal töve. Az itt adódó befogási nyomatéokra kell méretezni a felmenő fal vasalását, illetve az alaplemez vasalását a csatlakozó metszetekben.

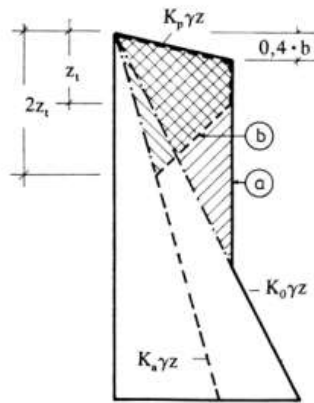
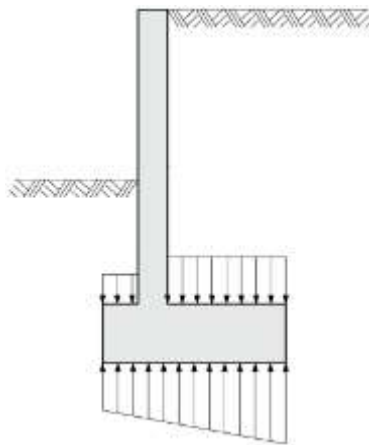


Bild P07.10: Verdichtungserddruck:  
 b - Breite des Rüttlers,  $Z_1$  - Wirkungstiefe  
 a) Überlagerung zum Erdruhedruck;  
 b) Überlagerung zum aktiven Erddruck  
 (SPOTKA, 1977)

### 3.10. ábra: Tömörítési földnyomás

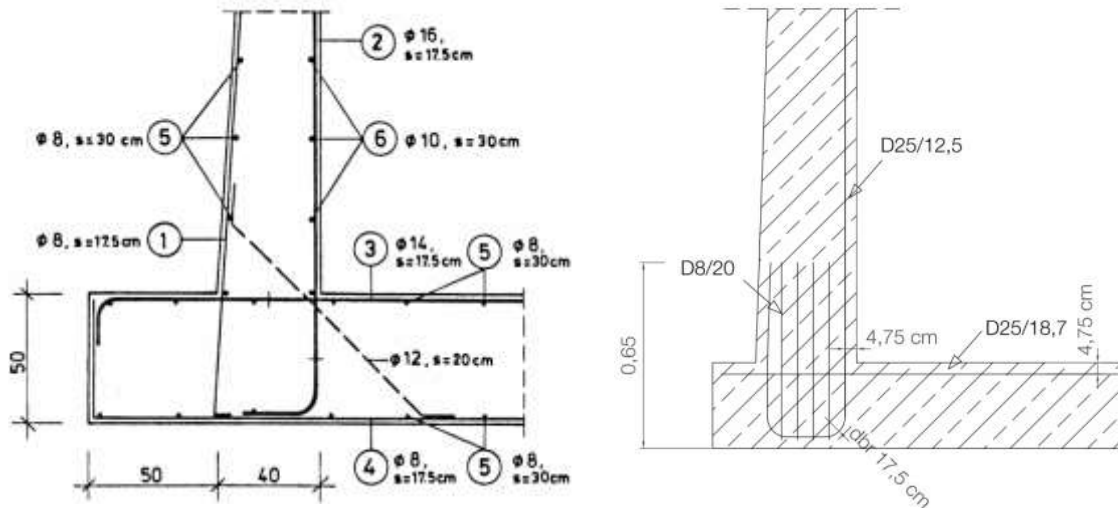
Az alaplemez igénybevételeinek számításához az adott szakasz terheléseként a takarásból és felszíni terhekből származó függőleges nyomásokat és a talpnyomás eredőjét kell képezni, a 3.11. ábra szerint.



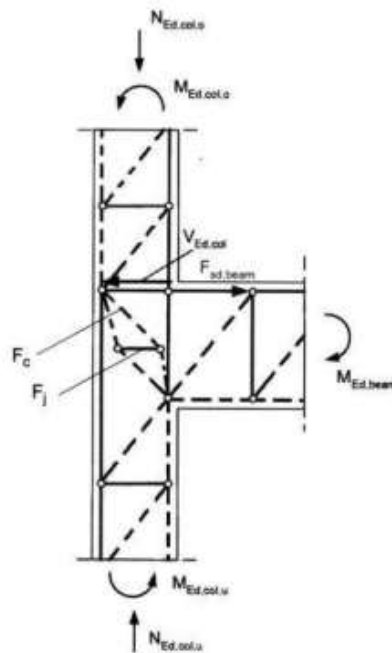
3.11 ábra: alaplemez terhelési sémája

A völgy oldali sarkantyú, illetve a fog a hosszuk és vastagságuk arányának függvényében rövidkonzolként vagy lemezként méretezendő, míg a felmenő fal és az alaplemez hátranyúló része lemezként, a merevítőbordák pedig tárcsaként. Ha merevítőbordákat is alkalmaznak, akkor a felmenő fal három oldalon megtámasztott lemezként viselkedik, így a konzolos kialakításhoz képest kisebb vastagsággal kialakítható, illetve a szerkezet szilárdsági kihasználtsága egyenletesebb, mint konzolos esetben.

A hagyományos kialakítású, konzolos felmenő fal vasalásának a kritikus csomópontja a faltő kialakítása, ennek egy javasolt kialakítását mutatja a 3.12. ábra. A keretsarok „nyíló” oldalán elhelyezett átlós pótvas a nyomatéki teherbírás biztosításához, illetve a repedések megnyílásának korlátozása miatt szükséges. Másik lehetőség a csomópont kialakítására, ha a fővasalást U-alakban visszahajlítják, ilyenkor a csomóponti erőátadás biztosítására hajtúvasalás szükséges. A csomópont méretezésére alkalmas rúdszerkezeti modellt a 3.13. ábra mutatja.



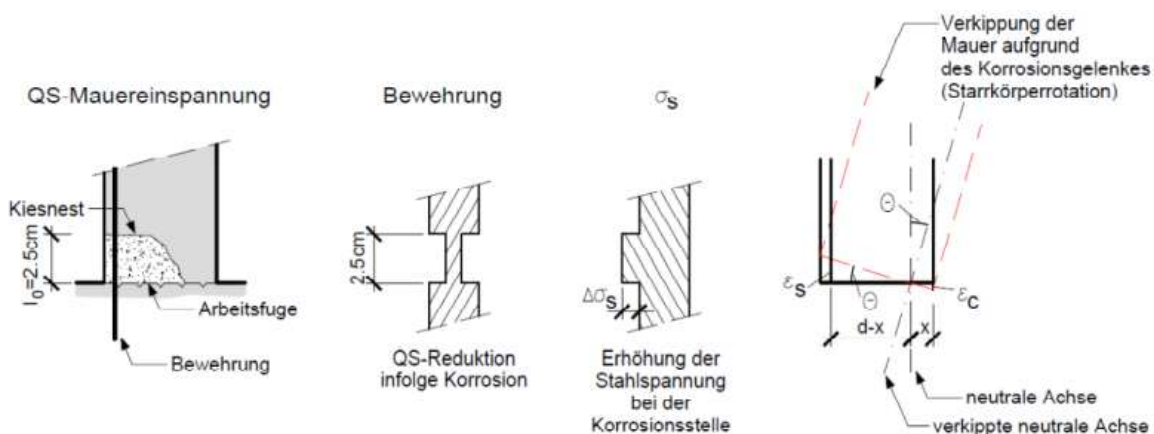
3.12 ábra: faltő vasalás javasolt kialakításai



3.13 ábra: Rúdszerkezeti modell faltő méretezéséhez

A fal felmenő vasalását az igénybevételeknek megfelelően lehet csökkenteni, illetve el lehet hagyni attól a keresztmetszettől felfelé, ahol a nyomatóki igénybevétel tervezési értéke a betonkeresztmetszet repesztőnyomatékának tervezési értéke alá csökken. A biztonság javára azonban egy minimális, a ridegtörés elkerülésére elegendő vasalást célszerű végigvezetni a hátoldal teljes magasságában, ilyenkor a teherbírás a gyengén vasalt szerkezetekre vonatkozó szabályok szerint számítható. A homlokfal elülső, időjárásnak kitett felületének közelében a vasalást célszerű „konstrukciós vasalásként” vagy csak szegővasalásként kialakítani, alacsonyan tartva a vasmennyiségeket, a korróziós problémákat megelőzendő. A fal és az alaplemez vízszintes vasalását – részletesebb számítás híján – a lemezekre vonatkozó szerkesztési szabályok szerint kell felvenni, és a megfelelő blokkmérettel biztosítani, hogy a hosszirányú igénybevételek nagysága kellően kicsi maradjon.

A faltő a tapasztalatok szerint korrózió szempontjából kritikus helynek minősül: az acélbetétek korróziója miatt azok elvékonyodnak, és egyfajta csukló alakul ki a keresztmetszetben. Ezt a jelenséget szemlélteti szematikusan a 3.14. ábra. Emiatt a faltő méretezése során nem csak a szilárdsági szempontból szükséges vasalást kell elhelyezni, hanem repedéstágasságra történő méretezés is szükséges. Az EC2 az XC2, XC3 és XC4 környezeti osztályokban  $w_k=0,3$  mm-es határértéket ír elő erre vonatkozóan.



3.14. ábra: korróziós csukló a faltőnél

### 3.2.3. Szögtámfalak szerkezeti kialakításának szempontjai

Szögtámfalak esetében a tartósságra történő tervezés az MSZ 4798 szerint végezhető, az időjárásnak kitett betonfelületek miatt a szögtámfal homlokfelületei az XC4-XF1, vízszintes felületei (felső záradék, lépcsők stb.) az XC4-XF3, a felmenő fal hátoldala és az alaplemez – megfelelő talajtakarás esetén – XC2 környezeti osztályba tartoznak, ami egyben az alkalmazható szilárdsági osztályokat is meghatározza. (Ha a támfal szózott



közlekedési útvonal közvetlen közelében létesül, akkor a környezeti osztályok XF2, ill. XF4-re módosulnak.)

A szögtámfalak építéseinél a tágulási hézagokat a súlytámfalakra leírtak szerint, legfeljebb 15-30 m-enként célszerű beiktatni, kisebb várható mozgások – rövidebb dilatációs szakaszok – esetén akár szoros hézagként vagy hornyos kialakítással, nagyobb mozgások esetén azonban rugalmas kitöltőanyaggal és fugazárással. A munkahézagok osztásköze a zsugorodási repedések korlátozása érdekében ne haladja meg az 3.1. táblázatban szereplő értékeket. Ha a zsugorodási repedések pontosabb számítása, illetve korlátozás fontos követelmény, akkor erre az EC2-3-ban leírt módszer alkalmazható. A háttöltés felől érkező, szivárgó vizek esetében a dilatációkba és a munkahézagokba fugaszalagok beépítése ajánlott. Az egyes betonozási egységek, blokkok hosszát érdemes korlátozni a kinyitandó munkatér hossza miatt is, a súlytámfalakra leírtaknak megfelelően.

**3.1. táblázat: Ajánlott munkahézag-távolságok hosszirányban csak konstrukciós vasalással ellátott, szilárd aljzatra (szerelőbeton, alaplemez, szilárd kőzet) betonozott szögtámfalak felmenő falaihoz**

Fal vastagsága:	Munkahézagok legnagyobb távolsága:
30 – 60 cm	5 - 8 m
60 – 100 cm	6 – 10 m
100 – 150 cm	5 – 8 m
150 – 200 cm	4 – 6 m

A betontakarás legkisebb értékei ( $C_{nom}$  – névleges betonfedés) monolit vasbeton szögtámfalakra – az egyes szerkezeti részek környezeti (kitéti) osztályainak megfelelően: a homlokfelületen 40 mm (jégolvasztó sónak kitett helyen 45 mm), a felmenő fal hátoldalán és az alaplemez tetején és oldalain 35 mm, míg az időjárásnak kitett vízszintes felületeken 45 mm (sópermetnek kitett felületeken 50 mm). Az alaplemez alsó vasalásának a betonfedése előkészített (tömörített) altalajra, homokos kavics vagy zúzottkő ágyazatra, vagy szerelőbetonra történő betonozáskor legalább 40 mm, míg előkészítetlen talaj esetében legalább 75 mm. A betontakarás biztosításához fontos, hogy azokat megfelelő távtartókra helyezzék, amelyek a betonozás során sem engednek elmozdulni vagy leesni az acélbetéteket.

A szögtámfal aljzatának kialakításánál fontos, hogy az ipari padlóknál gyakran alkalmazott megoldás, amikor a beton és az ágyazat közé PE-fóliát (adott esetben két rétegben) fektetnek, a támfalak esetében kifejezetten kerülendő megoldás, mivel drasztikusan lecsökkenti az alapsíkon fellépő súrlódást, így az elcsúszással szembeni

biztonságot is. Kötött (kis vízáteresztő képességű) talajnál a betonozást el lehet végezni közvetlenül az enyhén megnedvesített – nem feláztatott – talajon is, viszont nagy áteresztőképességű, szemcsés talajnál, ahol a talaj „kiszívna” a friss betonból a vizet, inkább szerelőbeton réteg beépítése javasolt.

A súlytámfalakhoz hasonlóan víznyomásra itt sem méretezzük a szerkezetet, a víztelenítést a szemcsés háttöltés aljába helyezett dréncsővel lehet megoldani, amelynek megfelelő hosszlejtést kell adni és szakaszonként ki kell vezetni a homlokfalon keresztül.

Alacsonyabb megtámasztandó földtestmagasság esetén (max. 2-3 m) alkalmazhatók előregyártott elemekből álló vasbeton szögtámfalak is, leggyakrabban vasúti rakodók, peronok megtámasztására és ömlesztett anyagok tározójaként. A 0,5-1,0 m-es elemeket a helyszínen egymáshoz illesztve kapcsolják össze. A nyíróerők átadására is alkalmas illesztés hornyos kapcsolatokkal történik, melyeket a helyszínen cementhabarccsal töltenek ki. Az elemek méretét a magasság függvényében a szállítási és beépítési kezelhetőség szempontjait figyelembe véve veszik fel, általában 10-20 cm közötti lemezvastagságokkal. Az előregyártott szögtámfal előnye a geometriai egyszerűség, a rövid helyszíni építési idő és a méretpontosság, hátránya viszont, hogy változó magasságú falak, ill. törtvonalú, vagy íves alaprajzú támfalak építésére csak korlátozottan alkalmasak – bár némelyik előregyártó üzem változatos termékkínálattal rendelkezik ezen a téren is.

### **3.3. Gabionfalak**

---

A gabionfalak súlytámfalhoz hasonlóan saját önsúlyukkal támasztják meg a talajt. A fal tömegét ebben az esetben azonban nem vasbeton adja, hanem kőanyag, amelyet acél hálóból készült cellák fognak össze. Egy-egy elem szinte tetszőleges méretű lehet, a leggyakrabban alkalmazott cellák gyártótól függően 0,5 x 1,0 x 2,0 m és 1,0 x 2,0 x 4,0 m közötti méretűek. A gabionok ketrecét horganyzással vagy műanyag bevonattal védik a korróziós hatásoktól. Az üres gabioncellákat a beépítési helyen felállítják és kötöződróttal egymáshoz rögzítik. Ezután a ketreceket kis részben kézi (homlokfelület rendezése), nagyobb részben gépi eszközökkel terméskővel megtöltik. A töltés során körültekintően kell eljárni, nehogy a hálószemek kitágulhassanak, és a kőanyag kicsúszhasson, ill. hogy a kőanyag a ketrecet jól kitöltse anélkül, hogy azok kihasasodnának. A kihasasodás csökkentésére, ill. megakadályozására alkalmaznak merevítő pálcákat a homlok és hátfal között (jellemzően 6-10 db/m<sup>2</sup>), mely a szerkezet merevségét is növeli.





3.3. kép: Gabion támfal – GyöngyöSOROSZI ZAGYTÁROZÓ

A gabionfal helyi kőanyag felhasználásával lehet a leggazdaságosabb, a kőanyaggal szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy ne legyen mállásra hajlamos. A támfalat gyakran a megtámasztott talaj felé döntéssel alakítják ki, sokszor több sorban. Alkalmazhatóak töltésekben és bevágásokban is, utóbbi esetben a megtámasztandó rézsű építés közbeni állékonyságát biztosítani kell. Ezen túl, már a tervezéskor fokozott figyelmet kell fordítani arra a veszélyre, hogy az utólagosan betöltött háttöltés nem megfelelő tömörítése esetén a támfal a tervezettnél jobban dőlhet hátrafelé. A szerkezet nem csak támszerkezetként működhet, alkalmaznak gabionokat mélyépítésben, közlekedés- és vízépítésben is (zajvédő fal, mederbiztosítás stb.). A gabionfalak előnyei, hogy jól lehet velük alkalmazkodni a terepadottságokhoz, viszonylag egyszerű a kivitelezésük, erősen vízáteresztőek, így a nedves háttöltést kiszáritják. Hátrányuk, hogy a kivitelezés munkaigényes.

A támfalak geometriai kialakításánál az alábbiakat kell figyelembe venni:

- a gabion elemeket kötésben kell elhelyezni,
- a homlokzat hajlása nem lehet  $80^\circ$ -nál nagyobb,
- a gabionfal fölötti rézsű lába legalább 50 cm-re legyen a fal hátoldalától,
- a fal lépcsősen is kialakítható,
- a gabionfal mögé nem kell szivárgó, de célszerű geotextíliával meggátolni a finomszemcsék bemosódását,

- a fal alsó szélessége legyen legalább a falmagasság 40 %-a,
- a falat célszerű a fagyhatár alá, kb. 25 cm vastag vasbeton alaplemezzre állítani,
- az alaplemez víztelenítését gondosan meg kell tervezni, különösen, ha a fal hátrafelé döntött.

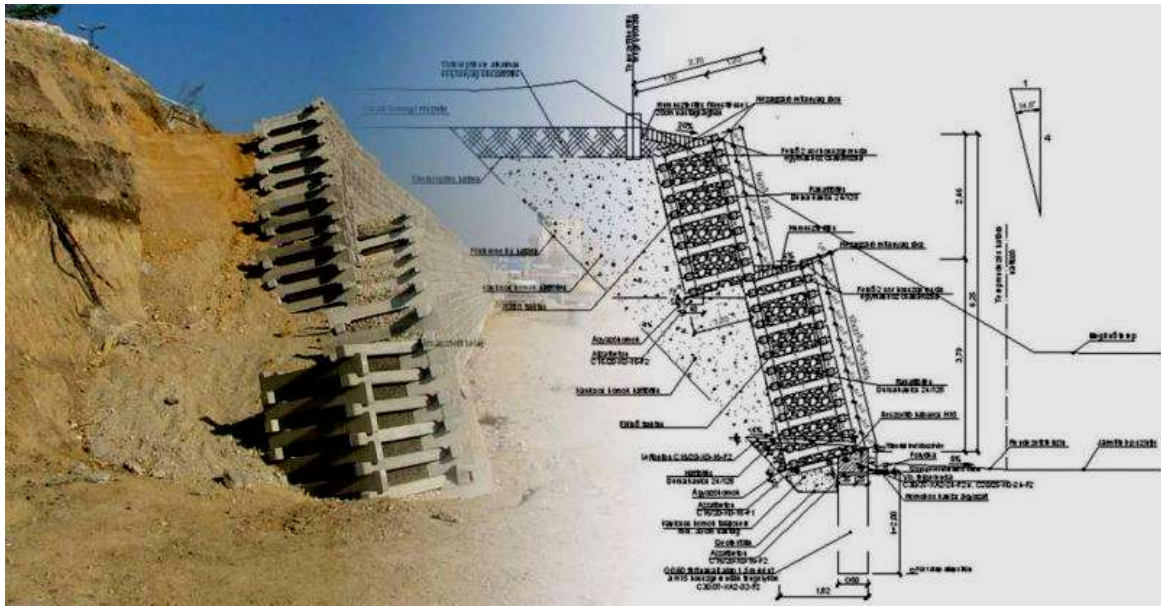
A szerkezet anyagára vonatkozó követelmények teljesülését általában a gyártó igazolja, ill. összehasonlító tapasztalatokra is lehet támaszkodni. A tervezés során az alábbiakat kell figyelembe venni:

- a háló megfelelőségét kísérlettel kell igazolni,
- a vízszintes csatlakozási felületek mentén való elcsúszással szembeni biztonságot is igazolni kell,
- vizsgálni kell, hogy a háló megrongálódása (esetleg akár szándékos rongálás) elindíthat –e súlyos károkhoz vezető tönkremenetelt,
- a gabionfalat súlytámfalként lehet méretezni, ha a belső teherátadáshoz szükséges teherbírás és merevség igazolható, ha a gabionon belüli utólagos süllyedések kizárhatók és ha az egymásra helyezett gabionok tartós felfekvése is igazolható.

### 3.4. Máglyafalak

---

A máglyafal előregyártott vasbeton (esetleg fa) anyagú elemek máglyaszerűen egymásra helyezett rendszeréből áll, az elemek közötti részt szemcsés földanyaggal töltik ki. Különösen környezetbarát, esztétikus falak alakíthatók így ki, hiszen a fal elemei közé a homlokfelületen növényzet telepíthető. Az így létrejövő támszerkezet a vasbeton elemek és a kitöltő anyag önsúlyát kihasználva súlytámfalhoz hasonló módon viselkedik. A falelemeket egy monolit alapozásra helyezik el, a fal homlokfelülete legtöbb esetben hátrafelé billen. Nagyobb magasság esetén a falat kiszélesítik, kettő vagy több sorban építik egymásra az elemeket. Az egyes cellák mérete jellemzően közel négyzetes, a cellákon belüli talajban silónyomás ébred. A máglyafalak legfőbb előnyei, hogy egyszerű, könnyű, nagy tömegben előregyártható elemekből készülnek, a terepi adottságokhoz jól illeszkednek, alkalmazhatóak változó magasságú falakként és rendkívül látványos, kellemes homlokfelület alakítható ki velük. Külön víztelenítésre nincsen szükség, hiszen a háttöltés szemcsés anyagból készül, a víz így akadálytalanul átfolyhat rajta.



3.15. ábra: Beton máglyatámfal nézete építés közben és metszete (InfoQuest Forte)

A máglyafalak alkalmazhatók sziklában és laza kőzetekben kialakított tereplépcsők és bevágási rézsűk biztosítására, töltésrézsűk lezárásaként, vagy különálló falként is (pl. zajvédő falként), a geometriai kialakítás könnyen igazodhat a helyszíni viszonyokhoz.

A méretezés során a külső stabilitásvizsgálat során a falat és a kitöltő talajt egyetlen súlytámfalnak tekintik. A belső stabilitásvizsgálat feladata pedig az elemek hajlítási méretezése és a kapcsolatok vizsgálata, a támfal celláin belül silónyomást, a hátfalra pedig aktív földnyomást feltételezve. Figyelembe kell venni a tervezés során az alábbiakat is:

- a falelemek alakváltozásai nem léphetik túl a megengedhető mértéket,
- a hátfal felé eső csomópontokban nem emelkedhetnek fel a falelemek,
- az elemek és kapcsolataik terhelhetőségét célszerű próbaterheléssel, esetleg laboratóriumi vizsgálattal is meghatározni,
- a stabilitásvizsgálat igazolható annak kimutatásával, hogy a falra ható földnyomásnak és a fal önsúlyának eredője egyetlen keresztmetszetben sem lép ki a belső magból,
- fából készült elemek esetében különös gondossággal kell vizsgálni a nedvességtartalom változásának és a faanyag kúszásának hatásait is.



3.4. kép: Fa máglyafal a Hűvösvölgyi úton (Permacrib)

Karbantartás során a máglyafalakat a repedések keletkezése, az elemek eltolódása és elbillenése szempontjából kell ellenőrizni, a homlokfalon élő növényzet nem korlátozhatja a vizsgálhatóságot.

### 3.5. Erősített talajtámfalak

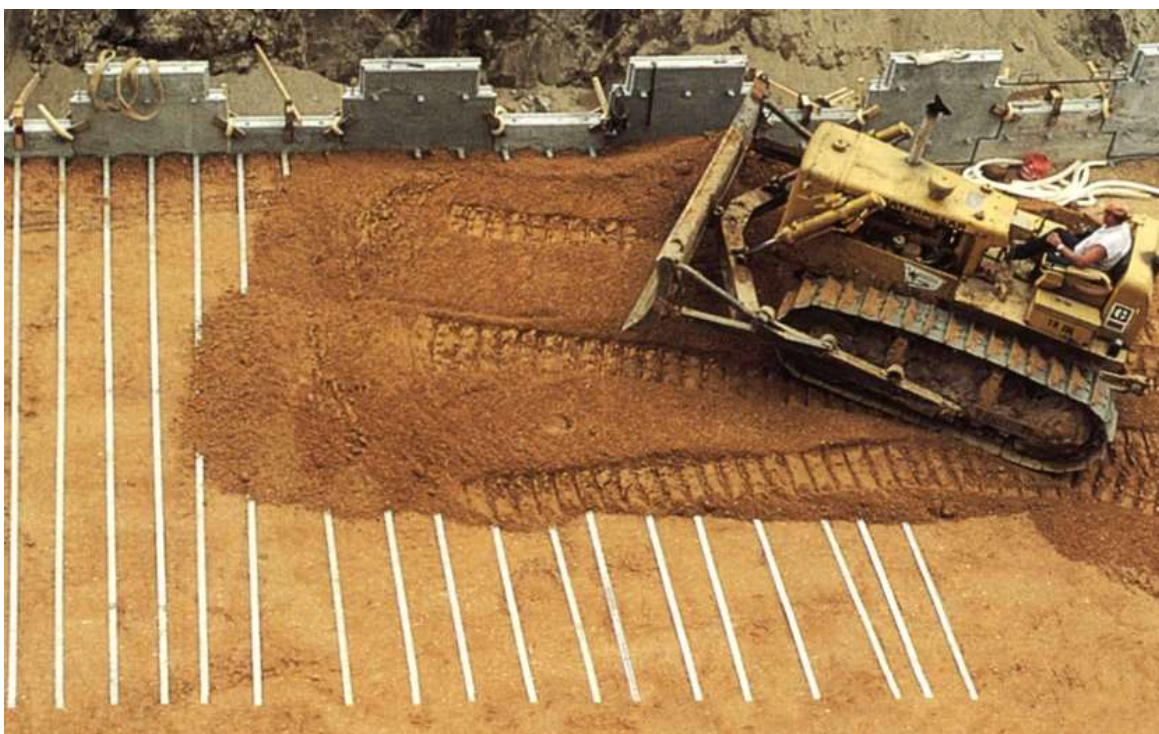
Az erősített talajtámfalak kiindulási alapját is a talaj együttdolgoztatásának gondolata adja. A talaj összetartását ezeknél a támfalaknál erősítő szalag, rúd, vagy rács (pl. georács) biztosítja, melyet valamilyen homlokfalhoz kapcsolnak. A megerősített talajzóna ezáltal egy blokká áll össze és súlytámfalként viselkedik. Ez az elv nagyon változatos megoldásokat tesz lehetővé az alkalmazott elemek méretétől, alakjától, anyagától függően. A homlokfal készülhet előregyártott vasbeton elemekből (kiselemes, nagyelemes), gabionfalból vagy máglyaelemekből is, a horgonyzáshoz pedig használnak különböző geoműanyagokat és acél elemeket is. A szerkezeti kialakítás szerint két fő csoportra oszthatjuk az erősített talajtámfalakat:

- a merev elemes homlokfalakkal készülő falakra,
- és a rugalmas geoműanyagokkal kialakított homlokfalakkal készülő támfalakra.

Az egyik legelterjedtebb, magas támfalak építésére is alkalmas merev homlokfal-as technológia a vasalt talajtámfal, jelen jegyzetben ennek részletesebb bemutatásával tekintjük át az erősített talajtámfalak jellemzőit.



A vasalt talajtámfal egy olyan megtámasztó szerkezet, amelynél a megtámasztó hatást acél (vagy műanyag) szalagokkal együttdolgoztatott talajtömeg fejt ki. A szerkezet homlokfala egy jellemzően vékony (10-20 cm) előregyártott vasbeton elemekből összeálló fal, amelynek hátoldalán acél vagy műanyag elemekhez rögzítik a szalagokat, esetleg rácsokat. A homlokfal egy kiegyenlítő monolit beton gerendán áll, melynek tartószerkezeti szerepe nincs, csupán a homlokelemek megfelelő helyzetét biztosítja. Az egyes homlokelemek hornyokkal, ill. csapokkal kapcsolódnak egymáshoz, lezárásként pedig egy előregyártott vasbeton elem kerül a fal felső élére. Az elemek kapcsolódásánál a talaj esetleges kipergését geotextília akadályozhatja.



*3.5. kép: Vasalt talajtámfal építése*

A támfal építése a következő lépésekben történik:

- a kiegyenlítő gerendára leállítják az első sor homlokelemet,
- rögzítik az elemek hátlapjához a legelső szalagokat,
- feltöltik és tömörítik a támfal mögött az első réteg kitöltő szemcsés anyagot,
- a betöltött rétegre lefektetik, és a homlokfalhoz rögzítik a következő sor szalagot,
- majd ismétlik a betöltést és a szalagok behelyezését, miközben folyamatosan szintenként emelik a homlokfalat is.

A kitöltő szemcsés anyag kiválasztása és megfelelő tömörítése különösen fontos, a homlokfal közelében azonban rendkívül körültekintően kell tömöríteni, hogy a szalagok sérülése a rögzítésnél elkerülhető legyen.

Vasalt talajtámfal tervezésekor figyelembe kell venni, hogy:

- a lehorgonyzó szalagok homlokelemhez történő rögzítése utólag nem ellenőrizhető, javítható,
- a különféle süllyedések elmozdulások jól láthatók rajta, mivel a csatlakozási hézag vonalának változásai megmutatják a problémát (ez kedvező),
- vasalt talajtámfal merev szerkezethez (pl. hídfőhöz) történő csatlakozásánál jól átgondolt hézaglezárást kell alkalmazni, hogy a talaj ne mosódjon ki, ne omoljon le, az esetlegesen berakott acél lezárás ne rozsdásodjon.

Vasalt talajtámfalakat világszerte nagy számban alkalmaznak. Az építési technológiából adódóan leginkább csak töltésekben lehet alkalmazni, de a szerkezet jól igazítható a helyszínrajzi kötöttségekhez, s kedvezőtlen talajmechanikai körülmények között is megbízható és gazdaságos támfal alakítható ki vele. Az eljárás bevezetését követően az 1960-as évektől napjainkig számos ezen az elven alapuló támfal készült, töltésmegtámasztás mellett rendkívül gyakran alkalmazzák hídfőkben is. A hídfőben való alkalmazás legnagyobb előnye, hogy a megerősített háttöltés képes a ráhelyezett síkalap terheinek továbbítására, így elhárítható vele a hídfők egyik legnehezebben megoldható problémája, a háttöltés és a hídfő között létrejövő süllyedéskülönbség. Kedvező altalaj esetén így nincs szükség költséges cölöpalapozásra, valamint elmaradhat a hagyományos hídfőknél a süllyedéskülönbségek csökkentésére szolgáló kiegyenlítő lemez. Ha az altalaj kedvezőtlen, illetve a szerkezet süllyedésérzékeny, a háttöltés megtámasztásának és a felszerkezeti terhek továbbításának feladata szétválasztható, s ilyenkor cölöpalapozással kombinált hídfő készülhet. A falak formája, az elemek felülete változatos és látványos lehet, így esztétikus megjelenésükkel hozzájárulhatnak a hidak formavilágának megújításához is.

Sajnos a hazai tapasztalatok nem igazán kedvezőek, mivel számos hídfőnél több kisebb tervezési (konstrukciós) és kivitelezési hiba egymásra halmozódása miatt néhány hídnál a megépítést követő pár év elteltével káresetek következtek be, több hídfő leomlott, ill. tönkremenetelhez közeli állapotba került. A hibák és okok elemzése jelen jegyzetnek nem célja, megemlítenéd azonban, hogy a káresetek hatására a hazai hídszabályzatban megtiltották, hogy hídfőt vasalt talajtámfallal alakítsanak ki. Remélhetőleg a nemzetközi építőipari gyakorlatban gazdaságossága és rugalmas alkalmazhatósága, valamint esztétikus megjelenése miatt széles körben elterjedt hídfőtípus a közeljövőben Magyarországon is ismét alkalmazható lesz és így a vasalt talajtámfalak szélesebb körben alkalmazásra kerülnek.



3.6. kép: Vasalt talajtámfalas töltés – TAI, Franciaország, A40 autópálya

Az erősített talajtámfalak geometriai tervezésekor a következőket kell betartani:

- az erősített talajtömeg szélessége legalább a falmagasság 60 %-a legyen,
- az erősítő elemek hossza általában azonos legyen a fal teljes magasságában és kellő hosszal érjen túl a legkedvezőtlenebb csúszólapon,
- az elemeket egyenletesen kell kiosztani, a legnagyobb szalagtávolság 1 m-es lehet.

Erősített talajtámfalak méretezésekor a támfalakra vonatkozó általános érvényű szabályok betartása mellett azt is igazolni kell, hogy:

- a homlokfalat alkotó elemek a rájuk jutó igénybevételeket elviselik,
- az alkalmazott erősítő elem a benne ébredő húzófeszültségeket elviseli,
- az erősítő elem és a talaj közötti kapcsolat megakadályozza az elem kihúzóadását,
- a megtámasztott földtömegben az erősítő elemek között haladó csúszólapon mentén sem következhet be állékonyságvesztés,
- a rugalmas homlokfelületű falak szándékos rongálása sem indíthat el súlyos károkhöz vezető tönkremeneteli folyamatokat.

Az erősített talajtámfalakkal kapcsolatban általánosságban elmondható, hogy az üzemeltetési tapasztalatok szerint sok gond lehet velük: nagyon fontos - ugyanakkor nagyon nehéz - a vízvezetés folyamatos és szakszerű biztosítása, kiemelt figyelmet kell ezért fordítani már tervezéskor a hozzáférhetőség, bejárhatóság biztosítására. Emellett fontos a stabilitást is biztosító telepített növényzet karbantartása is, amit a túl meredek falak gyakran nem tesznek lehetővé (hozzáférhetőség biztosítása, esetleg célgép betervezése az üzemeltetéshez).

### 3.6. Szegezett támfalak

Az erősített talajtámfalokhoz hasonló szegezett falak is a talaj együttdolgoztatásával támasztják meg a rézsút, a fő különbség itt a homlokfal kialakításában és az építési eljárásban van. A szegezett falak homlokfelülete lőttbetonnal kerül kialakításra. Az acélhálóra készített lőttbeton héjat a horgonyzásnál sűrűbb kiosztású acél talajszegek kötik hátra. A talajszegezés, mint megtámasztási mód nem tekinthető olyan állandó jellegű megoldásnak, mint pl. a korábban részletezett vasalt talajtámfalak. A szegezett falakat bevágások megtámasztására használják, építése fölülről lefelé haladva történik, lépcsőkben. Leggyakrabban közel függőleges munkagödrök ideiglenes biztosításánál alkalmazzák, sokszor akár más támszerkezettel kombinálva. Tipikus alagútépítési alkalmazási példát mutat a 3.7. kép, ahol az M6-os autópályán készülő egyik alagút bejáratának környezetét biztosították szegezett fallal.



3.7. kép: Szegezett fal az M6-os autópálya A jelű alagútjának északi bejáratánál

A szegek korrózióálló anyagból készülhetnek, kapcsolatukat a homlokfalal úgy kell kialakítani, hogy a szeg irányába ható normálerők a homlokfalra át tudjanak adódni. A homlokfalat általában teljes felületen lőttbetonos héjazat adja, melynek önsúlyát a fal alatti talaj viseli. A homlokfal mögötti földtömeget vízteleníteni kell.

A geometria rendkívül rugalmasan alkalmazkodhat a helyszíni körülményekhez, a tervezés során az alábbiakat kell betartani:



- a szegek hossza legalább a falmagasság 50 %-a legyen, és érjen megfelelő hosszal a legveszélyesebb csúszólap mögé,
- a szegek egyenletesen legyenek kiosztva, legnagyobb kiosztás 1,5 m lehet,
- földkiemeléskor a megtámasztatlanul maradó földfal magassága max. 1,5 m lehet,
- a homlokfal lehet függőleges vagy meredek hajlású, egyetlen síkból álló vagy lépcsőzetes.

A méretezés során a támfalakra vonatkozó általános előírásokat kell betartani, a következő sajátosságok figyelembevételével:

- a szegek teherbírását a homlokfal aljától a térszínhez futó aktív, ill. ugyanonnan a legalsó szeg végéhez indított csúszólap közötti lehetséges valamennyi csúszólapra ki kell mutatni,
- a szegek teherbírását kísérlettel kell igazolni,
- az építés közbeni állapotokat is vizsgálni kell.

### **3.7. Szilárdított talajtestek, mint megtámasztó szerkezetek**

Munkatérhatárolási feladatoknál, bizonyos körülmények (pl. telített szemcsés talajkörnyezet, vagy városi környezetben szűk felszíni építési terület) esetén, az építés közbeni állapot nehezen biztosítható hagyományos munkatérhatárolási szerkezetekkel. Ilyenkor alkalmaznak szilárdított talajtesteket támszerkezetként, elsősorban munkatér határolási céllal, de gyakran egyúttal más funkciót is ellát a szerkezet (pl. szomszédos épület alapozásának mélyítése). A szilárdított talajtest készülhet jethabarcosítással, vagy mélykeveréses technológiával (lásd részletesebben a 4. fejezetben).



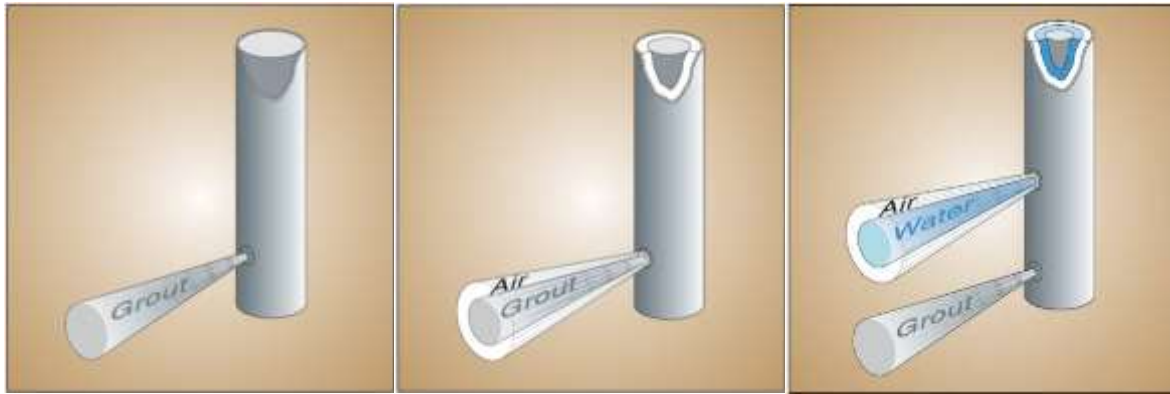
## 4. Rejtett szerkezetek

A vonalas létesítményeket veszélyeztető vagy károsító rézsúmozgások megakadályozására, a megtámasztó szerkezetek alapozásának megerősítésére elterjedten alkalmazzák a rejtett támbordákkal történő stabilizálást. Ennek célja, hogy a rézsűben a potenciálisan kialakuló csúszólapokat valamilyen talajjavítási technológiákkal átvágják, ezzel növelve a rézsústabilitást. A támbordák jethabarcosítási, mélykeverési (vagy a más blokkban tárgyalt mélyvibrációs talajkezelési) technológiával egyaránt készülhetnek.



4.1. ábra: Rejtett támbordák elvi vázlata

A jethabarcosítási eljárás a talaj vagy gyenge kőzet felaprózásából, kötőanyaggal való összekeveréséből, és azzal való részleges helyettesítéséből áll. A felaprózást nagy energiájú folyadéksugár idézi elő, amely lehet maga a kötőanyag is (rendszerint vízből és cementből kevert szuszpenzió). A jethabarcosítási eljárás lehet egyfázisú: ennek során egyetlen folyadék (rendszerint cementhabarcs) nagy energiájú kilövellése aprózza fel és köti meg a talajt. Kétfázisú levegős rendszer esetén a talaj felaprózását és cementálását egyetlen, de befújtt levegőburokkal segített cementhabarcs nagy energiájú kilövellése végzi. A kétfázisú vizes rendszerben nagy energiájú vízszugár aprózza fel a talajt, a cementálást pedig egyidejűleg, de külön fúvókán belövelt habarcssugárral érik el. A háromfázisú rendszerben légsugárral körbeburkolt, nagy energiájú vízszugár aprózza fel a talajt, és ennek cementáláshoz egyidejűleg külön fúvókán habarcs-sugarat lövellnek be.



4.2. ábra: Jethabarcosítási eljárás típusai

Az egyetlen fúrólukon keresztül létrehozott talajtest a habarcsosított talajelem. Ennek legelterjedtebb alakzatai: a habarcsosított talajoszlop (habarcsosítással kialakított hengeres elem) és a habarcsosított talajpanel (habarcsosítással kialakított sík elem). A habarcsosítással kialakított talajelemek részben vagy egészen összekapcsolódó együttese a habarcsosított talajszerkezet. A leggyakoribb ilyen szerkezetek: a habarcsosított talajfal (egyedi elemekből kialakított fal) és a habarcsosított talajlemez (többnyire függőlegesen végzett habarcsosítással létrehozott szerkezet), a habarcsosított talajboltozat (vízszintesen végzett habarcsosítással kialakított szerkezet) és a habarcsosított talajtömb (térbeli szerkezet).

Homogén szemcsés és kötött talajokban egyaránt alkalmazható, a járatos átmérők a kötöttebb talajokban kisebbek. A hazai járatos jet-oszlop átmérő 60....120 cm.

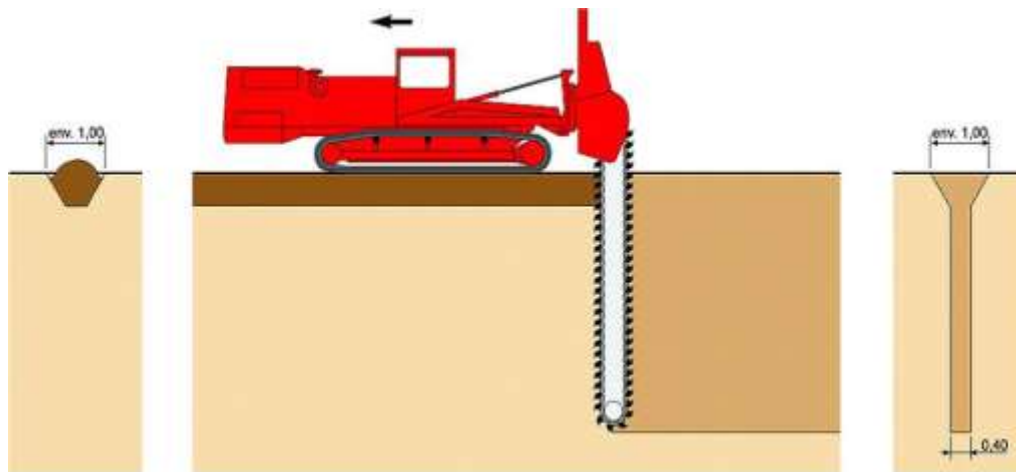
Különösen figyelni kell a következő geotechnikai adottságokra: kemény vagy merev kohéziós rétegek vagy lencsék, szerves rétegek, térfogatváltozó talajok, érzékeny szerkezetű agyagok, nyomás alatti talajvíz vagy artézi víz, áramló talajvíz, kövek/téglák vagy görgetegek, üregek vagy hulladéktömegek előfordulása. Ilyenkor a jethabarcosítási technológia alkalmazása kiegészítő intézkedéseket igényelhet (pl. fokozott valós idejű monitoring és annak térbeli értékelése, utólagos injektálás, jetparaméterek változtatása).

A kiviteli tervezés során ügyelni kell arra, hogy a furatok pereme a talajvízszint felett legyen, és megfelelő takarási vastagság és habarczoszlop túlnyomás biztosítsa a felszín közeli oszlop-keresztmetszet teljes értékű kialakulását. Minden esetben próbajelést kell az építés helyszínén végezni, és a kivitelezési jet-paramétereket e próba tapasztalatai alapján kell véglegesíteni. Mivel a jetelés során szándékosan idézünk elő talajtörést, ezért különösen fontos az egy napon belül elkészíthető jet-oszlopok helyét és maximális számát rögzíteni a cölöpkiosztási és haladási tervben, valamint a

környezet mozgásainak ellenőrzéséhez a rendszeres geodéziai mérések elvégzésének előírása. A kivitelezés megkezdésének itt is előfeltétele a jóváhagyott kiviteli terv alapján elkészített és jóváhagyott technológiai utasítás, valamint a minősítési és mintavételi terv. A kivitelezés során a megfigyelésnek és ellenőrzésnek ki kell terjednie a jet-paraméterek (habarcsnyomás, habarcs hozam, fúvókák átmérője, levegőnyomás, lebegőhozam, víznyomás, vízhozam, a felhúzás és a forgatás sebessége) dokumentált ellenőrzésére. A furatból visszafolyó jetlé a helyesen működő jet-technológia tartozéka; a jetlé gyűjtése és szikkasztása után a keletkező cementkő építési hulladékként kezelendő.

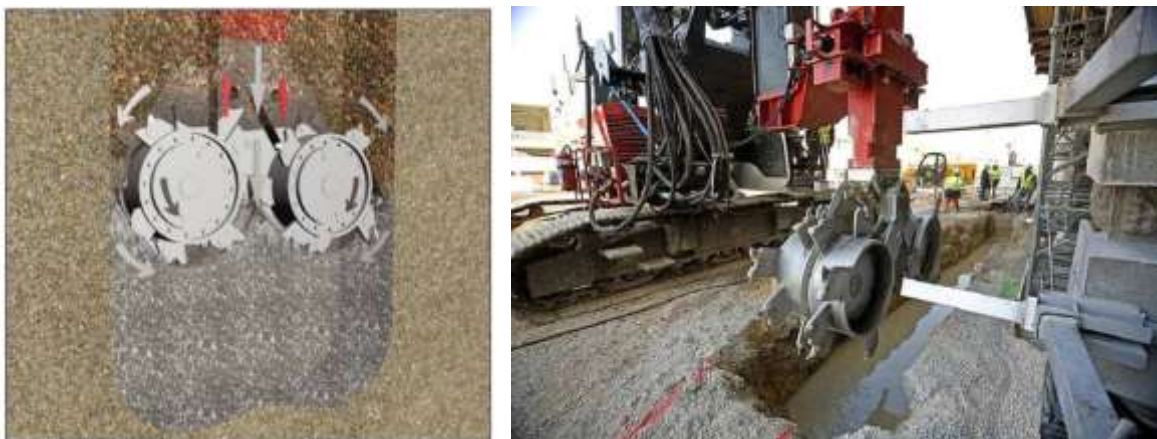
A jethabarcs minőségét a visszafolyó jetléből vett habarcsmintán habarcsvizsgálattal vagy hengermintán végzett egyirányú nyomószilárdság-vizsgálattal lehet ellenőrizni. A furatok közötti geofizikai átvilágítással vizsgálható – ellenőrzés céljából – a kapcsolódó habarcsosított talajelemek folytonossága. Az adott munka során alkalmazandó valamennyi minőségellenőrző vizsgálatról a minősítési és mintavételi tervben kell megállapodni.

A mélykeveréses eljárás olyan eljárás, amely a talaj in situ megbontásából és olyan szuszpenzióval való összekeveréséből áll, melyet vízből és kötőanyagokból töltőanyagok és adalékszerek hozzáadásával vagy anélkül állítanak elő. A száraz eljárás esetén a keverés előtt kerül elhelyezésre az adott nyomvonalban a bedolgozandó kötőanyag, és a láncfűrészhez hasonló keverőszerszámmal (Trenchmix) történő keverés során a talajvíztartalom függvényében kerül sor a helyszíni vízadagolásra (4.3. ábra). Nedves eljárás esetén a függőleges vagy vízszintes forgástengelyű keverőszerszám közvetlenül a folyadékként érkező anyagot keveri össze a talajjal. A mélykeveréses eljárásokkal (DSM, DDM, Trenchmix) változatos földtömegerősítő alakzatok állíthatók elő. (4.4. ábra) A technológia előnye, hogy a kivitelezés nem jár dinamikus hatással. Kellő előkészítési idő, kellő kivitelezői szaktudás és géppark, valamint kellő minőségbiztosítási tapasztalat szükséges a megfelelően működő és céljának eleget tevő erősített talajtömeg előállításához. A szárazkeveréshez használt kötőanyag általában cement, vagy mész és cement keveréke, a nedveskeveréshez használt kötőanyag a legtöbb esetben cement.



4.3. ábra: Trenchmix keverőgép működési elve

A tervezési fázisban kívánatos a talajvizsgálat eredményeként a következő információk megadása: konzisztenciahatárok, osztályozás, tömörség, szemeloszlás, ásványi összetétel, természetes víztartalom, szervesanyag-tartalom, alakváltozási és konszolidációs jellemzők, szilárdsági jellemzők, áteresztőképesség; a környező talaj és talajvíz vegyi és biológiai jellemzői. Mivel a tervezéskor nehéz lehet a terepi szilárdságot pontosan felbecsülni, ezért fontos laboratóriumi keverési vizsgálatokkal, tapasztalatok gyűjtésével, terepi vizsgálatokkal és igazoló vizsgálatokkal kell a terepi szilárdság alakulását felbecsülni és értékelni. A terv módosítása ajánlatos, ha az eredetileg tervezett követelmények nem teljesíthetők a próbaszakaszon végzett vizsgálatok eredményeinek értékelése alapján. A mélykeverés során a talajhoz hozzáadott kötőanyag, adalékszer, víz, töltőanyag, szerkezeti acélbetét minősége feleljen meg a tervben előírtaknak. Ha érzékeny szerkezetek vagy csúszásveszélyes rézsűk vannak a kivitelezés közelében, vagy lehetséges hatáskörzetében, állapotukat célszerű a kivitelezési munka előtt és közben is gondosan felmérni és dokumentálni.



4.4. ábra: Geomix eljárás és eszköze

A kivitelezés megkezdéséhez szükséges az elfogadott kiviteli terv alapján elkészített és jóváhagyott technológiai utasítás, valamint a minősítési és mintavételi terv. Ebben kell rögzíteni a geometriai elvárásokat, az alkalmazásra kerülő módszert és az ahhoz tartozó géppark paramétereit, a munkamenet pontos leírását, a friss anyagon és a megszilárdult anyagon végzett ellenőrző vizsgálatok jellegét és gyakoriságát, valamint a meddőelhelyezéssel kapcsolatos eljárást.



## 5. Szerkezetválasztási szempontok

---

A közlekedési pályákkal kapcsolatosan számos esetben merül fel az igény földmegtámasztó szerkezetek létesítésére, úgy mint rézsústabilizálás, rézsú kialakítására kevés hely, műtárgyak mentén. A támfalak, befogott (és horgonyzott) és rejtett szerkezetek mindegyike képes ezen igényeket kielégíteni. A műszakilag optimális szerkezetválasztást több tényező befolyásolja.

A vizsgálandó szakasz helyszíni viszonyai, a tervezett, illetve meglévő pálya helyzete és az áthidalandó magasságkülönbség jelentős mértékben szűkíti a lehetőségek tárházát. Például a bevágásba kerülő útszakasz esetén kerülni kell a tipikusan töltés megtámasztására szolgáló szerkezeteket, mint például a vasalt talajtámfal. Ugyanez fordítva is igaz, töltés megtámasztására utólag készítendő befogott szerkezetek építése nem alkalmazható.

A terület geotechnikai, hidrogeológiai adottságait is figyelembe kell venni a megtámasztó szerkezet választásánál. Vizsgálni szükséges, hogy az adott talajkörnyezetben például ideiglenes állapotban igazolható-e a rézsú stabilitása. Szükséges megvizsgálni, hogy például a támszerkezet hátfalára jutó terhelés esetén víznyomással számolni kell, ha igen, esetleg milyen módon kezelhető.

Fontos szempont a kivitelezési technológia is, figyelembe kell venni a rendelkezésre álló építési időt és a térgében található építési anyagokat is. Felmerülhet a kivitelező gépparkjának befolyásoló hatása is.

További fő szempont a gazdaságossági kérdés, mely során nem csak a bekerülési, hanem az üzemeltetési, fenntartási költségeket is számításba kell venni. Esetlegesen egy olcsóbb szerkezettel kapcsolatosan felmerülhetnek az üzemeltetés során jelentős fenntartási feladatok, melyek már a költséghatékonyság nagymértékben csökkentik.

## 6. Összefoglalás

---

A mélyalapozói mérnöki tapasztalatok szerint a szerkezeti és minőségi problémáknak mindössze 15%-a nem előzhető meg, a többi viszont elkerülhető. A tapasztalatok és elemzések szerint a rossz minőségű kivitelezés főbb okai a következők: 40%-ban számítási, tervezési hiba; 40%-ban hiányos szaktudású kivitelezői személyzet, 10%-ban anyaghiba; 10%-ban egyéb hiba. Ezeknek a hibáknak a megelőzésére szolgál az előkészítés, tervezés, kivitelezés, üzemeltetés fázisában a jogköröket, felelőségeket és döntési következményeket rögzítő minőségbiztosítási rendszer működtetése.

E szempontokat kívánta a támszerkezetekre vonatkozóan bemutatni jelen fejezet. Felhívjuk a figyelmet arra, hogy a megfelelő - geotechnikai, statikai - tervezés biztosíthatja csak a műszakilag optimális szerkezetválasztást és megfelelő megoldást. Ezt a tapasztalatok is igazolták. Több esetben fordult elő, hogy nem megfelelően előkészített tervekből végzett kivitelezés és majd az üzemeltetés során merültek fel olyan problémák, melyek alapos előkészítéssel kiküszöbölhetőek lehettek volna.

Fontos felhívni a figyelmet, hogy a kivitelezés során a folyamatos monitoring, ellenőrző mérések segíthetik a minőségi munkát, elkerülhetőek vele a kivitelezési hiányosságok, melyek a későbbiekben az üzemeltetés során folyamatos nehézségeket eredményezhetnek. Megjegyezzük továbbá, hogy szükséges lenne a támfalakra vonatkozóan is egy a hídszerkezetekhez hasonló megfigyelési és vizsgálati szempontrendszer kidolgozása, az ez alapján történő rendszer ellenőrzések adatbankba való összegyűjtése. Ez segíthet hosszú távon a gazdaságos, műszakilag megfelelő tervek előállításához.

## 7. Irodalomjegyzék

---

- [1] Kovácsházy Frigyes, Balázs Béla, Kovácsházy Péter: Támfalak és partfalak, Akadémiai kiadó, Budapest, 1985
- [2] Szepesházi R.: Geotechnika, Egyetemi jegyzet, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2008
- [3] Szepesházi R.: Geotechnikai tervezés – Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján, Business Media Magyarország Kft., Budapest, 2008
- [4] MSZ EN 1997-1:2006: Geotechnikai tervezés 1. rész: Általános előírások
- [5] MSZ EN ...\_ Speciális geotechnikai munkák kivitelezése - szabványsorozat
- [6] G.Philipponnat, B. Hubert – Fondations et ouvrages en terre, Eyrolles 2005
- [7] Geotechnical Engineering Handbook Volume1-3 Ernst and Sohn, Editor U.Smoltczyk, 2003
- [8] ÁAK, BAUER, BRK, DYWIDAG, EMAB, HBM, ICE, HBM, KELLER, MAHÍD2000, Pannon-Freyssinnet, Solétanche Bachy, Strabag, Terre Armée, LCPC jegyzetanyagok és képanyagok

## A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

### 2017.

1. NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd Iparban használatos vízminőségek
2. DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István Mérések a gáziparban
3. DR. BARNÁ Lajos, EÖRDÖGHÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTHÓ Zoltán, DR. BALLA József A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4. BORBÁS Lajos Dr. Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5. BERENCSI Miklós, BEREZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6. TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7. DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8. KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

### 2018.

9. BLAZSOVSZKY László A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10. CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11. NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és ügügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12. DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13. DR. SZILÁGYI Zsombor Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14. S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15. DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16. DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17. TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató

- |     |  |   |
|-----|--|---|
| 18. | FENYVESI Zsolt   | Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása   |
| 19. | GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás                         | Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)                              |
| 20. | DR. DIVÓS Ferenc   | Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek  |
| 21. | DR. KARÁCSONYI Zsolt   | Faanyagok tartós szilárdsága  |
| 22. | BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula                                  | Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez   |
| 23. | ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András   | Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye  |
| 24. | JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső | Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján |
| 25. | DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László                               | Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal  |