Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar

# SZAKDOLGOZAT

Kiss Gábor

2016

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Geotechnika Szakcsoport

# (BUDAPEST) KELENFÖLD – SZÁZHALOMBATTA VONALSZAKASZON 217+50 - 219+00 HM SZ KÖZÖTT TÖLTÉSLÁB MEGTÁMASZTÓ TÁMFAL ÉPÍTÉSE TENSARTECH RENDSZERREL

Kiss Gábor

2016

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernöki.intezet@ybl.szie.hu

# SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS
2016

Kiss Gábor

---

Nappali Építőmérnök szakos
*hallgató részére*

A feladat címe: (Budapest) Kelenföld (kiz.) – Százhalombatta (bez.) vonalszakaszon 217+50 – 219+00 hm sz között töltésláb megtámasztó támfal építése Tensartech TW1 falrendszerrel

Belső konzulens: Kecskés Gábor mérnöktanár

Külső konzulens: Tóth Gergő Gradex Kft., főmérnök

A szakdolgozat beadási határideje: 2016. május 27. (péntek) $12^{\underline{00}}$

Budapest, 2016. május 18.

Dr. Dombay Gábor
intézetigazgató

SZENT ISTVÁN
EGYETEM

Dr.Dombay Gábor PhD.
intézetigazgató, főiskolai tanár

YBL MIKLÓS ÉPÍTÉSTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST
Építőmérnöki Intézet
Cím: 1146 Budapest, Thököly út 74.
Tel.:+36-1-252-1270
e-mail: epitomernöki.intezet@ybl.szie.hu

**Részletes feladatkiírás**

**Kiss Gábor**

Nappali Építőmérnök
hallgató részére

(Budapest) Kelenföld (kiz.) – Százhalombatta (bez.) vonalszakaszon 217+50 – 219+00 hm sz között töltésláb megtámasztó támfal építése Tensartech TW1 falrendszerrel

című szakdolgozatához

Talajjavítási technológiák

Geoműanyagok

Vasalt talajok

Tervezési feladat

Budapest, 2016. május 18.

Kecskés Gábor
belső konzulens

NYILATKOZAT

Alulírott Kiss Gábor (Neptun kó[redacted]) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

(Budapest) Kelenföld – Százhalombatta vonalszakaszon 217+50 – 219+00 hm sz között töltésláb megtámasztó támfal építése Tensartech rendszerrel

című szakdolgozat önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Kijelentem, hogy a dolgozatot korábban más felsőoktatási intézményben, illetve más szakon még nem nyújtottam be diplomamunkaként, vagy szakdolgozatként.

Kijelentem, hogy az elektronikusan feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenben megegyezik.

Budapest, 2016.05.26.

.....
Kiss Gábor

Tartalomjegyzék


Szakdolgozat kiírás ..... 2
Részletes feladatkiírás ..... 3
Nyilatkozat ..... 4
Tartalomjegyzék ..... 5
Bevezetés ..... 8
1. Talajjavítás ..... 9
1.1. A talajjavítás célja ..... 10
1.2. A talajjavítás tervezése ..... 10
1.3. Talajjavítási technológiák ..... 11
1.3.1. Mechanikai módszerek ..... 11
1.3.1.1. Statikus előterhelés ..... 11
1.3.1.2. Vibrálás ..... 12
1.3.1.3. Döngölés ..... 14
1.3.2. Talajjavítás kötőanyagbevitellel ..... 16
1.3.2.1. Injektáló anyagok ..... 18
1.3.2.2. Injektálási eljárások ..... 20
1.3.3. Adalékanyagos talajstabilizálás ..... 25
1.3.3.1. Cementes stabilizáció ..... 26
1.3.3.2. Meszes stabilizáció ..... 28
1.3.3.3. Bitumenes stabilizáció ..... 29
1.3.4. Hőkezeléses eljárások ..... 30
1.3.4.1. Talajégetés ..... 31
1.3.4.2. Talajfagyasztás ..... 32
1.3.5. Betételemes talajerősítés ..... 34
1.3.6. Talajcsere ..... 35
1.3.7. Víztelenítés ..... 36
1.3.7.1. Vízkizárás ..... 37
1.3.7.2. Vízelvezetés – Nyíltvíztartás ..... 38
1.3.7.3. Ideiglenes talajvízszint süllyesztés kutakkal ..... 40
1.3.7.4. Tartós talajvízszint süllyesztés ..... 44
1.3.7.5. Drénezés ..... 47
1.3.7.6. Elektroozmotikus víztelenítés ..... 48

2. Geoműanyagok ..... 49
2.1. Geoműanyagok típusai ..... 50
2.1.1. Egyszerű geoműanyagok ..... 50
2.1.1.1. Geotextília ..... 50
2.1.1.2. Georács ..... 50
2.1.1.5. Geocella ..... 52
2.1.1.6. Geomembrán ..... 53
2.1.1.7. Geohab ..... 53
2.1.2. Geokompozitok ..... 54
2.1.2.1. Szivárgó kompozitok ..... 55
2.1.2.2. Aszfalterősítő rács ..... 55
2.2. Geoműanyagok funkciói ..... 56
2.2.1. Hidraulikai funkciók ..... 56
2.2.2. Mechanikai funkciók ..... 56
2.2.3. Hidraulikai és mechanikai funkciók ..... 57
2.3. Geoműanyagok jellemzői ..... 59
2.3.1. Fizikai jellemzők ..... 62
2.3.2. Mechanikai jellemzők ..... 62
2.3.3. Tartósági jellemzők ..... 62
2.3.4. Hidraulikai jellemzők ..... 63
2.4. Alkalmazási körök ..... 63
2.4.1. Töltésalapozás ..... 64
2.4.2. Földművek teherbírásának növelése ..... 64
2.4.3. Töltéstest építése ..... 65
2.4.4. Rézsű erózióvédelme ..... 66
2.4.5. Rézsű erősítése ..... 67
2.4.6. Erősített talajtámfal építése ..... 68
2.4.7. Földművek csatlakoztatása szerkezetekhez ..... 68
2.4.8. Víztelenítő szerkezetek ..... 69
2.5. A geoműanyagok vizsgálata ..... 69
2.5.1. Statikus átszakításvizsgálat ..... 70
2.5.2. Kúszóvizsgálat ..... 71
2.5.3. Kihúzási vizsgálat ..... 72
2.5.4. Nyíródoboz vizsgálat ..... 72
..... 73

3. Vasalt talajtámfalak ..... 74
3.1. Szerkezeti elv ..... 74
3.1.1. A szerkezeti elemek anyaga ..... 75
3.2. A talaj és a geoműanyag együttdolgozása ..... 77
3.3. Alkalmazási területek ..... 78
3.3.1. Támfal ..... 79
3.3.2. Töltés megtámasztás ..... 80
3.3.3. Hídfő ..... 80
3.4. Vasalt talajtámfalak méretezése ..... 82
4. Felhasznált irodalom, forrásjegyzék ..... 84
TERVEZÉS ..... 87

## Bevezetés

Minden generáció a saját idejében a leggazdaságosabban beépíthető területeket használja fel, ezzel biztosítva az építési körülmények zavartalanságát, illetve az építendő mérnöki létesítmény költségeinek minimalizálását. A jelen- és jövő generáció számára fokozatosan előtérbe kerülnek az olyan kihasználatlan, beépítésre váró területek, melyek talajviszonyai az eredeti állapotukban ellehetetlenítenék, illetve korlátoznák annak felhasználhatóságát. Ezért úgy gondolom, hogy a talajjavítási technológiák alkalmazása és fejlődése még közel sem ért véget. A szakdolgozatom célja, hogy a tanulmányaim során szerzett ismereteimet kibővítsem és egy átfogó tanulmány keretein belül bemutassam ezen technológiák típusait, illetve ismertessem egy – az elmúlt években egyre gyakrabban alkalmazott – speciális alkalmazási lehetőségét.

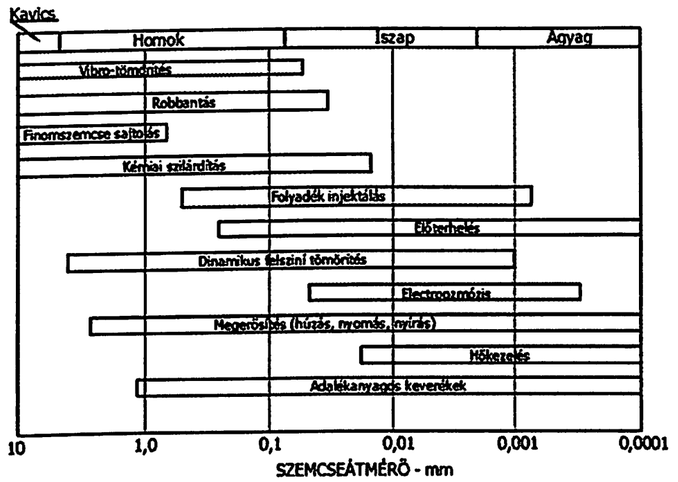
A szakdolgozatom első felében az elvégzett hazai irodalomkutatás alapján bemutatom a napjainkban használatos talajjavítási technológiákat, illetve azok alkalmazási lehetőségeit. Külön fejezetet szentelek a geotechnikai létesítmények építése során alkalmazott geoműanyagok ismertetésére. Ezután röviden kitérek a tervezésem során alkalmazott geoműanyaggal "vasalt", erősített talajtámfalakkal kapcsolatos szakmai háttérre, illetve a technológia alkalmazása során szerzett negatív tapasztalatokra.

A dolgozatom második részében a címben említett területen Tensartech TW1 falrendszerrel létesülő töltésláb megtámasztó támfal kiviteli tervét készítem el. A műszaki leírás keretein belül ismertetem ezen rendszer építési munkafázisait és a kivitelezési követelményeit.

A számítások keretein belül az általam alkalmazott rendszer mellett megvizsgáltam egyéb (gabion-, súly-, szögtámfal) megoldási lehetőségeket is. Az említett támszerkezetek közül egyedül a szögtámfal merülhetne fel lehetséges alternatívaként, de a gazdasági, kivitelezési és esztétikai szempontok mindenképp az erősített talajszerkezet mellett szólnak.

# 1. Talajjavítás

A mélyépítés területén az 1970-es évektől váltak egyre gyakoribbá az olyan megoldási konstrukciók, melyek esetében a feladatot a talaj tulajdonságainak célirányos javításával oldották meg. Az elmúlt évtizedekben jelentős mennyiségű erőforrásokat szántak az olyan jellegű kutatásokra és fejlesztésekre melyekkel a talajtulajdonsági paraméterek (fizikai, mechanikai, kémia és egyéb tulajdonságok) kedvezően befolyásolhatók. Az ilyen jellegű célok elérésében a műszaki paraméterek mellett a gazdasági megfontolások is jelentős szerepet játszanak. A technika és a technológia fejlődésének köszönhetően nem csak új lehetőségek jelentek meg az építkezések területén, hanem új gondolkodásmód is. A régi gondolkodás szerint a geotechnikai szerkezet megválasztásakor, méretezésekor alkalmazkodnunk kell az adott talajviszonyokhoz, legyenek azok bármennyire is kedvezőtlenek. Az új gondolkodás szerint valamely talajjavítási technológia *(1. ábra)* alkalmazásával megjavítjuk a talajviszonyokat, s erre a javított talajkörnyezetre tervezzük meg a geotechnikai szerkezetünket. A talajjavításnak köszönhetően mára már nincs korlátja az építkezésnek, a kérdés csupán az, hogy az optimumot a meglévő talajadottságok függvényében létrehozott szerkezet (amennyiben ez végrehajtható), vagy a talajjavítás és a javított talajhoz kapcsolódó szerényebb szerkezet együttese adja. Sokszor nehéz feladat elhatárolni a talajjavítási technológiákat az egyéb mélyépítési műveletektől. Például a hőkezeléses talajjavítási eljárás közé sorolandó talajfagyasztási technológia alkalmazható aknamélyítés során, de ugyan ez az eljárás gyakran előfordul bányászati feladatként is (metróépítés). Hasonló helyzet áll elő a veréssel előállított kavicscölöpök esetében is, melynek alkalmazása több területen is megjelenik: részleges talajcsere, talajtömörítés, konszolidációgyorsító drén. Ezért ma inkább az a szemlélet terjed, hogy vannak speciális mélyépítési technológiák, melyekkel sokféle geotechnikai szerkezet alakítható ki, s ezek alkalmasságát kell valamilyen módon bizonyítani.




*1. ábra: Talajjavítási módszerek a szemcseátmérő függvényében*

## 1.1. A talajjavítás célja

A talajjavítások fő célja a rossz minőségű altalaj mechanikai tulajdonságainak- és hidraulikai viszonyának javítása. Ez a két cél általában elkülönül, de a technológiák következtében sokszor együtt is teljesül.

A mechanikai tulajdonságok javítása alatt az összenyomhatóság csökkentését, vagy a nyírószilárdság növelését értjük. Előbbinél a szemcsék közti kötés létrehozása segítségével talajtömörítést és hézagkitöltést alkalmazunk. Utóbbinál a szemcsék összekötése révén, valamint a víztartalom és a víznyomás csökkentésével, továbbá geoműanyagos erősítéssel tömörítést és hézagkitöltést alkalmazunk. A javítás eredményeképpen a talaj szilárdsági és merevségi tulajdonságai javulnak, ezáltal csökkenek a deformációk és elkerülhetővé válnak a talajtörési állapotok.

A hidraulikai viszonyok javításának célja a szivárgási tényező és a szivárgás peremfeltételeinek módosítása, a vízmozgások gyorsítása, szabályozása és megakadályozása. Ezen kritériumok teljesítésére áramlást gátló (vízzáró) elemek-, kutak-, szivárgók- és függőleges drének beépítése nyújt megoldást.

## 1.2. A talajjavítás tervezése

A talajjavítás tervezése két fő részből áll:

1. a javítás alkalmazásáról szóló döntés előkészítése, az alkalmazandó eljárás kiválasztása,
2. részletes megtervezése a kiválasztott talajjavítás technológiájának, a kezelési pontoknak és a minőségellenőrzésnek.

Az utóbbi feladatot az egyes technológiák alapos ismeretében főleg a tapasztalatokra támaszkodva lehet kidolgozni, s ezt általában a kivitelező szakvállalatok végzik. Az építés terület dolgozó minden szakember számára fontos, hogy képes legyen a talajjavítás lehetőségeit mérlegelni, az erről szóló döntésekben közreműködni.

A következőkre kell választ adni a talajjavítás döntéselőkészítő tervezése során:

- szükséges-e, célszerű-e, illetve lehetséges-e a talajjavítás az adott projektben,
- milyen mértékű (minőségű) talajjavítás indokolt,
- az adott esetben milyen eredmény várható a szóba jövő különböző módszerektől,
- mekkora legyen a talajjavítás térbeli kiterjedése, illetve a kezelt tartomány alakja,
- milyen módszerekkel lehet megállapítani a kezelés eredményességét?

Bizonyos esetekben előfordulhat, hogy amiatt vetnek el módszereket, mert annak megvalósítási eredményességét nem lehet a kezelendő tartomány egyes zónáiban igazolni.

Az előbbi kérdések megválaszolásához a következőkről kell információt szerezni, illetve a következőket kell döntési szempontként figyelembe venni:

- a célépítmények tervezési követelményei,
- a helyszín talaj- és talajvíz adottságai,
- a felszíni és a térszín alatti körülmények,
- az építés ütemterve, határidők,
- költségek, finanszírozás,
- a lehetséges kivitelezők.

A tervezési folyamat az információk gyűjtése és értékelése után a következőkből áll:

- a lehetséges talajjavítási módszerek feltérképezése,
- a kezelés általános elrendezése, kiterjedése, kezelési pontok közelítő megállapítása,
- válogatás a módszerek között,
- egy vagy több módszer előzetes tervének részletesebb kidolgozása,
- a legelőnyösebb módszer kiválasztása.

Sok esetben célszerű lehet még a döntés előtt terepi kísérleteket is végezni, de ha enélkül hozzuk meg a döntést, akkor a változás lehetőségét mindaddig fenn kell tartani, míg a munka kezdetén végzett terepi próba nem igazolja annak helyességét [1].

### 1.3. Talajjavítási technológiák

#### 1.3.1. Mechanikai módszerek

Mechanikai szilárdítással olyan talajszerkezetet képezünk, melyben a durva szemcsék képezik a vázrendszert és a finom szemcsék kohéziót hoznak létre és biztosítják a szerkezet stabilitását. A mechanikai hatásokkal *(1. táblázat)* elérjük, hogy a laza szemcseszerkezetű talajok szemcséi egymáshoz közelebb kerüljenek, ezzel csökkentjük a talaj hézagtérfogatát, melynek hatására javulnak a talaj nyíróellenállási és nyomószilárdsági paraméterei. Makropórusos (lösz) talajok esetében a laza makropórusos vázszerkezetet szétromboljuk és tömör mikropórusossá tesszük. A puha kötött talajokban végzett tömörítés+talajcsere (oszlopok) hatására javul a talaj süllyedési, talajtörési és drénezési paraméterei.

| Mélytömörítés | | Hatás | |
|---|---|---|---|
| | | Vibráció | Döngölés |
| Talaj | Szemcsés | Tömörített talajzóna (vibrációs mélytömörítés) | Tömörített talajzóna (dinamikus konszolidáció) |
| | Kötött | Kavicsoszlop (vibrált kőoszlop) | Kőtömzs (dinamikus talajcsere) |

*1. táblázat: Mélytömörítési eljárások*

##### 1.3.1.1. Statikus előterhelés

A statikus előterhelés során az altalajra előzetesen többletterhet hordanak fel, s azt mindaddig rajta tartják, míg az általa okozott süllyedés értéke nem éri el a végleges terhelés hatására létrejövő értéket. Az eljárás csak annyira változtatja meg a talajkörnyezet amennyire később a végleges szerkezet fogja, csupán a változást hozza időben előrébb. Ennek megfelelően csak olyan hatásokat eredményez, mint egy szokványos földműépítési tevékenység. A felhordott többletsúly következtében a konszolidáció felgyorsul, melyet fokozhatunk drénezéssel, így az építés ideje lényegesen felgyorsítható. Alkalmazásuk feltétele, hogy az előterhelés ne okozzon talajtörést, ehhez megfelelő talajszilárdság és kedvező töltésgeometriai kialakítás szükséges. Szemcsés talajok esetében a többlettöltés alkalmazása nem célszerű, mivel a szemcsés talajok

összenyomódása a töltés felhordása közben befejeződik. Gyakorlatilag csak a kötött talajon való töltésépítéskor használják, ekkor a tervezett magasságnál magasabbra építik a töltést, majd a többletet visszaszedik. Amennyiben a földműre hajlékony pályaszerkezet (aszfalt burkolat) kerül, akkor meg kell várni amíg a földmunka süllyedése az 1 cm/hó érték alá megy, így az aszfaltban károsodás (törés) nem fog bekövetkezni.

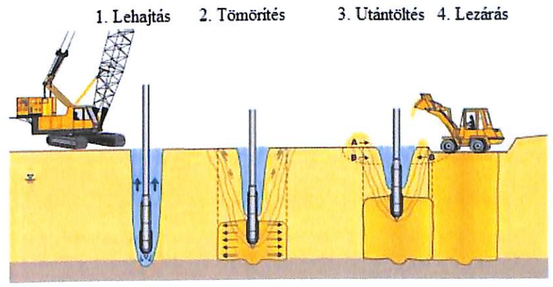
### 1.3.1.2. Vibrálás

*Vibrációs mélytömörítés*

A vibrációs mélytömörítés szemcsés, kohézió nélküli, finom, durva homok és kavics talajok tömörítését, szilárdítását szolgálja. Az eljárás azon az elven alapul, hogy a kohézió nélküli talajok szemcséi a vibrátor (speciális szárnyas vibrátor vagy felülről vibrált rudazat) rezgéseinek hatására átrendeződnek, tömörödnek. A vibrátort általában darura vagy kotrógépre függesztve használják. A lesüllyesztést és a tömörítést is könnyebbé teszi a csöveken keresztül vezetett magas nyomású vízsugár. Az elérhető maximális tömörítési mélység már 1939-ben elérte a 35 m-es mélységet, mára ez az érték meghaladja az 50 métert is. A talajadottságok és a tömörítési ráfordítástól függően bekövetkező térfogatcsökkenés mértéke elérheti a 10%-ot is.

Az eljárás lépései *(2. ábra)*:

1. Lehajtás: A rezgő vibrátort az öblítő vízsugár segítségével lehajtják a talajba, a talaj finomszemcséit a visszaáramló víz kimossa. A kívánt mélység elérése után a vízmennyiséget csökkentik.
2. Tömörítés: A talajtömörítést lépcsőzetesen, lentről felfelé haladva történik. A vibráló hatás ~5 m átmérőjű tömörített talajhengert képez. A növekvő tömörséget a vibrátor motorjának emelkedő áramfelvétele jelzi.
3. Utántöltés: A vibrátor körül roskadási tölcsér keletkezik, amelyet helyszíni, vagy odaszállított anyagból feltöltenek.
4. Lezárás: Az elkészült vibrációs mélytömörítés után a legfelső réteget el kell egyengetni és lapvibrátorral után kell tömöríteni.




*2. ábra: A vibrációs mélytömörítés kivitelezése*

*Vibrált kőoszlop*

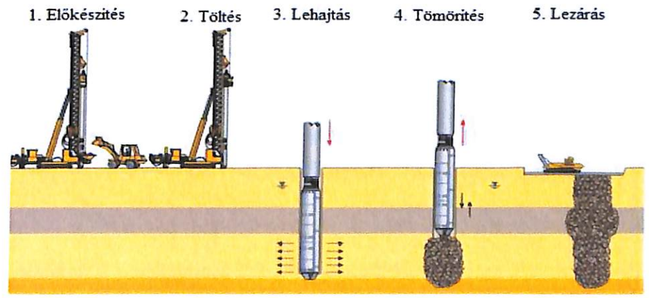
A finom szemcséjű, kötött talajok teherbírása gyakran nem kellő mértékű. Amennyiben a kötött talaj aránya meghaladja 10-15 %-ot, akkor már a talaj önmagában történő tömörítése nem lesz elegendő a kívánt értékek eléréséhez, mivel a klasszikus vibrálással a nagyon erős kohéziót már nem tudjuk megbontani. Ilyen esetben javasolt a vibrált kőoszlopos talajjavítás. Az ilyen jellegű munkálatokhoz általában zsilipes vibrátort (száraz eljárást) alkalmaznak. Ennek több előnye is van: a csúcson át távozó adalékanyag biztosítja, hogy folyamatos cölöp készüljön, a vibrátort csak egyszer kell lehajtani, a vezetésnek köszönhetően függőleges cölöpök létesülnek, nincs vízigénye, ezért nem alakul ki sár a munkatéren.

Kivitelezéskor a tömörítés alul kezdődik és kb. 40 cm-es fel-le mozgással halad. A durva szemcséjű adalékanyagot (kavics vagy zúzott kő) a vibrátor csúcsán keresztül sűrített levegő segítségével juttatják a talajba. Ezt a speciális vibrátor oldalirányba a talajba nyomja és tömöríti.

A vibrált kőoszlopos javítás esetében a környező talaj tömörödésével csak kis mértékben lehet számolni, a lényeges javulást a létrehozott kőoszlopok nagyobb merevsége és nyírószilárdsága eredményezi.

Az eljárás lépései *(3. ábra)*:

1. Előkészítés: A lánctalpas hordozógép a megvezetett zsilipes vibrátort a kitűzött pont fölé irányítja és a gépet hidraulikus támaszokkal megtámasztja. A rakodógép feltölti az anyagtartályt.
2. Töltés: Az anyagtartály az árbóc mentén halad felfelé és a tartalmát a zsilipbe üríti. A zsilipszelep zárása után légnyomás szorítja az adalékanyagot a vibrátorfej kiömlési nyílásához.
3. Lehajtás: A mélyvibrátor behatol a talajba a tervezett mélységig, vagy a megadott talajellenállásig, miközben a talajt oldalirányba kiszorítja. A behatolást a vibráción kívül hidraulikus nyomás és sűrített levegő is segíti.
4. Tömörítés: A végmélység elérése után az adalékanyagot a mélypontot fokozatosan kiengedik. A mélyvibrátor föl-le mozgással többször behatol az adalékanyagba, így az oldalirányba nyomja és tömöríti.
5. Lezárás: A vibrált kavicscölöp a kívánt szintig készíthető. A finomtükör készítés előtt szükséges a felület tömörítése. [6]




*3. ábra: A vibrált kőoszlop kivitelezése*

### 1.3.1.3. Döngölés

A döngöléses talajjavítási folyamatról általánosan elmondható, hogy 5-10 m-es négyzetes raszterben nagy súlyokat (3-20 t) bizonyos magasságból (5-40 m) ismételten egy daru segítségével a tömörítendő talajfelületre ejtenek, melynek hatására az alkalmazott technológiától függően különböző alakú áttömörített zónák alakulnak ki a talajban. Mind a kötött mind a szemcsés talajoknál előnyös, ha nincs benne sok víz, így a becsapódás ereje teljes mértékben a szemcsés talajra fog hatni. Víz alatti, vagy magas víztartalmú talajok esetén az első ütések a pórusvíznyomás növelésével megfolyósodást okoznak, majd később a hatékony feszültség növekedése eredményezi az utótömörödést. Ezért célszerű a folyamat megkezdése előtt a víztartalmat valamilyen technológia segítségével oly mértékűre csökkenteni ami már nem zavaró.

Alkalmazási körülmények:

- felső 2-3 méteres zónában a talajfizikai paraméterek rosszak (pl. kis egyenlőtlenségi mutató $U \leq 3$, nagy hézagtényező $e \geq 0{,}8$, kis konzisztencia index $Ic \leq 0{,}6$, kis verőszonda ellenállás $N_{20} \leq 5$)
- olyan a talaj anyaga, hogy azt vibrációs tömörítéssel nem lehet javítani (pl. tőzeges, lápos, mocsaras talajok),
- megfelelő a beépítési környezet (pl. ne legyen sűrű közmű kereszteződés).

*Dinamikus konszolidáció*

A Soil-Cons technológia *(1. kép)* azt a talajmechanikai tényt használja ki, hogy egy terhelt alap alatt feszültséghagyma ébred. A technológia elve, hogy e feszültséghagymán belül lévő, terhelésre alkalmatlan talajt, ütési energiával, és adalékanyag bevitelével oly mértékben feljavítja, hogy az síkalapozásra alkalmassá váljon. Alkalmazásával lehetővé válik a vizes, lápos területek, valamint a laza feltöltéses területek beépítése.

A technológia vezérgépe általában egy vontatóköteles kotró, amelyre felfüggesztik a 3-10 tonnás gömb (D = 0,90- 1,30 m) vagy körte alakú döngölőt. Ezt a vezérgép 5-20 m magasságból néhányszor a talajra ejtegeti, és az így keletkező gödröt szemcsés talajjal kitöltik. Következő lépésben az ejtődöngölőt az adalékanyagba ejtegetik, amely a döngölő kialakításának következtében minden irányban a talajba préselődik. A tömörítést és adalékanyag bevitelt addig kell folytatni amíg a talaj megtelítődik és a töltéssel elérték a tervezett szintet (max. 5-10 m). A döngölést terv szerinti kiosztásban (3-4 D távolságban) folytatják. A kiosztástól és a döngölő alakjától függően egymástól független, vagy összeérő hagyma alakú kulétesteket képeznek a talajban. A testek között feltüremkedő talajt lapos döngölő segítségével elsimítják. A kivitelezés utolsó fázisában egy záró talajcsere réteget terítenek a kezelt területre, amit vibrohengerrel tömörítenek. Az így kialakult, akár $E_2 > 40 MN/m^2$ teherbírási modulusú felületre már megépíthető a földmű. A földmű alapjának stabilizálását az SC testek szolgálják, amely a függőleges drénező hatása miatt a terület talajvízszintjének szabályozásában is szerepet játszik.

A technológiai előnyei:

- nem igényel speciális gépparkot,
- időjárástól független,
- olcsó, környezetbarát adalékanyag,
- az eljárás során nem borul fel a talaj vízháztartása,
- lehetővé teszi a talajvízszint feletti alapozást,
- a konszolidációs folyamatok felgyorsulnak, lényegesen lecsökkenek az utólagos süllyedések.

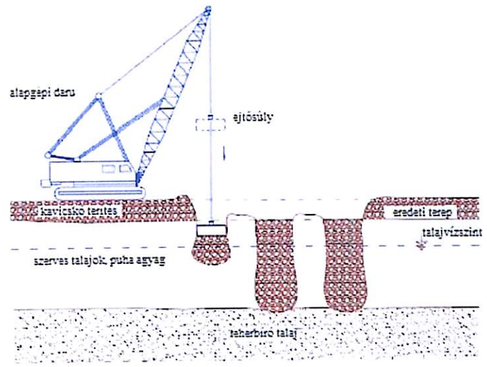
*1. kép: Soil-Cons technológia*

*Dinamikus talajcsere*

A technológia hasonlít a Soil-Cons eljárásra, csak méreteiben nagyobb. A felszín közeli (3-6 m) gyenge talajok, lápos, mocsaras területek tömörítésére és erősítésére, illetve földművek alátámasztására és a töltések alapozására alkalmazzák. A kivitelezéskor egy lánctalpas kötélvezérlésű vezérgépre szerelt ejtődöngölővel 3-10 méteres kiosztású négyzetes raszterben üregeket (akár 2 m mélységű) döngölnek a talajba. A becsapódó súly energiája lökéshullámokat kelt, amelyek 8-10 m mélységig hatolhatnak le. Ezek a lökéshullámok a laza szerkezetű talajokban folyós állapotot idéznek elő, amit nyomban követ a talaj tömörödése, kohéziós talajok esetében nagy pórusvíznyomást hoznak létre, amit a talaj konszolidációja követ. Az üregekbe homlokrakodó segítségével nagyszemcsés talajt, bányameddőt, zúzottkövet, vagy akár betontörmeléket töltenek, amit rétegesen a 8-10 t tömegű döngölővel 5-30 méteres ejtési magasságból bedöngölnek. A kialakuló kőtömzsök *(4. ábra)* között az eredeti, kis mértékben tömörített talaj a helyén marad.

Az ejtegetett test 1,5-2,5 m átmérőjű, hatszög, hengeres hasáb, fordított gúla vagy négyzetes talp formájú lehet.

A technológia kivitelezés közbeni környezetre gyakorolt hatása jelentős mértékű, a zajhatás 110-120 dB, döngölési frekvenciája 5-15 Hz. A szükséges védőtávolság ~40 m, így sűrű beépítési környezetben, illetve meglévő építmények és közművezetékek környezetében nem alkalmazható.




*4. ábra: Kötömzsök készítése*

### 1.3.2. Talajjavítás kötőanyagbevitellel

A kötőanyagbevitellel történő talajjavítás elsődlegesen olyan különlegesen nehéz építési feladatoknál fordul elő, ahol szem előtt kell tartani, hogy a talaj teherbírásának és vízzárásának növelése a szomszédos építmények állékonyságát ne kockáztassa. Jelentősége abban áll, hogy nem vonalas létesítmények esetén (pl. állomások, alagútszakaszok) a levegőtúlnyomásos módszer kiváltására alkalmas, másrészt egy-egy építési feladatban (pl. alapmegerősítés, bányászat, munkagödör körülzárás) gazdaságosan alkalmazható vízzárási, szilárdsági vagy mindkét cél elérése érdekében.

Az injektálásos eljárásoknál mesterséges úton olyan kötőanyagot juttatunk a talajba, amely a szemcsék közötti hézagokat kitölti, illetve az azokat egymáshoz kötő belső erőket (nyírószilárdságot) fokozza.

A kötőanyagbevitellel történő talajjavításnak több célja lehet:

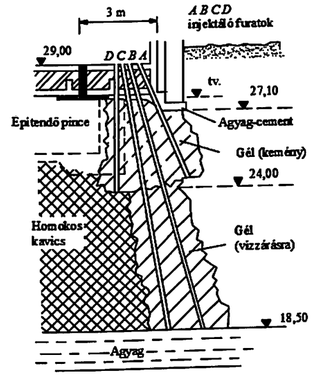
1. Talajszilárdság javítása: kohéziót hozunk létre a szemcsék összekötésével, illetve a tömörség növelésével javítjuk a talaj belső súrlódási szögét.
2. Összenyomhatóság csökkentése: a szemcsék összekötése révén megakadályozzuk a szemcsemozgást, illetve csökkentjük a hézagokat a kitöltésük és tömörítésük révén.
3. Vízzáróság javítása: a vízzáróság javul a repedések, hézagok kitöltése, valamint a vízzáró felületek létrehozása révén.
4. Felszínmozgások, beszakadások elleni védekezés: megelőzés céljából kitöltjük az üregeket, hézagokat, valamint kompenzáljuk a süllyedéseket.

Az elméleti kérdések tisztázása csak a talajmechanika fejlődésével vált lehetővé, s ezen belül elsősorban a Terzaghi féle szűrőszabály tette lehetővé, hogy bizonyos szuszpenzió besajtolható-e a talajba és milyen összefüggés van az injektálandó talaj és a szuszpenzált szilárdítóanyag szemméretei között. E szűrőszabály szerint valamely talaj szemcséi nem hatolnak be egy másik talajba, ha az S = 90%-hoz tartozó szemcsenagyság ötszörösénél kisebb szemcsék a másik talajban legalább 10%-ban előfordulnak. Amennyiben ezt az összefüggést ismerjük, akkor kellő pontossággal megbecsülhetjük a besajtolás lehetőségét, illetve, hogy mikor következik be kiszűrődés.

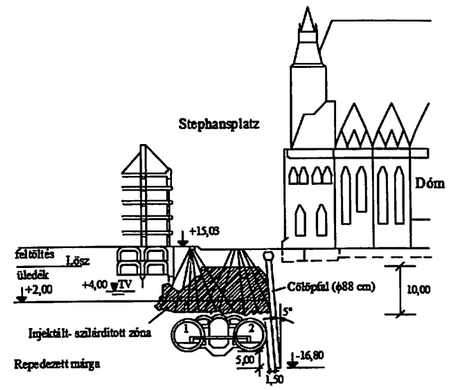
Lehetséges alkalmazási területei *(5.-7. ábra)*:

- építményeknél a talaj terhelhetőségének növelése, összenyomhatóság csökkentése
- épület állékonyságának utólagos biztosítása (melléépítések, épületkárok esetén)
- gyenge altalajon történő alapozás,
- síkalapok megerősítése,
- munkagödrök körülzárása, fenék lezárása, oldalfalak állékonyságának biztosítása,
- rézsűk stabilizálása,
- alagútépítés,
- vízépítés,
- aknaépítés.

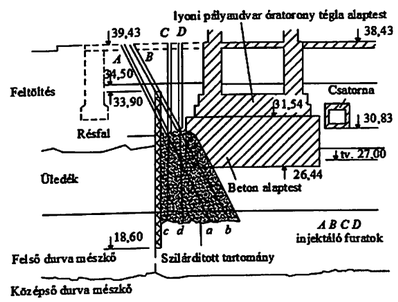
Az alapozások területén a korszerű alapozási technológiák elterjedésével az injektálásos módszerek fokozatosan a háttérbe szorulnak. Ennek egyik oka az anyagok költségessége. A másik oka, hogy szilárdított talajkörnyezet geometriája a legtöbb esetben nem tervezhető, a talajadottságok függvényében változik, ezért a végeredmény is bizonytalan. Ezért ma már leginkább a föld alatti üregek kiöltésére, tömedékelésére használják [5].




*5. ábra: Alap megerősítés*




*6. ábra: Alagútépítés*



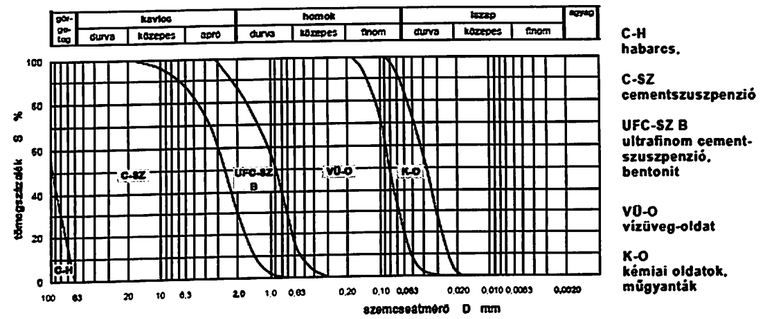

*7. ábra: Talajszilárdítás*

### 1.3.2.1. Injektáló anyagok

Az injektálás során az alábbi anyagok használatosak:

- cement alapú anyagok,
- bentonit,
- B-C keverék,
- vízüvegalapú anyagok,
- műgyanták,
- bitumenemulziók.

Az anyagok alkalmazási tartományát a *8. ábra* mutatja.




*8. ábra: Injektáló anyagok alkalmazási tartománya [1]*

A szilárdság növelésének céljából *cement*alapú anyagokat alkalmaznak. Ez a talajemelést szolgáló repesztő injektálás fő anyaga. Alkalmazásával csökken az áteresztőképesség is, de csak ezen tulajdonság javítása céljából más anyagok használatosak. A cement besajtolásához ismernünk kell a cement jellemző tulajdonságait. Fontos szerepe van a besajtolás során a cement szemnagyságának. A cement szemnagysága meghatározza, hogy milyen finom talajokba lehet még a cementet besajtolni. Ezen sem a nyomás növelésével, sem pedig hígabb keverék alkalmazásával nem lehet segíteni. Szuszpenziók esetében a cementrészecskék a vízben finoman elosztva lebegnek. A lebegés azonban csak addig tart, amíg a víz mozgásban van. Ha a mozgás sebesség egy bizonyos érték alá csökken, a cementszemcsék leülepednek. A szemcsék kiszűrődnek abban az esetben, ha olyan talajba akarjuk benyomni őket, amelynek hézagai kisebbek, mint a cementszemek.

A cement injektálására az alábbi szabályok fogalmazhatóak meg:

1. Csak olyan talajba lehet sajtolni, amelynek hézagai nagyobbal a cementszemcsék nagyságánál.
2. A besajtolás folyamán meg kell gátolni, hogy a cementszemcsék ne a megfelelő helyen ülepedjenek le, tehát a különböző minőségű anyagokat a szivattyúkban és a csővezetékekben állandó mozgásban kell tartani.
3. A hatótávolságot a nyomás és a talaj vízáteresztőképessége határozza meg. Kis mértékben befolyással van rá a cementtej töménysége.

4. Törekedni kell minél nagyobb nyomás melletti besajtolásra. Ennek felső határát az alkalmazott technológia illetve a talajtörés veszélye határozza meg.
5. A besajtolás folyamán a nyomásnak állandóan emelkednie kell. Nyomásesés a talajban új üregek keletkezését jelenti.
6. A keverési arány nincs befolyással a leülepedett cementpép szilárdságára. [15]

Többféle sűrűséggel, konzisztenciával alkalmazzák:
- a beton- és cementhabarcsok csak üregekbe injektálhatók be, 1-nél kisebb víz/cement tényezővel,
- a cementszuszpenziók (cementpépek) 1 feletti víz/cement tényezővel készülnek, repedések zárására, illetve kavics és durva homok hézagainak kitöltésére alkalmas,
- a finomcementszuszpenzió (cementtej) készítéséhez finomőrlésű, speciális cementet használnak, 5 körüli víz/cement tényezővel, s így durva homokok hézagkitöltésére is alkalmas. [1]

Költségcsökkentés céljából keverhetnek a cement mellé salakot, mészkőlisztet esetleg pernyét. Amennyiben a kötési idő szabályozása a cél, akkor a cement mellé kötéslassító vagy kötésgyorsító anyagokat kevernek.

A *bentonit* injektálásának célja a talaj áteresztőképességének csökkentése és a vízzáróságának növelése. Az őrölt bentonitot vízzel keverik, 1 feletti víz/cement tényezőjű szuszpenziót készítenek. Ezt gyorsan beinjektálják a talajba. A talaj hézagaiba, repedéseibe került bentonit itt veszi fel a vizet. A bentonit szemcse így megduzzad, az újabb nyomással érkező szemcsékkel együtt vízzáró réteget biztosít. A bentonit szemcse duzzadási sebességét az injektálási technológiával összhangba kell hozni. Az injektálás akkor megfelelő, ha a végén az időegység alatt beinjektálható anyagmennyiség csökken, az injektálási nyomás pedig emelkedik.
Bentonitos injektálás alkalmazási lehetőségei:
- homokba süllyesztett műtárgyak fala mögötti vízzárás biztosítása,
- meglévő épület melletti mély aknák süllyesztésénél,
- munkagödör megtámasztásánál.

A *BC-keverék* az előbbiek kombinációja. Amennyiben a szilárdságot kívánjuk növelni, akkor több cementet, amennyiben a vízzáróságot, akkor több bentonitot kell adagolni. A szokásos adagolás: 10-50 kg/m$^3$ bentonit, 100-300 kg/m$^3$ cement. A keverék függvényében az alábbiak válnak lehetővé:
- javul az injektálhatóság,
- áramló talajvíz esetén ellenáll a kimosásnak,
- az elérhető szilárdsági érték az igénynek megfelelően széles tartományban változtatható.

A *vízüvegalapú* eljárások jellemzője, hogy az egyik szilárdító anyag a vízüveg. A vízüveg a talajban gélesedik, illetve ott köt meg. Ez a folyamat létrejöhet magától, külön besajtolt anyag hatására, illetve a vízüveggel együttesen besajtolt vegyianyag hatására. Az eljárással közepes és finom homokok kezelhetők. Elsősorban szilárdságnövelő funkciókat lát el, de a vízzáróságot is javítja.

Az eljárások során használatos gélek összetétele általában vízüvegen alapulnak, melyhez egy ásványi (nátriumsó) vagy szerves (szerves savak) reagenst adagolnak. A folyadék vagy elegy tulajdonságaitól függően az eredményt tekintve lágy vagy kemény gélről beszélhetünk. Az előbbi elsősorban vízzárási, az utóbbi szilárdsági célokat szolgál. Injektálhatóságuk függ a felhasznált anyag viszkozitásától.
A gélek alkalmazhatóságának legkedvezőbb területei:

- olyan talajok, melyek vízáteresztőképessége $10^{-3}$–$10^{-6}$ cm/sec,
- kőzetek, melyek vízáteresztőképessége 1-10 Lugeon egység közötti nagyságrendűek (finom repedések)
  (A kőzetek áteresztőképessége. Az a vízmennyiség, amelyet egy méter hosszú furatszakasz fogad magába 10 kp/cm$^2$ injektálási nyomásra. Egy Lugeon-egység kb. 1x$10^{-7}$ cm/sec "k" értékkel egyenértékű.)

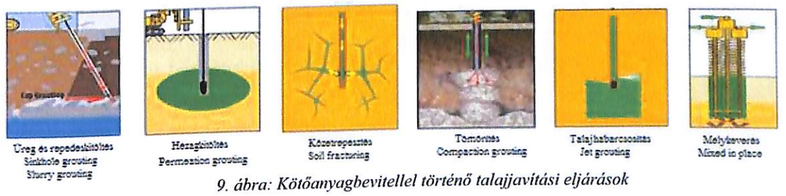
Az injektálásnak kétféle eljárása van:

1. Egyfolyadékos eljárás. A vízüvegből és a reagensből (pl. mésztej) gépi keveréssel vízüvegoldatot hozunk létre. Az összekeverés után meghatározott idő múlva gélképződés megy végbe és az átitatott talaj géllel telítődik.
2. Kétfolyadékos eljárás. Előbb a vízüveget, majd második fázisként a kálcium-kloridot ($CaCl_2$ ) vagy magnézium-kloridot ($MgCl_2$) juttatják a taljba, és ott jön létre a reakció (Joosten eljárás). Előbb mindig a vízüveget kell besajtolni, utána a reagenst, ugyanis ha bizonyos keveredési arányt elér akkor azonnali gélesedés áll elő, ami a további beinjektálást megnehezíti.

A *műgyanták* főleg szigetelések javítására, beton és kőanyagok repedéseinek zárására való. E kémiai oldatok alapanyaga poliuretán, poliakrilát, valamint epoxi- és fenolgyanta. A poliuretánok a reakcióba lépéskor habot („purhab") képeznek, viszkozitásuk közepes, gyorsan szilárdulnak (0,5 perc - 10 óra). Víz hatására az egykomponensű poliuretánok szilárdulnak, a kétkomponensűek felhabzanak, s ez utóbbi jobb adhéziós szilárdságot és alakváltozási képességet hoz létre. A poliakrilátok utóbbi időkben lettek népszerűek. Viszkozitásuk kicsi. Jó tapadású lágy gél keletkezik belőlük, ezért tömítésre kiválóak, szilárdító hatásuk viszont kicsi. Az epoxigyanta a többkomponensű polimerek összefoglaló neve. Nagy viszkozitású, ezért inkább csak kőzetek repedéseibe tud behatolni, a kötés után viszont nagy a húzó-, a nyomó- és a tapadási (adhéziós) szilárdsága. A fenolgyanták beinjektálhatósága jobb az epoxigyantánál és hasonlóan jó szilárdságot eredményez [1].

### 1.3.2.2. Injektálási eljárások

Az eljárásokat célszerű a kötőanyag és a kezelt talaj között kialakuló kölcsönhatás szerint csoportosítani *(9. ábra)*.




*9. ábra: Kötőanyagbevitellel történő talajjavítási eljárások*

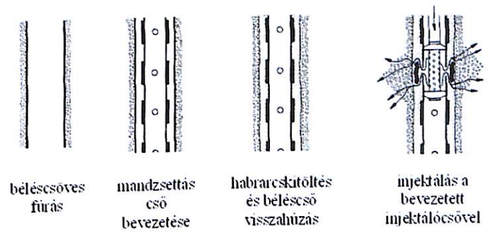
*Üreg- vagy repedéskitöltő injektálás*

Üreg- vagy repedéskitöltő injektálás esetében a bevitt anyag az üreg határfelületén érintkezik a talajjal *(10. ábra)*. Az injektálás célja, hogy a kőzettömegekben, illetve a természetes és mesterséges hasadékokban lévő repedéseket, üregeket úgy töltsük ki, hogy azok újabb felnyílásokat ne eredményezzenek. Anyaga általában betonhabarcs. Technológiája egyszerű: fúrt vagy vert acélcsövek végén, azok fokozatos visszahúzása mellett néhány bar nyomással viszik be az anyagot.

*10. ábra: Üregkitöltő injektálás*

*Hézagkitöltő, itatásos injektálás*

A hézagkitöltő, itatásos injektálás célja a szemcsés anyag hézagainak, illetve a kötött talaj repedéseinek kitöltése, vízzárás vagy szilárdság növelése céljából. Az injektáló anyag talajfajtától függően lehet: cementszuszpenzió, bentonit, vízüveg vagy kémiai oldat. Az anyagbevitel történhet a cső fokozatos visszahúzása közben, ritkább esetekben pedig - a felszínemelés elkerülésére - fordított irányban haladva. Azonban a gyakorlatban a műanyag vagy acél mandzsettás csővel való injektálási eljárást *(11. ábra)* alkalmazzák a leggyakrabban. Ekkor a csövet cementhabarccsal kitöltött furatba állítják, s megvárják míg a habarcs megköt. Ezt követően letolják a mandzsettás csőbe a belső injektáló csövet, melyen két gumitömítés biztosítja a célzott injektálást. A mandzsettát és az ágyazóhabarcsot a ~20 bar injektáló nyomás felfeszíti, így az injektáló anyag a megfelelő szinten a talajba jut. A csövet feljebb húzva a folyamat egy másik mandzsettán megismételhető.



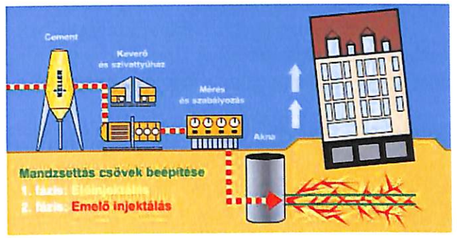

*11. ábra: Mandzsettás injektálás*

*Talajtömörítő injektálás*

A *talajtömörítő injektálás* célja a kötött talajok tömörségének növelése, amelyek hézagaiba nem vihető be az anyag. Az injektálás elsősorban sovány betonhabarcs bevitelével történik. Technológiája abban tér el az üreg- vagy repedéskitöltő injektálásétól, hogy a csövet nem folytonosan, hanem szakaszosan húzzák vissza és minden visszahúzás után nagy nyomást alkalmazva (~50 bar) injektálják ki a szakaszt. A tömörítő injektálást általában megsüllyedt szerkezetek alátámasztására és megemelésére, illetve laza talajok tömörítésére alkalmazzák.

*Talajrepesztő injektálást*

A talajrepesztő injektálást elsősorban süllyedések kompenzálására alkalmazzák *(12. ábra)*. A technológia lényege, hogy a talaj deformációs paramétereit kis mennyiségű cementhabarcs többszöri repesztéses sajtolásával feljavítjuk. A repesztésnek több célja lehet: az altalaj erősítése vagy stabilizálása, a szerkezet szabályozott megemelése, vagy vízzárás elérése rekeszfalak kialakításával. Sűrű (1-2 m) csőkiosztású mandzsettás injektálással felrepesztik a talajt és injektált paplant hoznak létre. Ezt aztán 20-40 bar nyomáson végzett injektálással úgy emelik fel újra és újra, hogy az épület, illetve megsüllyedt részei az eredeti szintre kerüljenek. A talajrepesztést eredetileg a kőolajiparban alkalmazták azzal a céllal, hogy a földben lévő olaj számára megfelelő útvonalat nyissanak a szivattyú felé. A 60-as években az eljárást továbbfejlesztették és mára már az alapmegerősítési, süllyedési problémák megoldásánál előszeretettel alkalmazott technológiává vált.

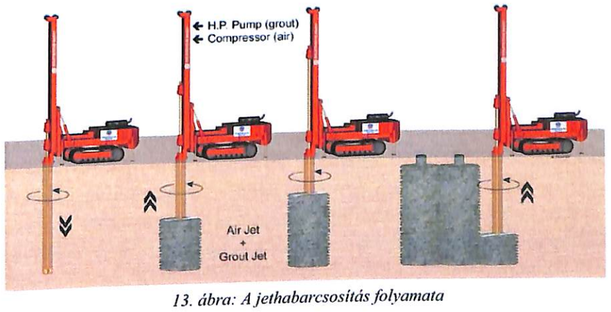



*12. ábra: Talajrepesztő eljárás*

*Jethabarcsosítás*

A jethabarcsosítás (jet grouting, soilcrete, soilfrac) az elmúlt évtized legjelentősebb fejlesztése. A technológia a mélyépítési módszerek egyik speciális és napjainkban egyre gyakrabban használt csoportja.

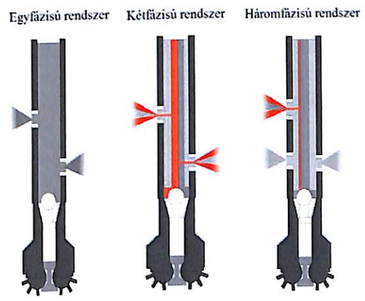
Egy célgép csövét az előírt mélységig hajtják le, majd visszahúzása (25-50 cm/perc) és forgatása közben a cső alján levő szelepeken nagy nyomással cementhabarcsot juttatnak a talajba *(13. ábra)*. Ez átkeveri azt és 0,4-2,0 m átmérőjű (hazai viszonylatokat tekintve 0,4-1,2 m közötti átmérőjű) 10-15 MPa nyomószilárdságú oszlopot képez. Az oszlop alakja, mérete és szilárdsága függ a talaj mechanikai tulajdonságaitól, a kötőanyag típusától, az injektálás módjától, továbbá az injektálás során az áramlási sebességtől, a nyomásviszonytól és a fúrószár mozgatásától. A fúrószár forgatás nélküli, vagy igen kis szögben forgatva oda-vissza forgatott visszahúzása esetén úgynevezett panelokat alakíthatunk ki, az összekapcsolt panelek sorozatából vízzárási funkció betöltésére alkalmas függönyfalakat képezhetünk.




*13. ábra: A jethabarcsosítás folyamata*

Három változatát *(14. ábra)* különböztetjük meg:

1. Egyfázisú rendszer (single system). Az egyfázisú rendszer esetében egyetlen szelepen 300-600 bar nyomású folyadéksugarat (általában cementszuszpenziót) nyomnak a talajba. A szimpla jeteket könnyen erodálható talajban kis és közepes átmérőjű elemekhez használják.
2. a) Kétfázisú levegős rendszer (double air system). A kétfázisú levegős rendszer esetében az ugyanilyen nyomáson belövellt folyadéksugarat 7-12 bar nyomású levegő sugár veszi körül. A levegőnek köszönhetően hosszabban haladhat sugárszerűen a cementszuszpenzió, ezért a kezelés hatótávolsága is nagyobb lesz. Az egyfázisú rendszer segítségével létrehozható talajoszlopok 0,4-1,2 m-es átmérője a levegő komponens beadagolásával kb. 0,8-1,8m-ig növelhető.
   b) Kétfázisú vizes rendszer (double water system). A kettős vizes rendszerben vízsugár bontja meg a talajt, a cementálást okozó szuszpenziót pedig külön lövellik be.
   A dupla jetes eljárást talajfalak, alátámasztások, illetve vízzáró talplemezek kialakítására használják közepesen és nehezen bontható talajban.
3. Háromfázisú rendszer (triple system). A hármas rendszerben 300-600 bar-os vízsugár hatol a talajba, s ezt veszi körül a 7-12 bar-os levegő, amely segít a vízsugár talajon történő áthatolásában, míg a cementszuszpenzió egy külön szelepen 15-40 bar nyomáson jut be. A kialakuló oszlop átmérője a 2 métert is meghaladhatja. A tripla jeteket általában alátámasztásokhoz, vízzáró talajfalakhoz, lemezekhez használják




*14. ábra: Jet grouting rendszerek*

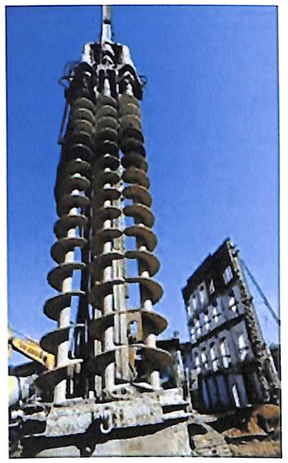
Az eljárás fő előnye, hogy agyagok kezelésére is képes, amire a többi talajszilárdító eljárás nem, vagy alig. Alkalmazását tekintve igen sokrétű: alkalmas alapozási szerkezetek, vízzáró szerkezetek (vízszintes és függőleges felületek) készítésére, elkészült szerkezetek utólagos megemelésére, a talaj szilárdítására, illetve az üregek vagy repedések kitöltésére. A jethabarcsosítás hazánkban a foghíjbeépítések esetén gyakran szükséges aláfalazás fő megoldási módszere lett.

A kivitelezések során ügyelni kell, hogy a felszínen zagyelfolyások alakulnak ki, ezért a közvetlen munkaterületen egyéb munka nem végezhető. Az injektálási nyomás hatására a zagy a közeli közműveket eltörheti vagy eldugíthatja, illetve a közeli padozatokat megemelheti. Ebben az esetben az injektálási nyomást csökkenteni kell, ami értelemszerűen az oszlop keresztmetszetének csökkenéséhez vezethet.

*Mélykeverés*

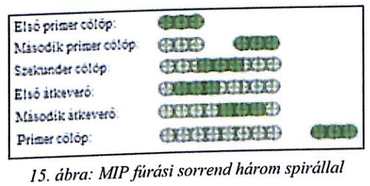
A mélykeveréses eljárás kifejlesztése az 1960-as évek végén Svédországban és Japánban kezdődött. Azóta fejlesztési célokból több újítást is bevezettek, amely elsődlegesen a fúrószár alakjának és szerszámainak módosítását, illetve az alkalmazott kötőanyag típusának és minőségének változtatásait foglalja magába. A mélykeveréses talajjavítási, talajszilárdítási módszer a magyar mélyépítési gyakorlatban az ezredforduló környékén jelent meg.

A technológia lényege, hogy az alkalmazás helyszínén meglévő talajt összekeverjük a bejuttatott kötőanyaggal/tömítőanyaggal. Az üreges fúróspirálokat lehajtják a kívánt mélységig, majd a szárán át bepumpálják az injektáló anyagot (mennyiségének egyenlőnek kell lennie a talaj pórustérfogatával) elkeverik a talajjal és ezt a folyamatot ismételgetik a spirál kihúzása közben. Így a talaj fellazított hézagai megtelnek kötőanyaggal, szerkezete és összetétele megváltozik. Eredményképpen a fúróegység alakját követő, szilárd talajréteg keletkezik, amely nagyon hasonlít a jethabarcsosítással előállított oszlopokhoz. Annak érdekében, hogy a teljes homogenizálást elérjék három egymáshoz közel lévő, de nem összekapcsolódó fúróspirálokat alkalmaznak *(2. kép)*. A fúrás közben a három spirál közül bármelyik forgatási iránya, illetve fel-le mozgatása megváltoztatható. A MIP kivitelezése szakaszosan, az úgynevezett „dupla vándor-lépés" eljárási sorrendnek megfelelően készítik el *(15. ábra)*. A MIP cölöp kivitelezésének első lépésben elkészítik az úgynevezett primer cölöpöt. A kívánt mélységig lefúrják a fúróspirált, majd a spirál tulajdonságait kihasználva a szuszpenzió folyamatos hozzáadása mellett összekeverik a talajt és a kötőanyagot. A technológia ismétlésével elkészítik a második primer cölöpöt, majd a kettő közé bemetszéssel a szekunder cölöpöt. Ezek után az átkeverő táblákat készítik el, melynek folytán az átfedésben lévő szakaszokat ismételt megkeverik. A folyamat befejeztével kialakul az összemetsző vízzáró MIP fal.



*2. kép: Hármas fúróspirál*

A technológia talajkiemelés nélkül történik, így a talaj elszállítása és lerakása nem játszik szerepet a kivitelezés költségében, azt a keverés energiaigénye, a kötőanyag típusa és a kötőanyag mennyisége határozza meg.




*15. ábra: MIP fúrási sorrend három spirállal*

Az utóbbi években elterjedt egy speciális talajkezelés, a *tömegstabilizáló keverés*, melyben a gyenge talajt teljes tömegében átkeverik. A tömegstabilizálás egy töltésalapozási eljárás, mely során a kezelendő talajt valamilyen kötőanyaggal (cement, mész, stb.) keverik össze, melynek eredményeképpen annak szilárdsága és összenyomhatósága jelentősen javul az eredeti állapothoz képest.
Két típusát különböztetjük meg:

1. A talajt helyben keverik meg, ekkor a kötőanyag talajba juttatásáról egy speciális adagoló berendezés gondoskodik *(3. kép)*.
2. A kezelendő talajt kitermelik, összekeverik a kötőanyaggal, majd visszaépítik az eredeti helyére.

A tömegstabilizálás előnyei:

- környezetbarát (az építési forgalom drasztikusan csökkenthető),
- időjárás független,
- vízzel borított területeken is használható,
- a kezelt talaj szilárdsága befolyásolható,
- a kitermelt talaj elszállításáról, lerakásáról nem kell gondoskodni.

*3. kép: A tömegstabilizálás in-situ alkalmazása*

### 1.3.3. Adalékanyagos talajstabilizálás

Az adalékanyagos talajstabilizáció esetében a talajba valamilyen talajmarási technológiával szilárdító anyagot (cementet, meszet, stb.) kevernek. Ezzel kb. 2-3 m vastagságú átszilárdított talajréteget képezhetünk, amely az időjárás, víztartalomváltozás és a terhelés hatásának is tartósan ellenáll. Az eljárást az útépítés területén előszeretettel alkalmazzák, hiszen a stabilizált talajjal biztosíthatóak a megfelelő teherbíróképességek, amit az útpályaszerkezetek állékonysága megkíván. Az útépítésen belül néhány alkalmazási területe az alábbiak:

- útszélesítések ágyazati, vagy alsó alaprétege,
- mezőgazdasági utak alapja,
- erdőgazdasági utak alapja,
- kerékpárutak alapja,
- lakótelepi utak alapja,
- felvonulási utak burkolata.

Az egyes stabilizációs eljárásoknak a talajfajtától függő alkalmasságát a *(2. táblázat)* foglalja össze. A stabilizációs módszerek alkalmasságánál a kötőanyag mennyiségek tájékoztató értékűek. A kötőanyag szükséges mennyiségének megadásához minden esetben előzetes vizsgálatot kell végezni.

| A talaj | | | | Plasztikus index Ip % | Az egyes stabilizálási módok alkalmassága és a kötőanyag szükséglet tájékoztató értékei | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Megnevezés | | Szemeloszlás jellemző 0,02 mm-nél kisebb szemcsék tömegszázaléka | Szemeloszlás jellemző 0,1 mm-nél kisebb szemcsék tömegszázaléka | | Cementes | Meszes(1) | Bitumenes(2) |
| Kavics | Kavics, finomszemcse nélkül, egyenletes szemeloszlású | | | | nem alkalmas * | | |
| | Homokos kavics | < 10 | < 25 | | | | |
| | Iszapos kavics | 10 - 20 | 25 - 40 | | | | |
| Homok | Kavicsos homok | <10 | < 25 | | nem gazdaságos C > 6% | nem alkalmas | alkalmas B = 4 - 6% |
| | Homok | < 10 | < 25 | | | | |
| | Iszapos homok | 10 - 15 | 25 - 40 | | alkalmas ** C = 2 – 4% (max: 5%) | alkalmas M = 2% | nem gazdaságos B = 6 – 8% |
| | Homokliszt | < 10 | > 50 | < 5 | | | |
| | Iszapos homokliszt | > 10 | > 50 | 5 - 10 | | | |
| Isz | Iszap | | | 10 - 15 | | | nem alkalmas |
| Agyag | Sovány agyag | | | 15 - 20 | nem gazdaságos C > 6% | alkalmas M = 4% | |
| | Közepes agyag | | | 20 - 30 | nem alkalmas | | |
| | Kövér agyag | | | > 30 | | alkalmas M = 6% | |

Jelölések: C = cement mennyisége
B = bitumen mennyisége
M = égetett mész mennyisége
(1) = mészhidrát alkalmazása esetén a feltüntetett értékek közel kétszeresével kell számolni
(2) = alkalmazása ma már elméleti lehetőségként sem merül fel
* = talajjavítás mechanikai stabilizációval
** = cement adagolása tapasztalatok alapján (szemeloszlás és az elérendő teherbírás függvényében)

*2. táblázat: Az adalékanyagos stabilizációk alkalmazása talajfajtától függően*

### 1.3.3.1. Cementes stabilizáció

Cementes stabilizáció alatt a porított talaj, cementtel és vízzel való összekeverését, illetve tömörítését értjük. Az így előállított talajkeveréket cementtalajnak is nevezzük.
A cementadagolással előállított stabilizált talaj öt típusát különböztetjük meg:

1. Cementtalaj. Ez a legáltalánosabb megjelölés; a stabilizált utak készítésére használt keverékek általában ebbe a csoportba tartoznak. Előírt szilárdsági, tartóssági és fagyállósági követelményeknek kell eleget tenniük.
2. Cementtel javított szemcsés talaj keveréke. Az előbbinél kisebb cementadagolással készül; célja a talajok egyes tulajdonságainak megváltoztatása: a képlékenység, a duzzadás és a zsugorodás csökkentése és ezáltal a teherbírás növelése.
3. Cementtel javított iszap-agyag talajkeverékek. Kedvező víztartalmi állapotban lévő természetes szilárdság tartósítása a célja a cementadagolásnak.
4. Plasztikus cementtalaj. Nagyobb cementadagolással készülő plasztikus állapotú, habarcs-konzisztenciájú cementtalaj. Szilárdsági és tartóssági követelményeknek kell megfelelnie, rendszerint homokos talajból készül.

5. Cementtel kezelt talajpépek és habarcsok. Nagy víztartalmú rendszerint egyéb kemikáliákat is tartalmazó sűrűn folyó keverékek. [13]

A cementes talajjavítások esetében az alkalmazandó cement mennyiségét és a beavatkozás mélységét főként tapasztalati értékek alapján határozzák meg. Ezen értékeket próbaszakasz létesítésével ellenőrzik, illetve pontosítják. A próbaszakaszon az előzetesen elvégzett talajazonosító vizsgálatok eredményei alapján különböző kötőanyag-tartalommal és/vagy rétegvastagsággal kell rész-szakaszokat létesíteni, majd az azokon elvégzett teherbírás- és tömörség vizsgálatok eredményei alapján kiválasztani a végleges technológiai megoldást. A kiválasztás szempontja célszerűen az elvárt értékek teljesüléséhez szükséges minimális adagolási mennyiség és rétegvastagság. Azoknál a talajoknál érhető el a legnagyobb szilárdság, amelyek egyenlőtlenségi mutatója nagy, ezért jól tömöríthetők. A 0,1 mm alatti szemcséknek nagy a cementszükségletük, valamint a nagy vízigényük miatt a fagyállóságot és a szilárdságot csökkentik.

A helyszíni technológia lépései:

1. Stabilizálandó felület kialakítása,
2. Cement terítése *(4. kép)*,
3. Talajmarás,
4. Előtömörítés,
5. Profiligazítás,
6. Tömörítés,
7. Utókezelés.

*4. kép: Terítést és marást végző célgép*

A cementtalaj fizikai tulajdonságait a talajfajta, a cement fajtája, mennyisége, a tömörség foka, a talaj szemeloszlása, esetleg kémiai tulajdonsága, víz/cement tényező nagysága és az utókezelés időtartama adja meg. A cementáló hatás csak akkor tud kifejtődni, megfelelően ha a keveréket olyan víztartalom mellett tömörítjük, mely a tömörítést és a cement hidratációját egyaránt elősegíti. Ezért az optimális víztartalom ismerete rendkívül lényeges. A legnagyobb szilárdság eléréséhez szükséges víztartalmat a Proctor vizsgálattal célszerű meghatározni.

A cementes stabilizáció az alulról jövő nedvességre érzékeny, ezért a gondos víztelenítésre nagy figyelmet kell fordítani. A cementtel való talajstabilizálás sikerét cementre agresszív talaj és talajvíz veszélyeztetheti. Ezért az agresszivitást célszerű megvizsgálni. Ebben az esetben meg kell határozni a talaj, illetve a talajvíz szulfáttartalmát és pH értékét. Ha a vizsgálatok azt eredményezik, hogy a víz $SO_3$ tartalma 300 mg/l-nél több, illetve pH értéke a 6,8-7,3 határokon kívül esik, akkor a stabilizálás közönséges cementtel általában nem hajtható végre. Az a víz, amely a betonozás céljára megfelel, stabilizálásra is alkalmas.

A cement megfelelő adagolása nagyon fontos követelmény. Nem előnyös, ha cementtalaj nagy vagy alacsony szilárdságú. Előbbi esetében a hőmérsékletváltozás hatására a merevsége miatt megreped és ezt a ráhelyezett aszfaltburkolat átveszi. Utóbbinál a terheléssel szembeni ellenállása nem lesz kielégítő, a nagy vízfelvétel miatt könnyen szétfagy.

### 1.3.3.2. Meszes stabilizáció

Meszes stabilizáció alatt a talajnak meghatározott mennyiségű mésszel való keverését és a keveréknek optimális víztartalom melletti betömörítését értjük. A mész a talajban báziscserélődést idéz elő, ennek hatására az agyagásványok vízfilmjének vastagsága megváltozik. A folyamat következtében a talaj plaszticitása csökken, nő a látszólagos szemcseátmérője, morzsalékosabbá válik, vízfelvevőképessége és duzzadása csökken. A mész hatására a kötött talajrészecskék nagyobb vízálló szemcsékké állnak össze, így a látszólagos iszap-agyag tartalma is csökken. Kisebb lesz a tömörítéshez tartozó optimális víztartalom, de a kezelt a talaj a fagyra érzékenyebbé válik. Ez a stabilizációs eljárás kötött, térfogatváltozó talajok javítására, vagy cementes stabilizáció előkészítésére alkalmas. Általában meszes stabilizációt alkalmaznak nagy felületű vonalas (vasút, leszálló pálya stb.) vagy ipari létesítményeknél (csarnok padlók, rakodó területek stb.). A stabilizációt követően a stabilizált rétegre ágyazati és burkolati réteg kerül. De találkozhatunk olyan alkalmazással (pl. erdészeti utaknál) is ahol a stabilizált réteg tölti be a burkolat szerepét is.

A meszes stabilizáció kivitelezésének fázisai:

1. Stabilizálandó felület profilba hozása.
2. Mész kiszórása: A felületre egy adagolófejes szórógép az előre meghatározott mész mennyiséget kiszórja.
3. Talajkeverés: A kiszórást a mész és a talaj összekeverése követi. Ez történhet mezőgazdasági boronával vagy korszerű remix gépek alkalmazásával.
4. Tömörítés: A mésszel összekevert talajt tömörítik. A tömörítéshez juhlábhengert, vibrohengert alkalmaznak. Az előírt tömörséghez több hengerjárat is szükséges. Amennyiben szükséges ezt követően a pontos magasságra lehet visszaszedni a stabilizációt.
5. Utókezelés: A mésszel stabilizált talajt a tömörítés és a pontos profilba hozás után legalább 7 napig meg kell védeni a kiszáradástól. A kezelt talaj a megkívánt szilárdságot a talajtulajdonságok, az időjárási viszonyok és az alkalmazott mész mennyiségtől függően csak bizonyos időn belül éri el.

*5. kép: Meszes talajstabilizálás folyamata*

A meszes stabilizáció eredményes alkalmazhatóságát talajfeltárásnak kell megelőznie. A talajmintákból az alábbi talajfizikai tulajdonságokat kell meghatározni:

- szemeloszlási görbe,
- folyási és plasztikus határ
- mésztartalom,
- pH érték,
- optimális víztartalom meghatározása az eredeti talajjal és több különböző mészadagolás függvényében.

A nagy mésztartalmú talajok (meszes agyagok, lösz) nem stabilizálhatók előnyösen mésszel, sőt a mészadagolás a természetes talaj kedvező tulajdonságait lerontja. Hazánkban túlnyomó részben meszes talajok találhatók, ezért a meszes stabilizáció csak aránylag kevés helyen jöhet szóba. Továbbá az ilyen jellegű stabilizálásra alkalmatlanok a szerves iszap és tőzegtalajok, valamint a homogén homokok. Alkalmas minden további kötött talaj és a nagy százalék iszap és agyagszemcséket tartalmazó agyagok és kavicsok, amelyben hidraulikus tényező (pl. puzzolán) van. Hidraulikus anyag jelenlétekor a szerkezetátalakuláson kívül további hidraulikus szilárdulás is bekövetkezik, ez fokozza a teherbíróképességet és csökkenti a vízérzékenységet. Általában azoknál a talajoknál végezhető el eredményesen a stabilizálás, amelyeknél a folyási határ 8-10%-kal csökken az eredeti talajhoz képest.

A mész az alábbi alakokban használhatóak fel a stabilizálások során:

- őrölt, égetett mész (pl. agyagok, iszapok esetében),
- porrá oltva (pl. erősen nedves talajok) – a darabos mész vízzel való oltása (70-75% mésztartalom, 25-30% víztartalom),
- péppé oltva – égetett mész vízzel való mészpéppé oltása (1-20% mésztartalom, 80-99% víztartalom),
- levegőn szilárduló mész alakjában (levegő $CO_2$ hatásár szilárdul),
- hidratált mész alakjában (levegőn szilárduló kálciumos meszek),
- hidraulikus mész alakjában (pl. kisebb iszaptartalmú kavicsok és homokok esetében).

### 1.3.3.3. Bitumenes stabilizáció

A bitumenes stabilizáció során a talajt bizonyos mennyiségű vízzel nedvesítik, majd higított bitumennel meghatározott arányban elkeverik és tömörítik. Az így elkészített keverék a bitumenszemcsék ragasztó hatása folytán kohéziót biztosít az eredetileg kohézió nélküli szemcsés talajoknak (pl. homok), valamint az eredetileg csak súrlódási ellenállással rendelkező talajoknak (ezek esetében vízhatlanságot is biztosít). A kohéziós, finomszemcsés talajok víztartalmát állandósítja, vízzáróvá teszi, és vízfelszívó képességüket csökkenti.

A bitumenes talajstabilizáció esetében két felfogás uralkodik:

1. A bitumen adagolását a kötőhatás és a stabilizációval elért szilárdság alapján kell meghatározni, vagyis teherbírás szempontjából bírálják el a kezelt talajt.
2. A bitumennek csak vízzárósági funkciókat kell kielégítenie a stabilizáció során, azaz bármely időjárás mellett is képes legyen megtartani a talaj az eredeti szilárdságát. Ezen felfogás szerint az alkalmazások során kevesebb bitumenre van szükség és különös hangsúlyt kell fektetni a talaj nagyfokú tömörítésére, valamint az előírt víztartalom biztosítására.

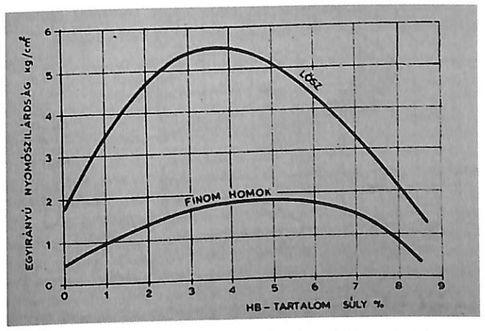
A talaj stabilizálására higított bitumen és bitumenemulzió használható fel. A higított bitumenes stabilizációra a homoktalajok a legalkalmasabbak. A vízzel szembeni állékonyság érdekében a keverékbe mésztartalmú anyagot (1-2% mészhidrátot) célszerű adagolni. Teljesen száraz és túlságosan nedves talajt bitumennel nem lehet stabilizálni.

A bitumenes stabilizáció alkalmazhatóságát talajfeltárásnak kell megelőznie. A talajmintákból az alábbi talajfizikai tulajdonságokat kell meghatározni:

- szemeloszlási görbe,
- folyási-, sodrási-, zsugorodási határ,
- kötött talaj esetében: tömöríthetőség, kémiai tulajdonságok (pH érték, karbonát és humusztartalom)

A felhasznált anyagoknak humusztól és szerves anyagoktól mentesnek kell lenniük.

A cementes stabilizáció során a cementadagolás növelésével a szilárdság is nő, míg a bitumenes stabilizáció során olyan optimum mutatkozik, amelynél a keverék kohéziója és stabilitása a legkedvezőbb. Azt feltételezve, hogy a talaj minden egyes szemcséjét bitumenhártya vonja be, akkor a legkedvezőbb hatást úgy érjük el, ha ez a hártya bizonyos minimális vastagsággal rendelkezik és maximális ragasztóhatást fejt ki: így a talaj kohéziót nyer, de a súrlódási ellenállása még nem csökken [13]. Ezért különös gondot kell fordítani a bitumen adagolására, nagyobb bitumentartalom mellett (>5-6%) a hártya vastagsága már oly mértékű, hogy a talaj súrlódása elvész, szilárdsága jelentősen csökken *(16. ábra)*. A stabilizáció hátránya, hogy a szélsőséges hőmérsékleti körülményekre érzékeny: nagy melegben a kohézió csökken, hidegben a keverék rideggé, törékennyé válik.




*16. ábra: A nyomószilárdság változása a bitumentartalom függvényében [14]*

### 1.3.4. Hőkezeléses eljárások

Annak ellenére, hogy hőkezeléssel a talajok hidraulikai és mechanikai tulajdonságai is javulnak a technológiák alkalmazására csak ritkán kerül sor, ennek elsősorban környezetvédelmi és anyagi okai vannak.

Két típusát különböztetjük meg:

1. Talajégetés: elsősorban a szerves és a lösztalajok javítására használták, de környezetvédelmi okokból az alkalmazása mára a háttérbe szorult,
2. Talajfagyasztás: városi munkatérhatárolások esetében éppen a környezetvédelmi okokból kerül előtérbe, mert csak ideiglenesen és kis mértékben változtatja meg a felszín alatti vizek mozgásait.

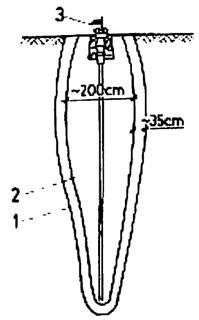
### 1.3.4.1. Talajégetés

Az eljárás alkalmazásának egyetlen feltétele van: az égetés során létrejövő magas hőmérséklet ne okozzon nemkívánatos vegyi átalakulást.
A módszer elve *(17. ábra)* a következő:

- a feltáró furatban magas hőmérsékletet hozunk létre, ennek hatására a talaj felmelegszik, megolvad,
- a lehűlés után a korábban lazán kapcsolódó részecskék között erős kötések maradnak vissza.

A kezelés kiterjedése a talaj ásványi összetételétől, hővezetési tulajdonságaitól és az előállított hőmennyiségtől függ. A talajt a kezelés céljától függően (pl. oldalnyomás csökkentése, szétfagyás elleni védekezés) 300-800°C-ra kell felhevíteni. Ahhoz, hogy ez a hőmérséklet előálljon a furatban 1200-1600°C hőmérsékletre van szükség.

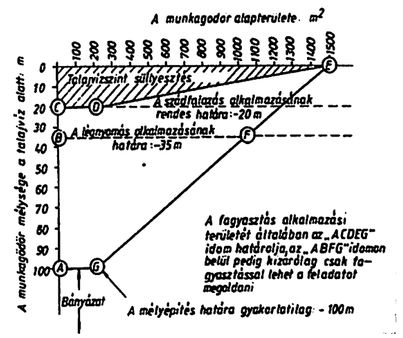
A hőközlés célja, hogy egy véges kiterjedésű talajtartomány anyagszerkezetét megváltoztassuk. A folyamat azonban nem lehatárolt térben megy végbe, ezért elkerülhetetlen a jelentős hőveszteség. A talaj hővezetési tulajdonságaitól függően változik a hevítés időtartama, de a szilárdulást nem befolyásoló felmelegedés csaknem teljes mértékben energiaveszteségnek minősül. A talajvíz jelenléte is energianyelő közegként vehető számításba.




*17. ábra: A talajégetés elvi vázlata [18]*
*1.kiéget tartomány; 2.megszilárdult tartomány; 3.hőbeviteli és zárószerkezet*

### 1.3.4.2. Talajfagyasztás

Költségessége miatt csak nagyobb volumenű beruházásoknál alkalmazzák abban az esetben, ha a kialakítandó munkatérbe (pl. alagút, mélygarázs) áramló talajvíz mennyiségét a szokásos víztelenítési technológiákkal nem lehet oly mértékre lecsökkenti, hogy ott a biztonságos munkavégzés lehetővé váljon. Ez főként a vízdús homok és kavicsrétegekben fordul elő, olyan mélységekben ahol már a vízzáró réteget szádfalakkal nem lehet elérni (általában 35 m-nél nagyobb mélységekben már többnyire fagyasztást kell alkalmazni). Alkalmazási tartományát a *18. ábra* mutatja.




*18. ábra: Talajfagyasztás alkalmazási tartománya [3]*

A fagyasztás előnyei:

- környezetbarát,
- tökéletes vízzárást biztosít,
- nincs vízbetörés, vízszivárgás,
- nem igényel más oldalhatárolást, vagy megtámasztást,
- bármely talajban használható,
- nem veszélyezteti a dolgozók egészségét,
- a gépház rövidebb üzemzavara nem zavarja meg a munkák menetét.

A fagyasztás hátrányai:

- bonyolult a gépi berendezése,
- előkészítése hosszadalmas,
- a fagyott fal kialakulása több hónapig is eltarthat,
- meleg, áramló vagy erősen sós vízben nem használható.

A technológia működési elve azon alapszik, hogy egy túlhűtött folyékony közeget (pl. kalcium-klorid vizes oldatát) előre megtervezett, fúrással létrehozott horizontális és vertikális geometriában a talajban elhelyezett csőrendszerben, fagykutakban, más néven fagyasztólándzsákban áramoltatnak. Így a kutak a talajból hőt vonnak el és így a talajban lévő víz és nedvesség megfagy. Idővel az egyes kutak körül kialakuló fagyhengerek összeérnek, egymásba fonódnak és kellő vastagság elérése után szilárd falat alkotnak. A fagyhengerek összeéréséig terjedő szakaszt aktív fagyasztásnak nevezzük. Ezután csak a fal fenntartásához szükséges hidegmennyiséget kell pótolni, ez a második, passzív fagyasztási periódus. A kutak körül kialakuló fagyköpeny védelmében lehetővé válik a térszint alatti munkatér kialakítása. A hűtés folyamatos fenntartása mellett a földmunkák, a szerkezet építési munkák biztonságosan elvégezhetők, majd a szerkezet elkészülte és a fagyasztás megszűntetése után a talajszerkezet eredeti állapotába kerül vissza.

A technológia alkalmazása:

- egyfázisú,
- kétfázisú,
- hűtött levegős eljárással és,
- folyékony nitrogénnel, (LIN=Liquid Nitrogen) egy vagy kétfázisú fagyasztással történik.

Az *egyfázisú* eljárás hűtőanyaga $CO_2$-gáz, melyet 60 – 70 bar nyomáson összesűrítenek, így +46°C-os hőmérsékletű lesz, majd +20°C-ra lehűtve cseppfolyóssá válik. Ezt követően a fagyasztócsőben expanzió folytán mintegy - 50 °C-ra hűl le. E folyamat során a lehűlt gáz hőt von el a talajból, miközben az megfagy. Az egyfázisú rendszerrel -40 – (-60) °C állítható elő.

A *kétfázisú* eljárásban a hűtőanyag $NH_3$ (ammónia) gáz, melyet 10 bar nyomáson komprimálnak. Ekkor +95 °C a hőmérséklete. +20 °C-ra lehűtik, cseppfolyós lesz, majd csőkígyóba vezetik, ahol a nyomása lecsökken, gázzá alakul és eközben -30 °C-ra hűl le. A csőkígyót körülfogó zárt tartályban (ezt refrigeratornak nevezik) $CaCl_2$ vizes oldata van, amely -25 – -27 °C-ra hűl le, s ezt vezetik a fagyasztókutakba, ahol a már ismertetett folyamat zajlik le.

A *hűtött levegős* eljárás első fázisa megegyezik a kétfázisú rendszerrel. A hűtőközeg itt is az $NH_3$. A második fázis zárt rendszerű hűtött levegő közeg, amelyet nagyteljesítményű ventillátorral a talajra (pl. alagút kihajtásnál a frontfelületre) terítenek. -20 – (-25) °C érhető el vele.

*Cseppfolyós nitrogén* alkalmazása esetén -196 °C-os a hűtőfolyadék. Az LIN biztosította alacsony hőmérséklet (-196 °C) lehetővé teszi a talaj igen rövid idő (akár 48 óra) alatti átfagyasztását, ez lényegesen gyorsabb megoldás, mint a $CaCl_2$-es technológia, amelynek hatáskifejlődési időtartama akár több hónap is lehet. A cseppfolyós nitrogén a puffertartályból az elosztó vezetéken a fagyasztólándzsákhoz jut, majd onnan gáz állapotban távozik. A gáz állapotú nitrogén egy elvezető kéményen a felszíntől magasabban a levegőbe jut. Előnye a hatékony működés, ami a gyorsaságban is megnyilvánul, kis gépészeti igény, környezetbarát. Magas költségei ellenére speciális mélyépítési munkáknál (pl. 4-es metró Fővám téri mélyállomás építése *(6. kép)* előnyös alternatíva [9].

*6. kép: Talajfagyasztás a Fővám téri mélyállomásnál*

### 1.3.5. Betételemes talajerősítés

A talajba helyezett erősítőanyagok húzó- vagy nyírószilárdsága növeli a talajszerkezet teherbírását, illetve csökkenti az alakváltozások mértékét. Az erősítés akkor hatékony, ha a szerkezeti elrendezés és a terhelés függvényében kialakuló erőjáték kihasználja a talajba helyezett elemek szilárdságát. Felhasználható elemként szinte minden olyan anyag alkalmas, amelynek van húzószilárdsága, vagy a talajénál nagyobb nyomószilárdsága. Ezek a jellegük szerint az alábbi csoportokra bonthatók:

- fémek, elsősorban ötvözetlen vagy ötvözött acélok, alumínium,
- vegyipari (szerves vagy szervetlen) alapanyagokból készített termékek,
- stabilizált, kötőanyagokkal (pl. cementtel, bitumennel, vegyszerekkel) átitatott réteg,
- növényi eredetű erősítőanyag.

A betétes erősítést két megkülönböztetési mód szerint lehet osztályozni:

1. betétek kiterjedése, geometriai alakja: A betétes erősítés legáltalánosabb módja a betétanyag réteges, leples, hálós jellegű elhelyezése.
2. szerkezetépítés jellege: A szerkezetépítés jellege szerint az erősítőanyag vagy a földműépítés közben, talajfeltöltéskor helyezzük el, vagy egy céleszközzel juttatjuk be a helyén maradó talajba.

Az ilyen jellegű erősített szerkezet méretezésekor a mechanikai viselkedés szempontjából a betételemek és a talajkörnyezet kapcsolatának, az erőátadás viszonyának, valamint az erősítőanyagok és a talaj alakváltozási tulajdonságainak aránya (egymáshoz viszonyított nyúlóképességük) játszik döntő szerepet. Ha pl. az erősítőanyag alakváltozási képessége nagyságrendileg közel áll a talajéhoz, az erősítő hatás fokozatosan az alakváltozások függvényében fog jelentkezni. Amennyiben a betétek anyaga nem nyúlékony, akkor a talajkörnyezet kis deformációja is jelentős feszültségeket ébreszt. A talajjal érintkező felületen tapadás, súrlódási ellenállás jön létre. Ez a két ellenállás a talaj és a betét között létrejövő kölcsönhatásban döntő jelentőségű. Ezért az ilyen jellegű méretezések előfeltétele, hogy megállapítsuk a tapadás és súrlódási ellenállás mennyiségi jellemzésére alkalmas együtthatókat. A szükséges adatok mind helyszíni, mind laboratóriumi körülmények között megállapítható (nyíró-, kihúzókísérlet). A betétanyagok tulajdonságai és a beépítés környezetében lévő talaj tulajdonságai különböző időléptékben változhatnak. Ezért meg kell vizsgálni a mechanikai viselkedés időbeni stabilitására kiható jellemzőket (pl. napfény, vegyi-, biológiai hatások) is.

### 1.3.6. Talajcsere

A talajcserés javítási eljárás abban különbözik az előbbiektől, hogy nem az adott talaj javításáról van szó, hanem jobbal való kicseréléséről. Sok esetben nem lehet elválasztani a talajjavító módszerektől, ezért érdemes megemlíteni ezt a lehetőséget is. Három lehetséges típusát különböztetjük meg, melyek az alábbiak:

1. Részleges talajcsere: A kedvezőtlen talajréteg akkora hányadának kikotrása és cseréje, mellyel már elfogadható talajviszonyok teremthetők.
2. Teljes talajcsere: A kedvezőtlen talajt kotrással (esetleg robbantással is segített kiszorítással) teljes vastagságban kicseréljük.
3. Kőoszlopok (mélyvibrációval vagy döngöléssel való) létrehozása: Bizonyos sűrűség mellett már függőleges talajcserének tekinthető.

A talajcsere alkalmazása leggyakrabban az alapozások kivitelezésekor jelenik meg. Ilyen esetben az alábbi funkciókat képes ellátni:

- az altalaj határfeszültségének növelése,
- a talaj összenyomódásának csökkentése,
- az alaptest egyenletes felfekvésének biztosítása.

A talajcsere hatékonysága attól is függ, hogy milyen alapozási rendszer alá tervezzük. Kis felületű tömbalapok alá aránytalanul nagy tömeg beépítése lenne szükséges, amely már gazdaságtalan lenne. Nagy felületű lemezalapok esetében a feszültségek olyan mélyre hatolnak, hogy a süllyedések jelentős mértékű csökkentését csak gazdaságtalanul nagy vastagságú csereréteggel tudjuk elérni. A legideálisabb alkalmazási területe a sávalapok és a szalagalapok (talpgerenda-alap), de egész épületek alá is szokás beépíteni. A talajcsere tervezésekor az alábbi eldöntendő kérdésekre kell válaszolni:

- Milyen legyen a cseretalaj anyaga?

→ Az anyaga jól és gazdaságosan tömöríthető legyen és 5%-nál kevesebb szerves anyagot tartalmazzon. A süllyedések és az altalajra jutó feszültségek csökkentésére, valamint az egyenletes fekvés biztosítására célszerű szemcsés talajt használni (csak akkor, ha erős vízáramlás következtében nem várható szemcsekimosódás, nem áll fenn az üregelődés veszélye). Ha a talajcsere szemcséi benyomódhatnak az altalajba, az utóbbival érintkező 5-10 cm vastag réteget finomabb szemcséjű talajból kell készíteni.

- Mekkora legyen a cseretalaj vastagsága?

→ A cseretalaj vastagságát a következő szempontok szerint kell megállapítani:

a) a csúszólap lehetőleg a talajcsere tömegén belül maradjon, illetve ha az alsó rétegbe metszene, a cseretalajban a töréssel szemben akkor is megfelelő biztonságú legyen,
b) az alsó talajrétegre ne jusson a megengedettnél nagyobb feszültség,
c) a cseretalaj alsó síkja a várható építési vízszint fölött maradjon,
d) a süllyedések nagyságát csökkentsük.

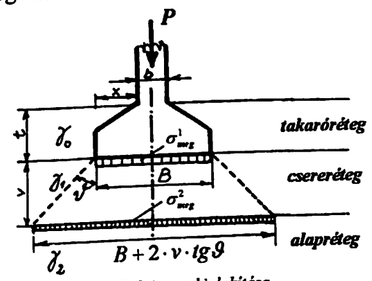
A cseretalaj minimális vastagsága térfogatváltozó talajon 1 m. A 3 m-nél vastagabb cseretalaj már nem gazdaságos.

– Milyen legyen a geometriai kialakítása, tömege?

→ A cseretalaj alakjának olyannak kell lennie, hogy az alaptest szélétől húzott 45°-os egyenes a talajcsere tömegén belül maradjon *(19. ábra)*, rézsűjét ferdén kell kialakítani. Ezzel biztosítjuk, hogy a ferde határsíkon jelentős vízszintes feszültség, illetve összenyomódás ne keletkezzen.

– Mekkora legyen a tömörítés mértéke?

→ A cseretalaj bedolgozására vibrohenger vagy vibrolap a legalkalmasabb. A cseretalajt rétegesen tömörítve a tömörítőgép kapacitásának megfelelő rétegvastagság figyelembevételével kell végrehajtani. A tömörséget rétegenként ellenőrizni kell. Az elérendő tömörségi fokot legalább 90-95%-ban kell előírni.




*19. ábra: Talajcsere kialakítása*

### 1.3.7. Víztelenítés

A víztelenítésekre:

– munkagödrök esetében ideiglenesen,
– fölművek esetében tartósan lehet szükség építés közben és a végleges állapotban.

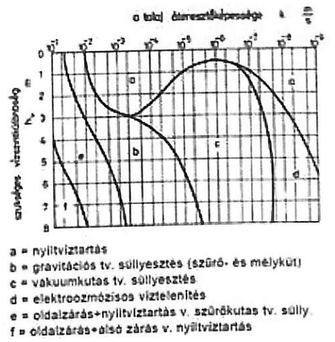
Így védjük meg a földműveket a víznyomástól, a vízmozgás hatásaitól, valamint lehetővé tesszük a munkavégzést és a földmű használatát.

A munkagödörbe a víz bejuthat csapadékvíz, élővíz és talajvíz formájában. Ezek kizárása és távoltartása természetüknek megfelelően többféle módon lehetséges. A munkagödrök víztelenítése esetében a legnagyobb fontossága a talajvizek távoltartásának és eltávolításának van, a csapadékvizek és élővizek távoltartása könnyen megoldható feladat. Alapvetően a hosszan tartó esős időszakok és a kevés ideig tartó, de igen nagy mennyiségű csapadékvíz, illetve esetenként a viharos széllökések vagy az erősen szeles időszakok jelenthetnek problémát. Ezek az időjárási meglepetések nagy része elkerülhető egyrészt az időjárási jelenségek alapvető ismeretével, másrészt az időjárás előrejelzések folyamatos nyomon követésével. Ennek segítségével felkészülhetünk a szélsőséges időjárási helyzetekre és védekezhetünk ellene (pl. munkafolyamatok átcsoportosítása, munkaterek vagy földfelületek műanyag fóliás letakarása).

A leggyakrabban alkalmazott víztelenítési módszerek három csoportra oszthatók, melyek a következők:

1. Nyíltvíztartás,
2. Talajvízszint-süllyesztés,
3. Speciális eljárások.

A víztelenítés módját alapvetően a talaj összetétele és vízvezető képessége, valamint az előállított depresszió nagysága (a külső nyugalmi és a belső leszívott vízszint közötti különbség) határozza meg *(20. ábra)*. Ezenfelül fontos szerepet játszik a víztelenítés kiválasztásakor a környezet beépítettségi adottságai, az élővizek közelsége, a kiemelt vizek befogadójának jellege (pl. közcsatorna, élővíz) és kapacitása, valamint a munkatér megtámasztásának módja.




*20. ábra: Víztelenítési módszerek alkalmazási tartománya "k" tényező szerint [1]*

### 1.3.7.1. Vízkizárás

A vízkizárás esetében megakadályozzuk a víz mozgását, beáramlását a védendő munkatérbe. Előnye, hogy alkalmazásával nincs szükség építés közbeni víztelenítésre, így semmi sem zavarja a munkálatokat.

A vízkizárás lehet ideiglenes, végleges (pl. mélygarázs, lerakóból történő szivárgás megakadályozása a cél), illetve egyedüli lehetőség (pl. kavicsban víz alá mélyítendő munkaterek).

A vízkizárás esetében az oldalzárást és/vagy az alsó zárást (fenékzárást) biztosítani kell. Az oldalzárás biztosítása kialakítható:

- szádfallal *(7. kép)*, résfallal, cölöpfallal vagy szekrényfallal (megtámasztást is nyújtanak),
- függönyfallal (csak vízzárást biztosít), mely mellett rézsűs határolás vagy dúcolat készülhet.

A függönyfal előállításakor I-tartókat vernek le, melyekre csövet erősítenek. A tartókat visszahúzzák és visszahúzás közben a csövön keresztül bentonit-cement keveréket injektálnak a helyükre.

A fenékzárás lehetséges változatai az alábbiak:

- ha a vízzáró talaj még kedvező mélységben fekszik, akkor ebbe fogjuk be az oldalfalat,
- szilárdított talajzónát hozunk létre a fenék alatt a földkiemelés előtt, általában leterhelő talajtakarást hagyva felette,
- víz alatti betonozás

Ez utóbbi esetében a víz bennhagyásával kell a földet kiemelni, nehogy a kialakuló áramlás felszakítsa a feneket. A víz alatt kell elkészíteni a felúszást gátló vastagságú fenékbetont a mindenkori betonfelszín alá nyúló csöveken keresztül. A vizet csak a betonszilárdulás után szabad leszívni.

A vízkizárás sajátos módszerét alkalmazzák aknák, szekrények víz alá történő süllyesztésekor, ill. víz alatti alagutak építésekor. A felülről és oldalról is lezárt térből sűrített levegővel szorítják ki a vizet. Alkalmazását az emberi szervezet 35 m vízmélységig engedi meg. Akkor előnyös, ha laza talajban, élővíz alatt és épületek közelében kell dolgozni, mert ott más víztelenítési eljárások veszélyesek lehetnek. Azonban ez nagyon költséges, és hátrány az is, hogy a munkát nehézkessé teszi, mert a külső térhez csak légzsilipen keresztül lehet kapcsolódni [1].

*7. kép: Szádfalas vízkizárás és munkatérhatárolás*

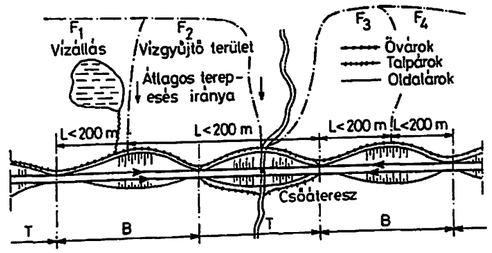
### 1.3.7.2. Vízelvezetés – Nyíltvíztartás

A felszíni csapadékvizek elvezetésére a leggazdaságosabb megoldást a nyílt árkos vízelvezetés biztosítja. Az árkokat legegyszerűbben trapéz alakú szelvénnyel lehet kialakítani. A földmunkák víztelenítésével kapcsolatban az alábbi árok típusokat *(21. ábra)* különböztetjük meg:

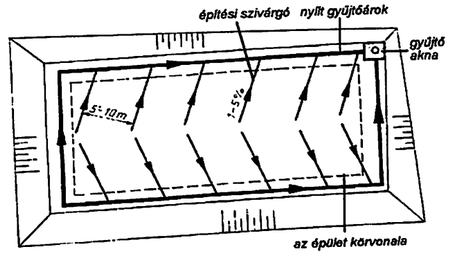
1. Oldalárok: Feladata az altalajból beszivárgó, a rézsűről, a földműről lefolyó és a bevágás szélén összegyűlő víz elvezetése. Amennyiben az árok esése 0,2-0,3 %-nál kisebb, akkor a sebesség növelése céljából sima betonlappal, ha 1-6 %-nál nagyobb, akkor a kimosás veszélye miatt durva felületű terméskővel burkoljuk.
2. Talpárok: A lejtőkre épített töltések hegy felőli rézsű lábának víztelenítését szolgálja, valamint megakadályozza a töltés lábának átázását.
3. Övárok: Övárkot létesítünk a lejtős oldalon épített bevágások hegy felőli szélén a rézsű erózió elleni védelmére. Feladata, hogy a bevágás rézsűjétől elvezesse a hegyoldalra hullott csapadékvizet.

A meredek rézsűkön lefolyó vizek elvezetésére surrantókat építhetünk ki.

A munkagödrök víztelenítésére az esetek nagy részében a hagyományos nyíltvíztartást alkalmazzák *(22. ábra)*. Ez egy viszonylag egyszerű módszer, amely a szokásos zárt sorú dúcolás vagy rézsűs munkatér határolás védelmében végezhető. A munkatér kiemelése közben beszivárgó talajvizet a fenékszinten létesített nyílt árokban vagy szivárgókkal fogják fel és a munkatér legmélyebb pontján létesített gyűjtőaknába "zsompba" vezetik, ahonnan szivattyúzással távolítják el.



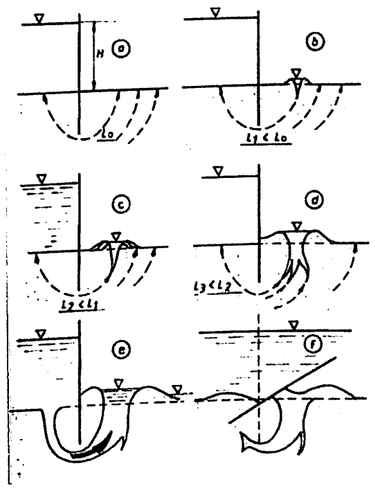

*21. ábra: Oldalárok, övárok, talpárok kialakítása*




*22. ábra: Munkagödör víztelenítése nyíltvíztartással [3]*

Ez a módszer kizárólag olyan talajoknál alkalmazható, amelyek szemcséit a talajból feltörő víz nem képes mozgatni, a hidraulikus talajtörés veszélye nem következik be. A folyósodásra, talajkimosódásra és a hidraulikus talajtörésre vagy buzgárosodásra hajlamos talajokban (pl. finom homok, iszapos homok, homokos iszap) csak 0,3-0,5 m-es leszívás engedhető meg.

Bizonyos sebességtől a beszivárgó víz magával ragadja a kisebb talajszemcséket. A szemcsék helyén összefüggő vízerek, járatok alakulnak ki, ezek a felszínre bukkannak és szemcsék lerakódnak köré (iszapvulkánhoz hasonló gyűrű alakban). Ezeket a feltörő vizeket nevezzük buzgároknak. A vízáramlás növekedésével az aktivitásuk oly mértékre megnőhet, hogy az egész munkatér alatti altalaj fellazulhat. Az egész alsó talajtömeg sűrűn folyó tömegként kimozdul a helyéről és a víz és talaj híg keveréke önti el a munkateret. A *23. ábra* szemlélteti egy ilyen folyamat egyes fázisait, az időben el nem fojtott buzgár aláüregelte a szádfalat és az végül tönkrement. A védekezés egyik helyes módja, hogy a víz szivárgási úthosszának meghosszabbítása által csökkentjük az áramlási nyomást.




*23. ábra: Buzgárok kialakulási folyamata [3]*

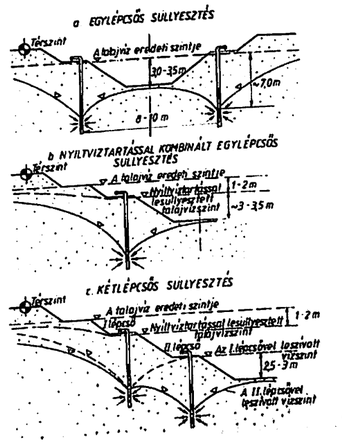
Kötött talajok esetén a gyűjtőakna felől elkezdett folyókát kell ásni, amelyet a mindenkori gödör, illetve árok fenekén kell kialakítani. Ezeket földkitermelési lépcsőkkel párhuzamosan fokozatosan mélyítik úgy, hogy a kb. 2%-os akna felé történő lejtést biztosítani tudják.

Vonalas létesítmények munkaárkainál kőagyagcsővel (rostált, mosott kavicsba, vagy zúzottkőbe kell ágyazni) kiegészített kiegészített építési szivárgót kell létesíteni munkaárok fenékszintjén. Az ilyen jellegű szivárgók kiépítése tanácsos műtárgyak, alapok munkagödreibe is.

A gyűjtőaknákat olyan mélységűre kell kialakítani, hogy egy esetleges üzemszünet esetén összegyűlő vízmennyiséget is képesek legyenek tárolni. A gyűjtőaknák fenekét víz alatti betonozással kell lezárni úgy, hogy a beton felső szintje legalább 75 cm-re legyen a becsatlakozó szivárgók szintje alatt. Az aknában/aknákban összegyűlt vizet mindig egyenletes ütemben szakaszosan, vagy folyamatosan kell eltávolítani szivattyúk segítségével (pl. fenékszivattyú). A gép berendezésekből (pl. szivattyúkból, meghajtó motorokból) előírt tartalékot kell biztosítani a munkavégzés helyszínén.

### 1.3.7.3. Ideiglenes talajvízszint süllyesztés kutakkal

A módszer lényege, hogy a munkagödör köré telepített kutak segítségével a környező talajvíz szintjét a munkagödör fenékszintje alá süllyesztik, így a gödörbe a talajvíz nem jut be *(24. ábra)*. A szivattyúzás csak olyan mértékű lehet, hogy a víz áramlása ne bonthassa meg a talaj szerkezetét. Mivel a durva, szemcsés talajok vízutánpótlása gyors, és a kötött talajoknál (elsősorban agyag) más víztelenítési módszer kedvezőbb, ezért a talajvízszint-süllyesztés kedvezően csak a $10^{-4}$–$10^{-6}$cm/sec vízáteresztőképességű talajoknál (finom homok, homok, homokos iszap) alkalmazható gazdaságosan. Tervezéskor figyelembe kell venni, hogy a kutak vízhozama időben erősen változik. Minden esetben meg kell vizsgálni a talajvíz keménységét. A nagyon kemény és vasas talajvizek eltömítik a kutakat és a vezetékeket, illetve a talajvízben lévő oldott állapotú kénsav, kénessav, szénsav vagy gázok a szűrő- és szívócsövek anyagára károsak.




*24. ábra: Talajvízszint süllyesztési rendszerek [3]*

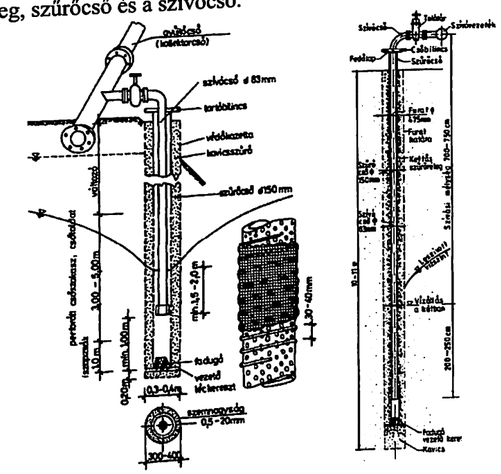
A talajvízszintsüllyesztés tervezése két részből áll:

1. Talajbeli szivárgás vizsgálata: a depressziós görbék és a vízhozam megállapítására kell kiterjednie.
2. Víztelenítő berendezések hidraulikai méretezése: kutak kiosztása, száma, a szőrözött felület méreteinek számítása, a csővezetékek átmérőjének ellenőrzése, illetve a szivattyú kiválasztását tartalmazza.

Továbbá vizsgálni kell, hogy a depresszióval érintett területen lévő épületek a feszültségnövekmények hatására bekövetkező süllyedés mértéke a megengedett értéken belül marad-e.

*Siemens rendszerű talajvízszint süllyesztés*

Ennél a rendszernél a víz áramlását kizárólag a megszívott szűrőkutakban *(25. ábra)* leszállított vízszint és a nyugalmi talajvízszint között kialakuló magasságkülönbség idézi elő. A víz a magasabb helyről az alacsonyabb felé mozog, ezért nevezik gravitációs süllyesztésnek is. A kutakat általában 8-10 m távolságban telepítik, egy ilyen kútsorral 3,5-4,0 m-es leszívás érhető el. Az elméleti leszívási mélység a légnyomásnak megfelelő 10 m, azonban a veszteségek miatt a kutakban ~7 m érhető el. A szűrőkút fő részei a kavics szűrőréteg, szűrőcső és a szívócső.



*25. ábra: A szűrőkút szerkezete*

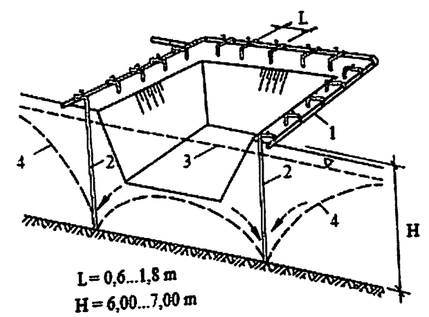
Kivitelezéskor először elkészítik a szűrőkút méreteinek megfelelő furatot, melynek átmérője általában 20 és 60 cm. Amennyiben az eltávolított talajra nincs szükség a fúrást öblítéssel is elvégezhetik (béléscső védelme alatt). A szűrőcső belső átmérője általában 150 mm, külső átmérője 155 mm, horgonyzott acélból készül. A cső állhat egyetlen 10 m-es darabból is, de kisebb darabokból összecsavarozva is készülhet. A szűrőcső vízáteresztő (perforált) szakaszára általában 3 mm átmérőjű, csavarmenetben csévélt sárgarézhuzal kerül, majd ezt szűrőszövettel (0,5 mm vastag, rézhuzalból font) borítják. A szövet finomságát a környező talaj szemcsemérete határozza meg. A szűrőszövetet horgonyzott acélhuzalból font 10-15 mm lyukbőségű hálóval kell körülvenni.

A szűrőcső aljára fadugó, vagy sapka kerül. A béléscső kihúzásakor, tölcsérek segítségével beépítik a csövet körülvevő kavics szűrőréteget. A szűrőréteg lehet egy-, vagy kétrétegű. Előbbit durvább szemcséjű talajban, utóbbit finom szemcséjű talajban alkalmazzák. Egy szűrőréteg esetében 1-20 mm közötti szemcseátmérőjű, rostált és mosott kavicsot kell alkalmazni. Két réteg esetében a külső réteget 1-5 mm-es, a belső réteget 5-20 mm-es kavicsból kell elkészíteni.

Ezek után a szűrőcsőbe beállítják a 80 mm átmérőjű szívócsövet, felül 90°-os könyökkel. A szívócső a szűrőcsőre egy bilinccsel támaszkodik, a két cső közötti felületet pedig a szűrőcső tetején be kell fedni. Kialakításánál ügyelni kell, hogy az alsó vége legalább 1,5-2 m mélyen legyen a legalsó kútvízszint alatt és kb. 80 cm-rel a szűrőcső fenékdugója fölött.

A szívócsöveket egy tolózár beiktatásával kapcsolják a szívóvezetékhez. A vezeték falvastagsága a behorpadások elkerülése végett min. 3-5 mm. Belső átmérőjét úgy kell méretezni, hogy a víz kb. 1,5 m/s sebességgel mozogjon benne. Annak érdekében, hogy az esetlegesen a szívócsőbe került levegő távozhasson, azt egyenletes emelkedéssel (1-2‰) kell a gépház felé megépíteni. A szívóvezetékeket kiépíthetik körvezetékként *(26. ábra)*, vagy egy vonal mentén (a szélességhez képest hosszú munkatér esetén - munkaárok). A víz a szívóvezetékekből a gépházban lévő szivattyúkba kerül.

Az üzem zavartalansága érdekében a szivattyúkból, valamint a hajtógépből 100% tartalékot kell biztosítani.




*26. ábra: Szívóvezeték körvezetékes kialakítása munkagödör esetén*
*1.gyűjtőcső; 2.vákuumkút; 3.eredeti talajvízszint, 4.depressziós görbe*

*Mélykutas talajvízszint süllyesztés*

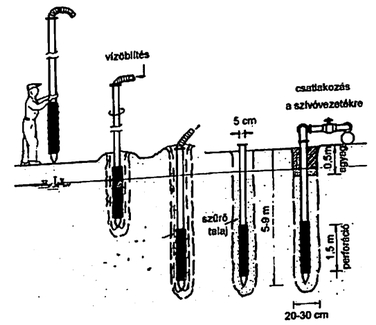
Mélykutakat olyan esetben alkalmazunk leginkább, amikor a mélyebben fekvő talajréteg vízáteresztőbb, mint a felette lévő és így a nyomás alatt lévő alsó réteg megcsapolása által csökkenthető a munkagödörbe betörő talajvíz mennyisége. Gazdaságossága akkor mutatkozik meg, ha rendszer kiépítéséhez szükséges gépi berendezés a rendelkezésünkre áll és min. két szűrőkutas lépcsőt meghaladó mélységig kell a talajvizet lesüllyeszteni.

Szerkezetileg hasonló a Siemens rendszerhez. Nagyobb átmérőjű, mélyebbre nyúló szűrőkutakat építenek ki, melyekben nem szívócsövet, hanem egy-egy búvárszivattyút

helyeznek el (a tömítetlenségre érzékenység kiküszöbölése) és ezek segítségével nyomják fel a vizet. Ezeknek a szivattyúknak alig kell szívniuk, nyomómagasságuk ésszerű méretek mellett is kb. 35 m érhető el egyetlen lapátkerékkel. Így kevesebb számú, nagyobb távolságban elhelyezett kúttal is célt lehet érni, egymagukban képesek négy-öt leszívási lépcsőt helyettesíteni.
A búvárszivattyúk jelentik a rendszer hátrányát is. Aránylag sok és drága szivattyút igényelnek. Ezekből nem biztosítható a 100%-os tartalék, így az építkezést egy üzemzavar jelentősen hátráltathat.

*Pontkutas víztelenítés*

A rendszert 50-70 mm átmérőjű csövekből készítik, ezek mind a szűrőcső mind a szívócső funkcióját egyidejűleg ellátják. A cső alsó részét 1,5 m hosszon perforálják, ezt 0,3 mm lyukbőségű szitaszövettel borítják, és erre kerül rá a spirálisan rácsavart drót vagy durvább szemű tartóháló. A kutakat 60, 120 vagy 180 cm-ként telepítik egymás mellé *(27. ábra)*. Beépítéskor vízöblítést használnak, a csőbe 3-5 bar nyomással vizet nyomnak, a vízsugár megbontja a finom szemcsés altalajt és a kimosott szemcsékkel együtt a csőfal mentén felfelé áramlik. A csövet a kívánt mélységbe juttatják, ekkor körülötte kb. 20-30 cm átmérőjű, közel függőleges falú lyuk képződik, melyet azonnal a megfelelő szemnagyságú szűrőanyaggal kell kitölteni. (A cső süllyesztése kb. 5-10 perc alatt elvégezhető.)



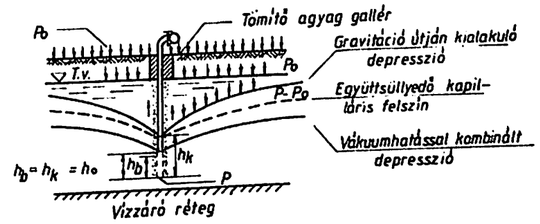

*27. ábra: Pontkút telepítésének fázisai [1]*

*Vákuumkutas talajvízszint süllyesztés*

A vákuumkutas vízszint-süllyesztés a pontkutas rendszer egyszerű továbbfejlesztésével alakult ki. Ebben az esetben a szivattyútelepeket légszivattyúkkal egészítik ki és így a szűrőkút alsó, perforált részének környezetében is légritkítást hoznak létre. Kiosztása a megfelelő működés érdekében a pontkutakéval megegyező (60, 120, 180 cm). A sűrű kiosztás biztosítja, hogy a talajvíz felszínére nehezedő légnyomás (a nehézségi erő hatásával együttesen) a légritkítás helye felé hajtsa a vizet *(28. ábra)*. Tehát vákuumkutat úgy tudunk létrehozni pontkútból, hogy a szűrőfelületét a levegőtől elzárjuk és a kút alján légritkítást létesítünk. A vákuumhatás csak abban az esetben érvényesül, ha a létesített vákuum és a külső légköri nyomás nem tud kiegyenlítődni. A leszívás mértéke vákuummal a 4-5 m-t is elérheti.

A rendszer előnyei:

- finomabb szemcséjű talajok is gazdaságosan víztelenithetők,
- a teljes depresszió kialakítása kevesebb időt vesz igénybe, mint a tisztán gravitációs rendszereknél,
- az egy lépcsővel elérhető leszívás nagyobb, ezért rövidebb kutakra van szükség,
- a szívóhatás stabilizálja a talajt, ezzel növeli a munkatér oldalfalának állékonyságát.



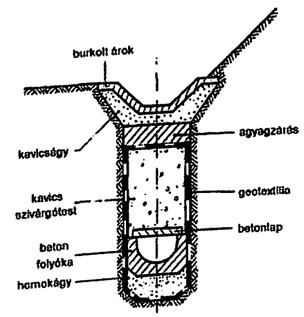

*28. ábra: Depressziós görbe kialakulása a vákuumkutas vízszintsüllyesztésnél [3]*

### 1.3.7.4. Tartós talajvízszint süllyesztés

A földművek és az épületek állapotának védelme céljából szükség lehet a felszín alatti víz tartós süllyesztésére. Az állékonyságot veszélyeztető talaj- és rétegvizeket leggyakrabban gravitációs úton, szivárgókkal vezetjük el. Ezek olyan jó vízvezető anyagból készülnek, melyek segítségével a szivárgó felé környező földtömegben vízmozgást idéznek elő.

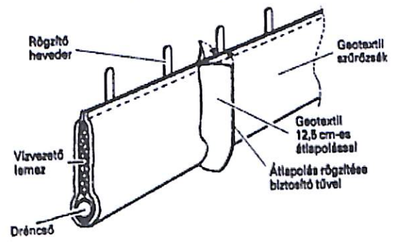
Ezek a szivárgók az alábbiak lehetnek:

- *Árkos szivárgó*: A vízszintesen áramló vizek elfogására létesülnek. A térszínig érő fagyálló, vízvezető kővel vagy kaviccsal kitöltött (geotextíliával veszik körül, hogy a víz ne moshassa bele a környező talaj finomszemcséit), alsó részén fenékcsatornával ellátott (kellő esésű folyóka, vagy perforált műanyagcső), felül vízzáró anyaggal lefedett árok *(29. ábra)*. A vízzáró takarás célja, hogy meggátolja a felszíni víz szivárgóba jutását, mert ennek szállítására a cső nem képes.



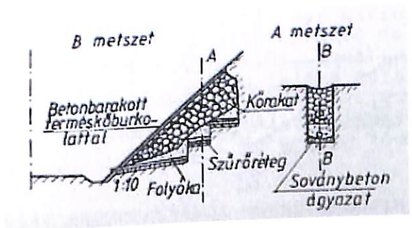

*29. ábra: Árkos szivárgó [1]*

– *Szivárgólemez*: Feladatuk azonos az árkos szivárgóéval. Az elemeket általában előre gyártva szállítják. Ezek teste drénlemez, melyet textíliával fednek le és az aljára perforált csövet erősítenek *(30. ábra)*.



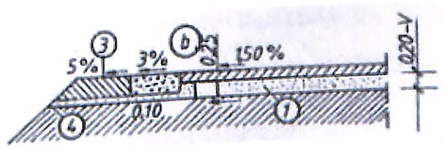

*30. ábra: Szivárgólemez [1]*

– *Szivárgóborda*: A szivárgó bordákat a rézsűkben keresztirányban, 5-10 m távolságban telepítik. Kővel rakják ki, alul pedig betonfolyókát létesítenek *(31. ábra)*. Amennyiben a talpuk a potenciális csúszólap alá nyúlik, az oldalfalukon ébredő súrlódás révén megtámasztást is biztosít a rézsű földtömegének.



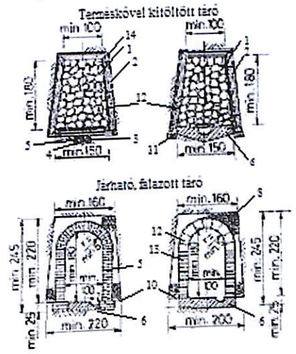

*31. ábra: Szivárgóborda [3]*

– *Szivárgópaplan*: Célja az épületek alá szivárgó vizek összegyűjtése és kivezetése. A felszínére 15-50 cm vastag (szélességhez mérten kis vastagságú) vízvezető réteget fektetnek. Az épület mellett és esetleg alatt is zsompokat építenek, ezekből automata vezérlésű szivattyú vezeti ki a vizet *(32. ábra)*.




*32. ábra: Szivárgópaplan [3]*
*1.tárókitöltés; 3.padkaerősítés; 4.paplan*

– *Szivárgótáró*: A térszín alatt bányászati módszerekkel előrehajtott, kidúcolt és utólag kővel, kaviccsal kitöltött vágat. Ezek kb. 1,8-2 m magas és 1,5 m szélesek. Az aljukban betonfolyókát építenek *(33. ábra)*.




*33. ábra: Terméskővel kiöltött és hézagos téglafalazattal készült tároó*
*1.terméskő; 2.faácsolcsat; 3.szűrőanyag; 4.alagcső; 5.szivárgó; 6.betonfolyóka; 7.vb. fedlap;*
*8.kötömedékelés; 9.téglalábzat; 10.szigetelő betonréteg; 11.fapapucs; 12.támfa; 13.talpgerenda; 14.süveggerenda*

A megfelelően kivitelezett szivárgóknak az alábbi feltételeket kell teljesíteniük:
– minél nagyobb áteresztőképességű legyen,
– a vízáramlás ne vigyen be finomabb szemcséket a szivárgóba,
– felszíni vizek ne jussanak a szivárgóba,
– a szivárgó rétegekben ne keletkezzenek kimosódások (áramló víz sebességének megfelelő szinten tartása),
– a víz a lehető legrövidebb és leggyorsabb úton jusson el a befogadóba.

A szivárgók esetében számítani kell arra, hogy a vízszállító kapacitásuk idővel csökkenhet. Ennek két oka van. Az egyik, hogy a finom szemcsék bemosódnak a szivárgóba, ezt geotextíliás védelem mellett kiküszöbölhetjük. A másik ok, hogy a vízből kiváló kémiai "üledékek" hézagcsökkentő hatást gyakorolnak a szivárgóra. Ahol a víz kémiai vizsgálata kimutatja ennek veszélyét, ott biztosítani kell a felújítás későbbi lehetőségét. Ez paplanszivárgók esetében nem lehetséges, ezért azok élettartamát csak óvatos becsléssel szabad megállapítani.

*8. kép: Perforált cső*

A tartós talajvízszintsüllyesztés másik lehetősége, hogy a rétegvizek elfogására vízszintes furatokat építünk. Ezek kb. 10-30 cm átmérőjűek, és 10-50 m hosszúságúak. A furatba perforált műanyag csöveket *(8. kép)* helyezünk, s így vezetjük ki a vizet.

### 1.3.7.5. Drénezés

A drénezés lényege a kis áteresztőképességű talajokban lévő vizek gyors kivezetése. Alkalmazása elsősorban mozgásveszélyes lejtők stabilizálásánál és töltések (esetleg épületek) konszolidációjának gyorsításánál fordul elő, mellyel a talajtörés elleni biztonságot is növelik.

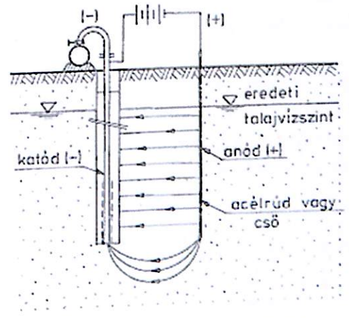
A lejtők stabilizálására közel vízszintes vagy ferde furatokba dréncsöveket építenek be, melyekhez függőleges furatokba beépített perforált csövek, aknák és kavicscölöpök is kapcsolódhatnak. Ezek beépítésére akkor kerül sor, ha a vízszintes drénekkel nem lehet jól eltalálni a vízvezető réteget, így az alkalmazásukkal a teljes függőleges talajszelvényből levezetődik a víz. A drének beépítésével csökken a víznyomás, sűrű kiosztású drének esetén a talajvízszint süllyedés is bekövetkezhet. A víznyomás csökkenésével megnő a hatékony feszültség és ezáltal a talaj nyírószilárdsága is kedvezőbb lesz. A drének esetében fontos, hogy tartósan legyenek képesek a vízkivezetésre, ezt a felügyeletükkel és karbantartó átmosásokkal kell biztosítani.

A konszolidáció gyorsítására függőleges szalagdréneket alkalmaznak. Ezek a geokompozitok a távtartást és a vízmozgás keresztmetszetét biztosító bordás műanyaglemezből vagy összepréselt műanyag szálakból és az ezt körülvevő nemszőtt geotextíliából állnak. Alkalmazásukkal biztosítjuk, hogy a kis áteresztőképességű talajokban lévő drénig elszivárgott vizek gyorsan továbbvezetődhessenek, így azoknak nem kell függőlegesen nagy utat megtéve lassan kiáramolniuk. Beépítésükkel gyakorlatilag javítjuk a talaj vízáteresztőképességét. Ehhez a dréneknek megfelelő vízszállítóképességgel kell rendelkezniük, melyek főleg a drén hosszától, kiosztásától, névleges- és hatásátmérőjétől és a talaj áteresztőképességétől függenek. A drének tervezésekor azt a távolságot kell meghatározni, mellyel elérhető a kellő konszolidációgyorsítás. A függőleges drének talajba juttatását egy célgép biztosítja *(9. kép)*, a szokásos dréntávolság 1,5-3 m, mélységük elérheti az 50 métert is. A szalagdrének fölé jó vízvezető homokos kavicsból vagy tört kőanyagból 50 cm vastag szivárgópaplant kell elhelyezni, amelybe a drének legalább 25 cm-nyit beleérnek.

*9. kép: Szalagdrén lefűzése*

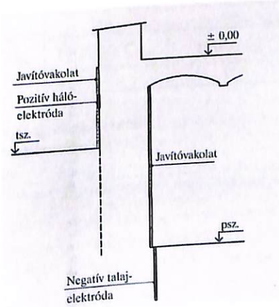
### 1.3.7.6. Elektroozmotikus víztelenítés

Az elektroozmotikus víztelenítés olyan vízáteresztőképességű talajoknál (k = $10^{-8}$-$10^{10}$ cm/sec) javasolt, ahol a vákuumkutas rendszer már nem hatásos. Az eljárás lényege, hogy az egyenáramú áramforrás negatív (katód) pólusát kapcsolják a kutakra, a pozitív (anód) pólust pedig a velük párhuzamosan levert (tőlük 80-120 cm-re lévő) vasrúd sorra. Így a talajban elektromos potenciálkülönbség keletkezik. Ha a talaj kellően finom szemű, a vízzel telt pórusokon átfolyó áram a kapillárisokban vízáramot hoz létre, a pozitív elektródától a szűrőkút felé *(34. ábra)*. Ezzel a technológiával a gravitációs és esetleg vákuum hatással is kiegészülve képesek vagyunk olyan talajokból is vizet elszívni, amely más eljárással már nem lenne megvalósítható. Azonban ezt a víztelenítési módot bonyolultsága és költségessége miatt ritkán alkalmazzák.




*34. ábra: Elektroozmotikus víztelenítés*

Az eljárást nem csak a mélyépítésben, hanem az épületek falszárításakor *(35. ábra)* is alkalmazzák. Szűk, nehezen megközelíthető helységekben (pl. pincehelységekben) célszerű alkalmazni. Az ilyen típusú munkálatoknál napjainkban a fém elektródák helyett már vezetőképes műanyag és grafit háló- és rúdelektródákat használnak. A pozitív elektródákat az épület homlokzatán, kicsivel a talajszint felett, a negatív elektródákat pedig a legalsó pinceszint padlója alatt helyezik el. Fontos, hogy a pozitív elektródát a nedvesedés legfelső részén kell elhelyezni.




*35. ábra: Elektroozmózisos falszárítás [17]*

## 2. Geoműanyagok

A geoműanyagok többnyire szintetikus polimer alapanyagokból készült felületrendszerek. Geoműanyagnak neveznek minden olyan műanyagot amely kapcsolatba kerül a termett talajjal, az altalajjal, a talajvízzel, a mélyépítésben használt töltés ágyazat anyaggal, a pályaszerkezet rétegével és szerves részét képezi valamely mélyépítési szerkezetnek. A geotechnikában az 1970-es években kezdték alkalmazni a műanyagokat. Kezdetekben olyan szőtt- és nemszőtt textileket alkalmaztak, amelyeket eredetileg más célra szántak, de a tapasztalatok bővülése nyomán számos, speciálisan a geotechnikai területre alkalmas gyártmányt fejlesztettek ki. Először a víztározók és vízművek létesítésénél váltak nélkülözhetetlen termékekké. Felhasználásuk mára szerteágazóvá vált, alkalmazhatóak földmunkáknál, vasúti pályák erősítésénél, hulladéklerakók építésénél, más földmozgással járó létesítmények kialakításánál valamint az útépítésben.

A geoműanyagokat alapanyaguk, gyártásuk módja vagy szerkezetük szerint különböztethetőek meg. A geoműanyagok anyaga lehet: poliészter (PET), poliamid (PA), polipropilén (PP), polietilén (PE), valamint poliakrilnitril (PAC). Az anyagok tulajdonságait a *3. táblázat* foglalja össze. A táblázatban feltűntetett paraméterek a gyártás megbízhatóságától függően szórhatnak.

| Tulajdonság | Poliészter PET | Poliamid PA | Polipropilén PP | Polietilén PE | Poliakrilnitril PAC |
|---|---|---|---|---|---|
| Fajlagos súly [kN/m$^3$] | 13,80 | 11,40 | 9,10 | 9,50 | 11,80 |
| Olvadáspont [°] | 260 | 212/256 | 165 | 125 | 250 |
| Szakítószilárdság [N/mm$^2$] | 350-1300 | 350-1000 | 220-550 | 300-650 | 400-530 |
| Szakadónyúlás [%] | 10-55 | 15-70 | 15-50 | 10-45 | 20-40 |
| Ellenálló képesség | PES | PA | PP | PE | PAC |
| Mikroorganizmusok (szerves anyagok) | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Savak | ++ | +(1) | ++ | ++ | ++ |
| Bázisok | +(1) | ++ | ++ | ++ | +(1) |
| Oxidálószerek | ++ | + | ++ | ++ | ++ |
| UV-sugárzás | ++ | + | +(2) | +(2) | ++ |
| Hideg -30°-ig | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| Meleg | 220°C-ig | 170/230°C-ig | 140°C-ig | 140°C-ig | 230°C-ig |
| Gyúlékonyság | - | - | 0 | 0 | 0 |

Jelmagyarázat:
++ jó, + kielégítő ellenálló képesség, - gyenge, 0 értékű
(1) Erősen bázikus közegeknek nem ellenálló (pH>12)
(2) Külön UV-stabilizálás szükséges

*3. táblázat: Geoműanyagok tulajdonságai [20]*

## 2.1. Geoműanyagok típusai

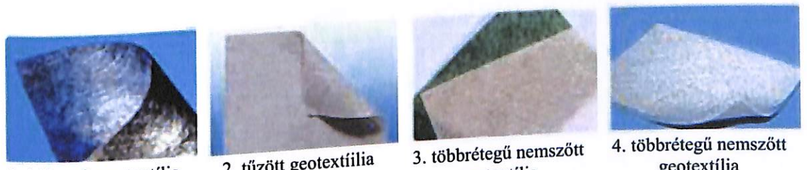
### 2.1.1. Egyszerű geoműanyagok

#### 2.1.1.1. Geotextília

*Nemszőtt geotextília*

A nemszőtt geotextíliák *(36. ábra)* polipropilén szálból, tűnemezeléssel előállított textíliák. A tűnemezelési eljárást követően, a legtöbb típus kétoldali hőkezelést kap, aminek következtében a műszaki jellemzőik (szakítószilárdság, nyúlás) hossz-, illetve keresztirányban azonossá válnak. Elsődleges nyersanyagból, ISO 9001 minőségbiztosítási előírások alapján, rendszeres, független minőségellenőrzés mellett készülnek. Az ilyen típusú textíliákban a szálak összekuszálódva, rendezetlenül helyezkednek el. Húzáskor először ezek az összegabalyodott molekulák egyenesednek ki, ezért nyúlásuk nagy. A talajba beépítve az erő-nyúlás görbéje hasonlóvá válik a rendezett szerkezetekéhez, mivel a talaj gátolja a deformációkat.

Útépítési és egyéb alapozási munkák során, a különböző minőségű alapozó rétegek, illetve az altalaj és a teherhordó rétegként beépített szemcsés anyagok elválasztására szolgálnak, megakadályozzák azok keveredését, ezáltal növelik a létesítmény élettartamát. Aránylag alacsony szakítószilárdsági értékeikhez magas nyúlási értékek tartoznak, jól tűrik az alakváltozásokat. Terheléselosztó szerepük csekély. Szivárgószerkezetekhez szűrőrétegként is alkalmazhatók, de elsődleges szerepük az elválasztás. A fent említett területeken túl, gyakran használt termékek a közművek, tetőkertek, hulladéklerakók építésekor, valamint jól alkalmazhatók műtárgyak szigetelésének mechanikai védelmére. Fokozott mechanikai védelem szükségessége esetén a vastagabb, robosztusabb textíliák alkalmazandók. A víztelenítésre, szűrésre, védelemre és elválasztásra alkalmazott nemszőtt geotextíliák kiválasztása az elvezetendő folyadékmennyiség és a várható (felületre merőleges) normálterhelés, illetve a textília síkjában fellépő húzóerők függvényében történik. További tervezési szempont a víztelenítő rendszer geometriai kialakítása, mérete. A termékek tulajdonságait tartalmazó adatlapok tartalmazzák a termékek szállítási méreteit, hidraulikai jellemzőit.



1. hőkezelt geotextília 2. tűzött geotextíilia 3. többrétegű nemszőtt geotextília 4. többrétegű nemszőtt geotextília

*36. ábra: Nemszőtt geotextíliák*

*Szőtt geotextília*

A szőtt geotextíliák *(37. ábra)* meghatározott rend szerint egymást leggyakrabban merőlegesen keresztező szálakból állnak, amelyek a textilanyagokhoz hasonlóan szövési technológiával készülnek. A termékek tulajdonságait alapvetően a lánc és a vetülékirányban alkalmazott fonalak, a szövési mód, továbbá a fonal alapanyaga határozza meg.

A szőtt textíliák mechanikai tulajdonságai a terhelési iránytól (lánc, ill. vetülék) függenek.

Alapvető alkalmazási szerepkörük az erősítés, de szűrőtextíliaként is jól alkalmazhatók.

A felületre merőleges nyomás a szőtt textília szűrési tulajdonságait alig befolyásolja.

A nyúlási alakváltozás a textília nyílásméreteit is megváltoztatja.

A szőtt geotextíliák az UV sugárzással és a káros vegyi anyagokkal szembeni ellenállásuknál fogva alkalmasak különböző geotechnikai rendszerekben elsősorban az erősítő és a szűrő, továbbá az elválasztó réteg, esetleg a védőréteg szerepét is betölteni.

A normál szőtt geotextíliák polipropilén szalagokból szőtt textíliák, elsődleges nyersanyagból, ISO 9001 minőségbiztosítási előírások alapján, rendszeres, független minőségellenőrzés mellett előállítva. A szalagok általában feketék, az anyag az UV sugárzás hatására nem roncsolódik, a szövés egészen sűrű. A műszaki paraméterek hossz, illetve keresztirányban típusonként változók.

Az extra szilárdságú szőtt geotextíliák poliészter szálból szőtt textíliák, színük fehér, műszaki jellemzőik hossz- és keresztirányban nem mindig azonosak.

Gyártásuk során szintén az ISO 9001 minőségbiztosítás garantálja az állandó és kiváló minőséget. Az extra szó a különösen magas szakítószilárdsági értékekre és az azokhoz tartozó kis nyúlásra vonatkozik. A geoműanyagok körében ezeknek a termékeknek a legmagasabbak a teherbírási értékeik és ez különleges feladatok ellátására teszi alkalmassá ezeket. A talajmegerősítés mellett, sűrű szövésük alkalmassá teszi őket elválasztási és védelmi feladat ellátására is.

A szűrő geotextíliák polietilén, illetve polipropilén szálakból szőtt sűrű hálószerű textíliák, színük általában fekete. Egyes típusokba rövidebb fehér szálakat is szőnek, amelyek mindkét végükön néhány deciméternyit szabadon lógnak, lehetővé téve ezáltal, hogy partvédelmi célra rőzsekötegeket, vagy rudakat kössenek a textíliára.

*37. ábra: Szőtt geotextíliák*

### 2.1.1.2. Georács

Az utóbbi években a georácsok *(38. ábra)* alkalmazása egyre nagyobb jelentőséggel bír utak- és vasutak alépítményeinek megerősítésénél, illetve olyan építési helyszíneken, ahol kis teherbírású altalajon kell megvalósítani a tervezett építményt. Az alkalmazásuk célja a földmű megerősítése, teherbírásának növelése, illetve ugyanazon teherbírási érték elérése, mint erősítés nélküli beépítések esetén, de kevesebb kavics vagy zúzottkő felhasználásával. A földbe beágyazott georácsokra a rájuk nehezedő földréteg súlyán kívül ránehezedik a föld feletti építmény súlya is, de gyakran dinamikus terhelés is hat rájuk. A dinamikus terhelés lehet periódikus, átmeneti jellegű és impulzusszerű. Ilyen pl. a közlekedés okozta terhelés.

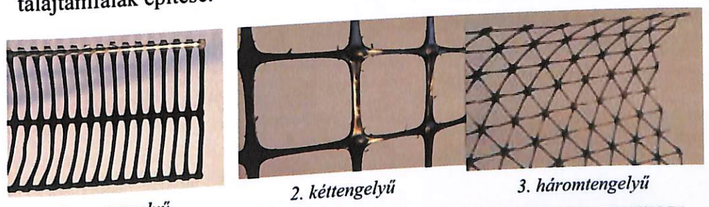
A georácsok teherviselési iránya szerint megkülönböztetünk egy irányban (monoaxiális), két irányban (biaxiális), illetve speciális esetben több irányban teherviselő georácsokat. A georácsok csomóponti merevsége alapján a következő típusok léteznek:

- Extrudált georácsok: nyitott szerkezetű hálók, meghatározott szakítószilárdsági és nyúlási értékekkel, merev forma és szilárd csomópont jellemzi.
- Hegesztett georácsok: pászmák vagy elemek két vagy több kötegéből hegesztett kötéssel gyártott georács, félmerev csomópontok jellemzik, a szilárdsági értékek a csomópontokban alacsonyabbak, mint az extrudált georácsok esetén.
- Szőtt georácsok: fonalak derékszögű összehurkolásával gyártott georács, nyitott szerkezetű hálók, meghatározott szakítószilárdsági és nyúlási értékekkel, flexibilis forma jellemzi (nem alaktartó).

A georácsok teherátadásánál a felületi súrlódás mellett a beékelődés játszik jelentős szerepet. A beékelődés hatása a nyitott szerkezetű merev csomópontú georácsok esetében a leghatékonyabb. A beékelődéses teherátadás kialakulásához azonban az adott szemnagyságú töltésanyag figyelembevételével kell megválasztani a georács nyílásméretét.

Merev csomópontú georácsok főbb alkalmazási területe:

- puha talajon épülő töltések alapozása,
- töltésalatti terhelosztó rétegként, talajerősítő cölöpözéssel kombinálva,
- pályaszerkezet alatti földmű vagy altalaj erősítése,
- talajtámfalak építése.



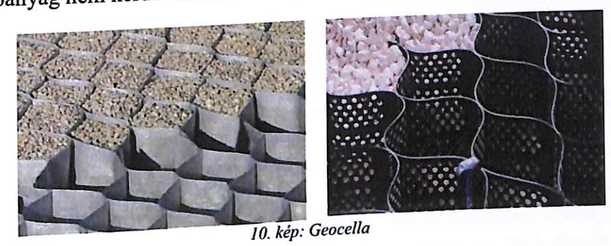
*1. egytengelyű* *2. kéttengelyű* *3. háromtengelyű*

*4. hegesztett* *5. szőtt* *6. hurkolt*

*38. ábra: Georács típusok*

### 2.1.1.5. Geocella

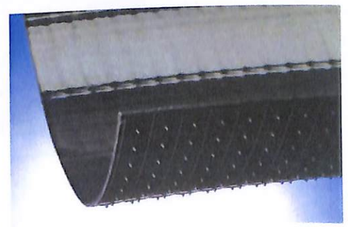
A geocellák *(10. kép)* 5-20 cm magas HDPE szalagok pontonként történő összehegesztésével előállított, harmonikaszerűen széthúzható, méhsejtre emlékeztető szerkezetek, melyek feladata a földrézsűkön, esetenként sziklafelületeken 5-20 cm vastagságú termőföld tartós megtartása, a növénytakaró megtelepedése érdekében. Egyaránt alkalmasak gyepesítendő felületekre való terítésre és cserjetelepítéshez. A végeredményképpen kialakuló felületnek gyakorlatilag 100%-a zöldfelület. A megfelelő típust kiválasztva, akár 80° meredekségig lehet a növénytelepítés lehetőségét megteremteni. Kis sodrású patakokban, erős hullámveréstől mentes állóvizekben partvédelemre, mederburkolásra is alkalmas eszközök, ekkor a cellákat kaviccsal kell feltölteni. A geocella fektetési irányától függően a rézsű felületén a víz akadálymentes lefolyása érdekében a hegesztési pontok között nyílást hagynak, vagy magát a szalagot perforálják.
Előnyük, hogy szállításkor kicsi a térfogatuk, csak a beépítés helyén kell a közepesen merev szalagokból álló táblákat harmónikaszerűen széthúzni. Nem bomlanak le, szennyezőanyag nem kerül belőlük a környezetbe. Tervezett élettartamuk 100-120 év.



*10. kép: Geocella*

### 2.1.1.6. Geomembrán

Nagy vízzáróságú, többnyire szintetikus polimer anyagú, folytonos, zárt síklemez, melyet a talaj vagy más geotechnikai anyagokhoz kapcsolva használnak hidraulikai, elsődlegesen szigetelési céllal a mérnöki szerkezetekben. Alkalmazhatóak ajzatszigetelésre és rekultivációs zárórétegként mezőgazdasági és mélyépítési feladatokban. Leggyakrabban a környezetszennyezés megakadályozásának érdekében, a hulladéklerakók elszigetelésére alkalmazzák a HDPE geomembránokat *(11. kép)*. Feladatuk a csurgalékvíz vagy a keletkező gáz talajba, illetve talajvízbe jutásának megakadályozása. Ezt a feladatot csak addig képesek teljesíteni, amíg felületi sérülések nem keletkeznek rajta. Ezek többnyire az erős mechanikai feszültségektől (pl. nehéz járművek mozgása miatt a talajban lévő éles kövek kiszúrják a fóliát), vegyszerektől vagy az anyag elöregedéséből származhatnak. A fólia épsége elektromos lyukkeresővel ellenőrizhető, ezáltal a lerakó építése után is pontosan megállapíthatóak az esetleges felületi hibák (lyukak) helyzete.



*11. kép: HDPE geomembrán*

### 2.1.1.7. Geohab

A geohab *(12. kép)* egy olyan mesterségesen előállított anyag, amit habosítási folyamat során készítenek és nagyon sok zárt, gázzal telített cellát tartalmaz. A cellafalak tömörek mégis áthatolhatók a gázok számára. A geohaboknak 3 fő kategóriája van: műanyagok, cementált anyagok és habüvegek. A műanyag típusúakat még gyártás és kémiai összetétel alapján tovább csoportosíthatjuk: lehet expandált vagy extrudált polisztirén, polietilén, polisztirén és polietilén keveréke vagy poliuretán. Az egyik legrégebben használatos műanyag termék az építőiparban a polisztirol hab. A gyártási eljárás alapján két csoportba sorolható. A hagyományos expandált polisztirol hab (EPS) és a később kifejlesztett technológiával készülő extrudált polisztirol hab (XPS). A polisztirol a fő polimer amit a geohaboknál használnak. Leginkább tömbökben gyártják, amiket tetszés szerint lehet formára és méretre vágni a meghatározott projektnek megfelelően. A geohabok jellemzői:

- Alacsony sűrűségű műanyag sejtekből álló hab,
- Főként expandált polisztirén tömb vagy extrudált polisztirén tábla kialakítású,
- Leginkább szuper könnyű feltöltésnek használják, mivel sűrűsége csak 15 – 29 kg/m$^3$, míg más anyagoké ennek több százszorosa,
- A könnyű súly kifejezetten jó földcsuszamlások megakadályozására és töltés stabilizálására puha összenyomható talajoknál,
- Hőszigetelő anyagként funkcionál útburkolatnál és alapozásnál.

A geohab tömböket szorosan egymáson helyezik el úgy, hogy közéjük nem tesznek egyéb anyagot. Ahhoz, hogy a tömbök ilyen módon megmaradjanak egymáson különböző méretű rögzítő, mindkét oldalán tüskés, galvanizált acélból készült lapokat illetve tüskés körgyűrűket helyeznek el a geohab tömbök között, melyek megakadályozzák a tömbök egymáson való elmozdulását. Általános szabályként 2–3 db ilyen segédeszközt helyeznek el 2,4 m-ként a tömbökben. A geohabokat függőleges falfelületen is alkalmazzák. Ahol nem lehet ragasztási módszert használni akkor szegeket építenek be, hogy rögzítsék a geohabot. Panelenként 2–4 db-ot kell használni a panel vastagságától függően.

*12. kép: Geohab*

*További használatos egyszerű geoműanyagok bemutatása definíció [22] szerint:*

- Geoszalag: polimer anyagú szalag, melyet a talaj/kőzet és/vagy más geotechnikai anyagokhoz kapcsolva használnak erősítési céllal mérnöki szerkezetekben.
- Geoháló: síkbeli, polimer anyagú extrudálással vagy csomózással összekapcsolt alkotóelemekből gyártott, szabályos, tömör hálószerű, a georácsoknál sokkal kisebb szilárdságú szerkezet, melynek nyílásai nagyobbak az alkotóinál, s amelyet a talaj/kőzet és/vagy más geotechnikai anyaghoz kapcsolva használnak hidraulikai célból mérnöki szerkezetekben.
- Geopokróc: áteresztő, biológiailag lebomló (szintetikus vagy természetes) textíliaszerű anyagból készült szerkezet, melyet a talaj felületére fektetnek ideiglenes (általában a növényzet megerősödéséig tartó) erózióvédelem céljából.
- Geoszőnyeg: háromdimenziós, áteresztő, polimer anyagú, kötött szálakból készült szerkezet a fű és kis növények gyökereinek erősítésére és a növények erózióvédelmi korlátainak kiterjesztésére tartós erózióvédelem céljából.
- Geocső: polimer anyagból extrudálással készített, bordázott vagy sima, zárt vagy perforált külső felületű cső melyet hidraulikai szerkezetekben használnak.
- Geofüggöny: vékony polimer szálakból előállított hálószerű síkbeli termék, melyet elsősorban szikla- és földfalak védelmére használnak.

### 2.1.2. Geokompozitok

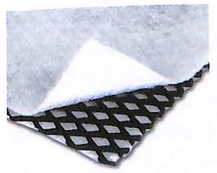
A geokompozitok gyártott vagy szerelt, két vagy több egymáshoz erősített geoműanyagot tartalmazó szendvicsszerkezetek, melyek célja a geoműanyagok tulajdonságainak egyesítése.

#### 2.1.2.1. Szivárgó kompozitok

A drénszalag *(13. kép)* vagy –lemez előregyártott 10 cm széles, geotextília szűrőburkolatból álló geoháló vagy geotávtartó által megtámasztott műanyag, amely az altalaj mélydrénezésére használható.

A drénpaplan *(14. kép)* műanyag térrácsból és egy, vagy két oldalon rávulkanizált geotextíliából álló kompozit, amely a felületek, pályaszerkezetek víztelenítését szolgálja. Igény szerint egyik oldalán vízzáró fólia is lehet.

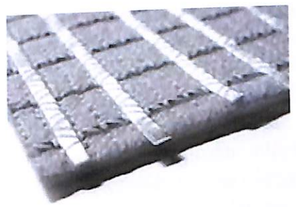
*13. kép: Drénszalag*



*14. kép: Drénpaplan*

### 2.1.2.2. Aszfalterősítő rács

Geotextíliára felvarrt üveg-, vagy bazaltszál nyalábokból álló kompozitok *(15. kép)*. Az aszfalterősítő termékeket alkalmazhatjuk a repedések kialakulásának (pl. süllyedés, kötőanyag öregedés, reflexiós repedés) és továbbterjedésének meggátlására, illetve új utak építésénél a hosszabb élettartam elérése érdekében. Az erősítő aszfaltrácsok a pályaszerkezet hajlító-húzó szilárdságát és fáradási ellenállását növelik meg. Ahhoz, hogy hatékonyan működhessen a kötőréteg alá kell helyezni, illetve az erősítésnek megfelelően kell tapadnia az aszfaltréteghez. Ezzel meggátoljuk, hogy az alaprétegben létrejövő reflexiós repedések kialakulhassanak, illetve továbbterjedjenek.



*15. kép: Aszfalterősítő rács*

## 2.2. Geoműanyagok funkciói

A geoműanyagok alkalmazásának a legkézenfekvőbb módja, ha funkció felől közelítjük meg a feladatokat *(4. táblázat)*. Funkciók alatt azt értjük, hogy az egyes geműanyagok valamely mérnöki szerkezetben milyen fizikai, mechanikai vagy hidraulikai funkciót képes ellátni. A legtöbb esetben a rendelkezésünkre álló geoműanyagok egyszerre több funkciót is teljesítenek. Vannak olyan típusok, melyek lényegében csak egyetlen funkció betöltésére alkalmas. A több geoműanyag összeépítésével előállított geokompozitok esetében pedig a szerkezet alkotói különböző egyedi funkciókat teljesítenek, együtt viszont kielégítő mértékben képesek többféle funkciót ellátni.

### 2.2.1. Hidraulikai funkciók

*Szigetelés*

A szigetelés lényege a folyadékok, gázok talajbeli mozgásának megakadályozása, valamint a tartós vízzáróság biztosítása. Az útépítések esetében e funkcióra ritkán kell a geoműanyagokat tervezni. Ha azonban pl. kötött anyagú töltéstestek vízháztartásának szabályozása válik szükségessé, vagy töltésben, szivárgóban, árokban, illetve hulladéklerakók fenekén, folyadéktároló medencék és –szállító csatornák alján stb. kell a vízszivárgásokat megakadályozni, akkor e funkciók teljesítésére a szokásos geomembránok vagy geoszintetikus-agyagszigetelők alkalmazhatók. A funkció teljesítésének legfontosabb követelményét általában nem kell külön vizsgálni, mert az alkalmazható szigetelőrétegek áteresztőképessége eleve megfelel.

A szigetelés tervezésekor kiválasztjuk a szigetelt folyadéknak ellenálló anyagot, mindezt a tervezett élettartam és az anyag degradációs tulajdonságainak függvényében. Mechanikai méretezéskor a szigetelőréteg átszakítási szilárdsága, húzószilárdsága, nyúlása, valamint a súrlódási jellemzői a mérvadóak. A szigeteléshez szükséges vastagságot tapasztalati, kísérleti, esetleg számítási modellekből határozzák meg.

*Drénezés*

Drénezési, vízvezetési funkciót elsősorban a földműveket víztelenítő szivárgókban, a konszolidációgyorsító függőleges drénekben, földgátakban az agyagmag határán, geomembránhoz kapcsolódva és töltések alatt lát el a geotextília és/vagy a geoháló sokszor geokompozitba szerelve. A geoműanyag síkjában elvezeti a vizet, így az nem gyűlik össze, nem okoz nyomást, elnedvesedést. A méretezésük arra irányul, hogy képesek legyenek a hidraulikai számításokból kiadódó vízhozam elvezetésére, amihez megfelelő síkbeli áteresztőképességgel és vastagsággal kell rendelkezniük. Ezek szorzatának, a transzmisszivitásnak kell tartósan elégségesnek lennie, melynek vizsgálatakor figyelemmel kell lenni a terhelés okozta összenyomódásra is [23].
A tervezés során meg kell állapítani a körülmények elemzése alapján:

- a drénszerkezethez jutó vízhozamot,
- a drénszerkezetbeli áramlás hidraulikus gradiensét,
- a geoműanyag síkbeli vízáteresztőképességét,
- a geoműanyag vastagságát,
- a drénszerkezet szükséges transzmisszivitását (síkbeli áteresztőképességét és a vastagság szorzatát),
- a geoműanyagra a talajról átadódó nyomásokat.

A drénszerkezetben alkalmazandó termék kiválasztásához ismerni kell a szállító minőségi tanúsítványaiból a termék nyomásfüggő transzmisszivitását, s ezt esetleg méréssel ellenőrizni lehet.

### 2.2.2. Mechanikai funkciók

*Védelem*

A védelem *(41. áb)* lényege a lokális feszültségek csökkentése valamely felület vagy réteg károsodásának megakadályozása vagy csökkentése végett. Az útépítéseknél e funkcióra ritkán kell tervezni a geoműanyagokat, de pl. csatlakozó hídfők és támszerkezetek szigetelésének, esetleg töltészónákat lehatároló geomembránok védelmére építhetnek be geotextíliákat. A funkciót a geotextília akkor teljesíti, ha a megfelelő pecsétnyomási ellenállásával (CBR) a rákerülő szemcsék nyomását a geomembránra vagy más szigetelésre elosztva adja át. Geotextílián kívül védelmi célra alkalmazhatunk geopokrócot, geopaplant vagy geomatracot.
Az igények megállapításához:

- a beépítendő szemcsés anyag legnagyobb szemcseméretét és érdességét vizsgálni és minősíteni kell,
- elemezni kell, hogy az építési technológiák és a munkagépek várhatóan milyen hatásokat gyakorolnak a védendő szerkezetre.

Az alkalmazandó termék vastagságát a gyártó adataiból vagy ellenőrző laboratóriumi vizsgálattal kell megállapítani. Szükség esetén helyszíni próbabeépítést lehet végezni, melynek során a tervezett talajok és az építési forgalom szimulálásával kell a geotextíliát beépíteni, illetve megfelelő méretű geotextília-mintát kell kibontani, és vizsgálni kell a károsodását.

*Erősítés*

Valamely geotechnikai szerkezetben fellépő feszültségekkel és alakváltozásokkal szembeni ellenállás létrehozása vagy növelése a geoműanyag tartós húzási ellenállásának, valamint a talaj és a geoműanyag közötti mechanikai kapcsolatnak a felhasználásával. Az erősítő funkció többféle módon, többféle földstatikai feladat megoldására jöhet szóba, és georácsokkal, szőtt geotextíliákkal, geokompozitokkal vagy geocellával teljesíthetők.

A legteljesebb módon az angol szabályzatban tárgyalt fő lehetőségek és méretezési elvek a következők:

- földutak, gyenge (CBR<3%) teherbírású földművön épült burkolatok esetében az erősítő réteg megakadályozza, hogy a járművek kereke alatt plasztikus zónák alakuljanak ki, a szemcsés javítóréteg megtakarítható vastagságát megadó diagramok segítségével lehet tervezni,
- töltésrézsűk állékonysága javítható, illetve meredekebb rézsű építhető, ha több sorban erősítő réteget építünk be, mivel az erősítő rétegek a lecsúszni akaró földtömeget „hátrahorgonyozzák", s ennek megfelelően horgonyelemként kell méretezni őket,
- erősített talajtámfalakban a több rétegben beépített erősítő rétegek egyrészről a hosszuknak megfelelő talajtömböt együttdolgoztatva lényegében egy súlytámfalat hoznak létre, aminek megfelelőségét (a külső stabilitást) a szokásos módon kell vizsgálni, másrészről a homlokfelülethez kapcsolódva biztosítják annak állékonyságát (a belső stabilitást) is, amit az erősítő rétegeket horgonyelemként vizsgálva kell igazolni,
- töltések alapozásakor a gyenge altalaj felszínére (esetleg több rétegben) georácsokat vagy szőtt geotextíliát fektetnek, esetleg 1,0-1,5 m magas, kővel kitöltött geocellákat, geocellamatracot építenek, amelyek a rézsűbelihez hasonló lehorgonyzási mechanizmussal megakadályozhatják az alaptörést, a szétcsúszást, illetve a membránhatással csökkenthetik a deformációkat, ami a geoműanyagok nyúlásának figyelembevételével számítható,
- rézsűfelületek lecsúszással szembeni biztonsága javítható a felszín alá közvetlenül beépített és a rézsű tetején rögzített erősítőréteggel, ami különösen a geomembránok takarórétegénél lehet szükséges, s a lehorgonyzás elve alapján méretezhető. [23]

A tervezés csak statikai számítás és az alkalmazandó termék mechanikai jellemzőinek laboratóriumi vizsgálata, vagy próbaterhelés alapján történhet. Figyelembe kell továbbá venni az építmény környezeti adottságait, valamint a szerkezet várható élettartamát, illetve azt az időtartamot, ameddig a geoműanyagnak a tervezett funkciót teljesítenie kell.

Az igénybevételeket a termék pontos funkciójából (húzószilárdság kölcsönzése vagy teherbírás-növelés) és a peremfeltételekből (élettartam, beépítés, környezet) kell meghatározni, amihez meg kell állapítani:

- a geoműanyag tervezett élettartamát a kúszási jellemzőinek figyelembevételéhez,
- a létesítmény kémiai és biológiai körülményeit ezek degradációs hatásainak értékeléséhez,
- az erősítésre ható legnagyobb húzóerőt az erősített szerkezet teherbírási határállapotára végzett statikai számításokból,
- az erősítés megengedhető nyúlásának mértékét a használhatósági határállapotokra végzett számítások, követelmények alapján,
- az erősítéshez kapcsolódó tervezett töltésanyagot az erősítés és a közte működő súrlódás és a beépítés közbeni károsodások értékelésére,
- az erősítés elvárt teherbírásnövelő hatását az alatta levő talaj teherbírási jellemzői és a ráépülő szemcsés anyag szemeloszlása és vastagsága alapján. [21]

### 2.2.3. Hidraulikai és mechanikai funkciók

*Szűrés*

A szűrés esetében biztosítani kell, hogy a víz egyik talajrétegből a másikba szivároghat (síkra merőleges tartós vízszállító képesség) valamint, hogy kétféle talajréteg nem keveredhet (síkra merőleges tartós szemcsevisszatartási képesség). A szűrési funkció elsősorban a szivárgók esetében meghatározó és geotextiliával teljesíthető.
A tartós szűréshez a geotextíliának:

- úgy kell visszatartania a víztelenítendő talaj szemcséit, hogy annak váza stabil maradjon, amihez a „jellemző szűrőnyílásának" a talaj bizonyos szemcséinél nagyobbnak kell lennie,
- a síkjára merőlegesen a víztelenítendő talajénál kellő biztonsággal nagyobb áteresztőképességgel kell rendelkeznie,
- tartósan teljesítenie kell ezt a vízvezető képességet, nem tömődhet el, amihez a legfinomabb szemcséket át kell engednie, ezért jellemző nyílásmérete nem lehet kisebb a szükséges érték 20 %-ánál.

Az igények megállapítása abból áll, hogy meghatározzuk:

- a mechanikai szűrési hatékonyságát, a víztelenítendő talaj szemcsevisszatartásának teljesítését, mely a geotextília $O_{90,w}$ jellemző szűrőnyílásának a talaj szemeloszlásához igazodó megválasztását jelenti,
- a hidraulikai szűrési hatékonyságot, mely a megfelelő vízáteresztőképesség és szükség esetén az elegendő szűrési hossz teljesítését jelenti. [21]

Az $O_{90,w}$ jellemző szűrőnyílás egy egységesen elfogadott vizsgálóanyag azon frakciójának átmérőjét jelenti, melynek 90 %-át a geotextília visszatartja. Az $O_{90,w}$ érték csak az egységesített vizsgálattal együtt értelmezhető.

*Erózióvédelem*

Az erózióvédelem *(44. ábra)* célja a talajrészecskéknek a csapadék és szél által okozott felületi eróziójának megakadályozása.
E funkció akkor teljesül, ha a geoműanyag a szükséges ideig (ideiglenesen vagy tartósan) a lejtőn, rézsűn nem csúszik le, az alatta levő, vagy ráterítendő talajtakaróhoz jól kapcsolódik, s a növények kifejlődését nem akadályozza. A változó körülményekhez igazodóan sokféle geoműanyag típus közül lehet választani.
Az igénybevételek megállapítása a következőket jelenti:

- a várható csapadékintenzitás és a lejtőhajlás megállapítása, értékelése,
- a rézsűfelszín és a termékre kerülő takaróréteg anyagának minősítése,
- a füvesítés, cserjésítés módjának és megtelepedésének elemzése. [21]

A geoműanyag termék kiválasztása történhet a szállító és a tervező tapasztalatai alapján vagy a munka közben végzett kísérletek alapján. Szükség esetén előzetes terepi próbaszakasz építése is célszerű lehet.

*Elválasztás*

Elválasztásra *(45. ábra)* geotextíliát vagy olyan geokompozitot alkalmaznak, melyben ezt a szerepet egy geotextília réteg tölti be. Útépítésben az alkalmazásával megakadályozható, hogy a durva szemcsés töltőréteg a finom szemcsés alapréteggel elkeveredjen, ezáltal megőrzi a felső töltőréteg súrlódásából eredő ellenállását. Továbbá amikor az alsó réteg pórusaiban lévő víz túlnyomás alá kerül és felfelé vándorol, a geotextília visszatartja a finom szilárd talajrészecskéket, a vizet azonban áteresztí, amely a nagy pórusok között elveszíti a túlnyomást. A geotextília e funkcióját akkor tudja teljesíteni, ha a beépítés során működő hatások nem szakítják el. Az elválasztás hasznossága belátható, de számszerűen nehezen igazolható. Tapasztalatok szerint, pl. a burkolatok alá, a kötött anyagú földmű és a szemcsés javítóréteg közé beépített geotextília két-, háromszorosára növeli a burkolat élettartamát. Az elválasztási célra tervezett geotextíliát tapasztalati-kísérleti alapon választják ki, mert az ilyen funkció esetén keletkező igénybevételek számítással nem modellezhetők. Az e tekintetben legjobban kidolgozott német előírás a geotextíliára kerülő talajfajta és az építési forgalom alapján húszféle tervezési állapotot különböztet meg, s ezekhez írja elő a szükséges erősségi osztályt (geotechnikai robusztussági kategória - GRK-minőség).

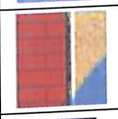
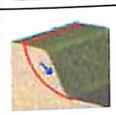
A szükséges GRK-minőség megállapításához a következő várható mechanikai igénybevételeket kell értékelni:

- az altalaj és a tervezett töltésanyag jellemzőit és az első réteg várható minimális vastagságát,
- a megrendelő tapasztalatai szerint várható építésforgalmi igénybevételt.

A tervezendő, ajánlott geotextília GRK-minőségének megállapításához a következőket kell figyelembe venni:

- a geotextília területi sűrűségét a gyártó adatai és ellenőrző mérések alapján,
- a geotextília statikus átszakítási ellenállását vagy szakítószilárdságát a gyártó adatai és ellenőrző mérések alapján.

Szükség esetén helyszíni próbabeépítést kell végezni, melynek során a tervezett talajok és az építési forgalom szimulálásával kell a geotextíliát beépíteni, illetve megfelelő méretű geotextília-mintát kell kibontani, és vizsgálni kell a károsodását.

| Funkció | | Viselkedés | | Definíció | Ajánlott geoműanyag | Magyarázat |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Geoműanyag nélkül | Geoműanyag alkalmazásával | | | |
| Hidraulikai | Szigetelés | | | Folyadék- (gáz) mozgás megállítása | Geomembrán Geoszintetikus agyagszigetelő | A szennyezett víz nem szivárog be a talajba, ill. a talajvízbe, így az tiszta marad. |
| | Drénezés | |  | Folyadék szállítása | Geotextília Geoháló Geodrén Geokompozit Geocső | A geoműanyag síkjában elvezeti a vizet, így az nem gyülik össze, nem okoz nyomást, elnedvesedést. |
| Mechanikai | Védelem | | | Talajjal érintkező szerkezet mechanikai védelme | Geotextília | A geotextília meggátolja, hogy a szemcsés anyag sérülést okozzon a csatlakozó szerkezet (pl. membrán) felületén. |
| | Erősítés |  | | Húzófeszültség kölcsönzése a talajnak | Geotextília Georács Geokompozit Geocella | A georács húzószilárdságot kölcsönöz a talajnak, így pl. a nyírószilárdság által a megengedettnél meredekebb rézsű sem csúszik meg. |
| Hidraulikai és mechanikai | Szűrés | | | Folyadék átengedése, talajszemcsék megállítása | Geotextília | A szivárgó kavicstestét és a dréncsövet a víz által bemosott finom szemcsék nem tömítik el, így a drénezés tartós lesz. |
| | Erózióvédelem | | | Eső okozta talajmozgás meggátolása, növényzet erősítése | Geotextília Geopokróc Geoszőnyeg Geoháló Geocella Geokompozit | A geoműanyag a növényzet megerősödéséig megvédi a földmű felületét attól, hogy a lefolyó vizek elragadják a szemcséket. |
| | Elválasztás | | | Különböző talajok keveredésének meggátolása | Geotextília | A geotextília meggátolja a durva- és a finomszemcsés talajok keveredését, ezzel az utóbbi megőrzi kedvező tulajdonságait |

*4. táblázat: Geoműanyagok funkciói*

## 2.3. Geoműanyagok jellemzői

### 2.3.1. Fizikai jellemzők

Anyag, szerkezet:

- a polimer fajtája: általában poliészter (PET), polipropilén (PP), polietilén (PE), nagysűrűségű polietilén (HDPE), kissűrűségű polietilén (LDPE), polivinilclorid (PVC), poliamid (PA),
- az UV-stabilizálás módja, mely általában szénadagolást jelent,
- az alkotók jellege, kapcsolata: szál, szalag, fonal, lemez, rács, szövés, kapcsolat, toldás.

Méretek:

- szerkezeti vastagság, a teljes (esetleg több elemű) szerkezet (szövet, rács) legkisebb mérete,
- alkotóelemek vastagsága, az egyes alkotórészek legkisebb mérete,
- nyitottság, az elemek és a teljes felület aránya a geoműanyag síkjában, rácsméret,
- tekercsszélesség, a leszállított anyag szélességi mérete, mely a kapcsolás típusától függő mértékben nagyobb a beépített szélességnél,
- elemhossz, a gyártási, illetve szállítási hossz, melyet darabolással a helyszínen vágnak a beépítési hosszra.

Tömegjellemzők:

- területi sűrűség: az egységnyi felületű (általában 1 $m^2$) anyag tömege,
- térfogatsűrűség: a térfogategységre eső anyag tömege.

### 2.3.2. Mechanikai jellemzők

Viselkedés húzóigénybevételre:

- húzási merevség (modulus): az egységnyi nyúlást okozó húzóerő, vagy másként az egységnyi nyúlással mobilizálódó húzási ellenállás (stiffness, modulus), vagy bizonyos fajlagos nyúlásokat okozó erők a termék 1 folyóméterére vonatkoztatott értékével megadva (tensilestrength),
- szakítószilárdság: a húzási ellenállás maximuma, mely az elem szakadásával, anyagi folytonosságának megszűnésével jár (maximum tensilestrength),
- szakadónyúlás: az a fajlagos alakváltozás, melynél a szakadás bekövetkezik (elongationatfailure),
- toldási ellenállás: a toldások ellenállóképessége általában a folytonos anyag ellenállásának arányával számszerűsítve (seamstrength).

Viselkedés nyomóigénybevételre:

- kompresszibilitás: a síkra merőleges nyomás hatására bekövetkező fajlagos összenyomódás (compressibility).

A geoműanyag és a talaj közötti mechanikai kapcsolat:

- súrlódási viselkedés: a talaj és a geoműanyag közötti nyírási ellenállás, melyet a talaj belső súrlódási szögéhez és kohéziójához viszonyítva értelmeznek, s az arányukat kifejező együtthatókkal jellemeznek, s kísérleti vagy tapasztalati alapon állapítják meg (frictionbehaviour),

- kihúzódási (horgonyzási) ellenállás, mely a kihúzáshoz szükséges: a geoműanyag és a talaj közötti súrlódási ellenállásból számítható erő, melyet ennek elméleti értékét módosító tényezővel lehet jellemezni, vagy az erő kísérleti úton közvetlenül mérhető (pull out behaviour).

Lokális (koncentrált) hatásokkal szembeni ellenállások:

- statikus átszakítási ellenállás, melyet CBR-berendezéssel mérnek,
- dinamikus átszakítási ellenállás, melyet az ejtőkúpos vizsgálattal lehet meghatározni,
- beépítéskori sérülésekkel szembeni ellenállás, melyet a húzási ellenállásnak a beépítéskor keletkező károsodások miatti %-os csökkenésével jellemeznek,
- dörzsölés okozta sérülések hatása, a geoműanyag felületére ható nyírófeszültségek okozta károsodás, melyet a húzási ellenállás %-os csökkenésével jellemeznek,
- repesztési ellenállás, előírt repesztés miatt fellépő teherbíráscsökkenés, melyet a húzási ellenállás csökkenésével mérnek.

### 2.3.3. Tartóssági jellemzők

Kúszási tulajdonságok: a polimer azon tulajdonságának számszerű jellemzése, hogy szilárdsága idővel és a polimer fajtájától függően csökken, s amelyet a gyors terhelés mellett mért szakítószilárdság %-os csökkenésével jellemeznek (creep).

Degradációs tulajdonságok:

- hőmérsékleti degradáció, az anyagvizsgálatok körülményeihez képest extrém hőmérsékletek okozta ellenálláscsökkenés a szakítószilárdság %-os csökkenésével jellemezve,
- kémiai degradáció, az oxidáció, a hidrolízis, a radioaktivitás és az egyéb (eseti) vegyi hatások okozta ellenálláscsökkenés a szakítószilárdság %-os csökkenésével jellemezve,
- mikrobiológia ellenállás, a növények, az állatok, a mikroorganizmusok károsító hatásával szembeni ellenállóképesség,
- UV-sugárzással szembeni ellenállás, a geoműanyag ellenállásának csökkenése a geoműanyagot érő napsugárzás okozta degradációval szembeni ellenállóképesség, mely csak takarással vagy stabilizáló anyagok hozzáadásával zárható ki.

### 2.3.4. Hidraulikai jellemzők

Vízvezetőképesség:

- vízáteresztőképesség a geoműanyag síkjára merőleges áramlásra vonatkozóan, a Darcy-törvény szerinti vízáteresztőképességi együtthatóval ($k_{gm}$), vagy annak a geoműanyag vastagságával (d) osztott értékével, a permittivitással ($\psi=k_{gm}/d$) kifejezve,

– vízáteresztőképesség a geoműanyag síkjában létrejövő áramlásra vonatkozóan, a Darcy-törvény szerinti vízáteresztőképességi együtthatóval ($k_{gs}$) vagy annak a vastagsággal (d) szorzott értékével, a transzmisszivitással ($\Theta=k_{gs}.d$) értelmezve, s a geoműanyagra síkjára ható nyomás függvényében megállapítva.

Szűrési tulajdonságok:

– jellemző szűrőnyílás, a geotextíliák szűrőképességi jellemzője: a szabványos vizsgálótalaj azon frakciójának a szemcsemérete, melyből a geotextília 90 %-ot visszatart (apparentopensize),
– eltömődés, a vízáteresztőképesség időbeli csökkenése a geoműanyagba jutó talajszemcsék miatt az áteresztőképesség csökkenését kifejező számmal jellemezve (clogging).

### 2.4. Alkalmazási körök

A geoműanyagok az alkalmazási körein belül egy vagy több olyan funkciót teljesítenek, amelyek a szerkezet alkalmassága szempontjából elengedhetetlen vagy legalábbis előnyös. Az alkalmazásuk megjelenik geotechnikai, hidraulikai, közlekedési, környezetvédelmi vagy más mérnöki szerkezetek keretein belül. A geoműanyagok fontosabb alkalmazási lehetőségei úgy értendők, mint olyan szerkezetek, földműépítési feladatok, ahol már van tapasztalatunk a kivitelezés tekintetében, illetve célszerű lehet a geoműanyagok alkalmazása.

#### 2.4.1. Töltésalapozás

Puha talajokon való töltésépítéskor nem gazdaságos, vagy környezeti szempontból nem megvalósítható az a megoldás, hogy a gyenge talajt kitermeljük és azt szemcsés töltésanyaggal helyettesítsük. Ilyen esetekben a magas töltés alá a gyenge teherbírású altalajra igény szerint getextília és georács vagy geocella réteget, esetleg geokompozitot, arra 0,5 m vastagságú durva szemcséjű anyagot fektetnek. Amennyiben nagyobb erősítési igényre van szükség georácsokból szerelt, szemcsés anyaggal kitöltött geocellamaracot építenek. Kiegészítésképpen a konszolidáció gyorsítására, valamint az építés közbeni állékonyság növelésére az altalajba geodréneket helyezhetnek el *(39. ábra)*. Különösen kritikus esetben a töltés alá még kavicscölöpöket is készíthetnek, s ekkor a georácsok a cölöpök közötti áthidalást is szolgálják.

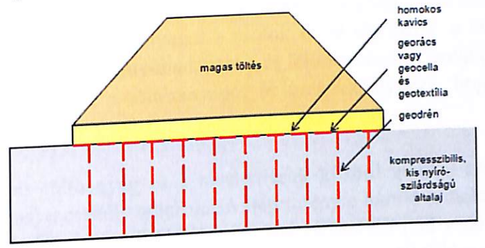
A töltéstalpba beépített geoműanyagok a töltés alatti talajtörés és a szétcsúszás elleni védelem hatékony eszközei, mivel az általuk felvett húzóerő akadályozza a töltéstest elmozdulását.

A tervezés során a töltés szétcsúszásának, alaptörésének vizsgálatából kell megállapítani a georácsok vagy szőtt geotextíliák által felveendő húzóerőt, majd ki kell mutatni, hogy:

– a geoműanyagok ezeket az erőket szilárdságuk révén húzott elemként az adott körülmények között fellépő degradáló hatások ellenére is tartósan fel tudják venni,
– a töltésanyag és a georács közötti teherátadási mechanizmus révén a geoműanyag fölött a vizsgált csúszólap esetében elmozduló töltéstömegről az azzal érintkező szakaszon át tudják venni,

– a töltésanyag illetve az eredeti talajfelszín és a georács közötti teherátadási mechanizmus révén a vizsgált csúszólap mögött a nyugalomba maradó töltés-, illetve eredeti talajzónára át tudják adni.

A tervezéskor figyelembe kell venni, hogy a szilárdság a beépítéskor bekövetkező sérülések, valamint a tervezett élettartam alatt várható vegyi, biológiai hatások és a geoműanyag anyagától függő kúszás miatt csökken. A georácsok esetében az együttdolgozás általában nagyobb erők felvételét teszi lehetővé, mint amennyit a szilárdságuk megenged, míg a szőtt geotextíliák esetében fordított is lehet a helyzet. A georácsok alá célszerű geotextíliát is beépíteni, a szemcsés anyag alulról történő elszennyeződésének megakadályozásra. A georácsok az erősítés mellett nagyban javíthatják a terület járhatóságát is.




*39. ábra: Töltésalapozás kialakítása*

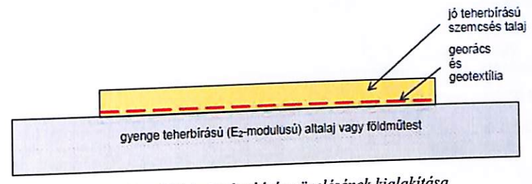
### 2.4.2. Földművek teherbírásának növelése

Gyakran kis teherbírású, puha alépítményi talajokra kell a közlekedési pályát megépíteni.
Ilyen esetekben az alapozáshoz szükséges megfelelő teherbíró képesség elérése érdekében elengedhetetlen az alépítményi földmű javítása. A geoműanyag erősítés alkalmas elrendezésével, illetőleg ezzel kapcsolatban elválasztó és szűrőréteg elhelyezésével a tehereloszlást kedvezően lehet befolyásolni, így a talaj teherbíró képessége növelhető *(40. ábra)*.

A pályaszerkezet rétegei alá egy esetleg több geotextília és/vagy georács réteget fektetnek:

– a terület járhatóságának biztosítására,
– a kötőanyag nélküli szerkezet nyomvályúsodásának csökkentésére,
– a rétegrendszer megerősítése gyenge altalaj/alépítmény (elsősorban $E_2$<15 MPa) esetén,
– a földanyagú alépítményre jutó terhelés egyenletesebb elosztása,
– a teher alatti süllyedések mérséklése,
– részleges rétegelválasztás, pl. a vasúti ágyazati szemcséknek a felpuhult alépítménybe való benyomódásának megakadályozása (a finom anyagok felpumpálódását geotextília réteg egyidejű alkalmazásával lehet megakadályozni),

- a vasúti ágyazati anyag oldalirányú kitérésének csökkentése, ezáltal a szabályozott vágánygeometria tartósságának növelése,
- fontossági sorrendben az erősítési, az elválasztási, a szűrési és a drénezési funkció révén.

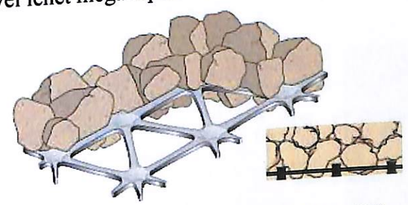



*40. ábra: Földmű teherbírás növelésének kialakítása*

Az alépítményi rétegszerkezet erősítésére a két irányban teherviselő georácsok a leghatékonyabbak. A szemcsés anyagot a rácsok felett tömörítik, a szemcsék részben behatolnak a rácsnyílásokba (túlnyúlnak azon), és felfekszenek a bordákon *(41. ábra)*. Az így kialakult kötés befogja a töltésanyagot és megakadályozza, hogy oldalirányban elmozdulhasson.

Ezáltal a szemcsés töltőanyag és a rácsnyílások közötti alakkal záró hatás folytán (behatárolási effektus) a csekély teherbírású alépítményre háruló terhelést csökkentik, és kisebb mértékben korlátozzák a földműben az alakváltozások (süllyedések) kialakulását is. Ahhoz, hogy a stabilizált réteg valóban hatékony legyen, 360 fokban kell eloszlassa a terhelést. Az optimális teljesítmény biztosításához a stabilizált rétegben lévő georácsnak nagy sugár irányú merevséggel kell rendelkeznie a teljes 360 fokos tartományban.

A georáccsal erősített rétegszerkezet teherbírási tervezéséhez kiindulási adatként az altalaj CBR jellemzője vagy az $E_2$ (MPa) teherbírási modulus értékének ismerete szükséges. A georács fajtáját, a töltőanyag vastagságát az alkalmazási helyszínre vonatkozó geotechnikai vizsgálati eredmények és a megkövetelt teherbírási paraméterek ismeretében lehet csak meghatározni. A töltőanyag vastagságát és a rácsrétegek számát grafikonok segítségével lehet megállapítani.



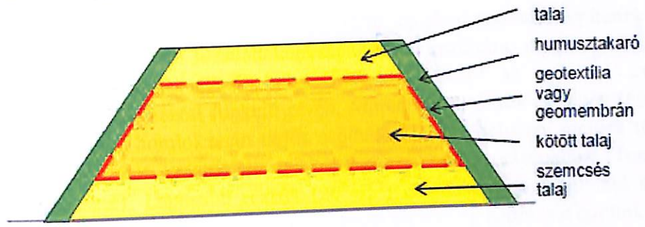
*41. ábra: A szemcsék rácsnyílásokba ékelődése [26]*

### 2.4.3. Töltéstest építése

A töltések egymástól különböző anyagú részeit, vagy a töltéstest bizonyos zónáit geotextíliával vagy geomembránnal, illetve geokompozitokkal határolják le *(42. ábra)*, hogy azok elválasztási, szigetelési vagy a szűrési és drénezési funkció révén:

- megvédjék a talajokat a szomszédos zónákkal való elkeveredéstől vagy
- megakadályozzák a talajok elnedvesedését, s ezzel járó állapotromlást,

– megakadályozzák a vízmozgás okozta szemcsemozgásokat,
– lehetővé tegyék a vízmozgásokat.

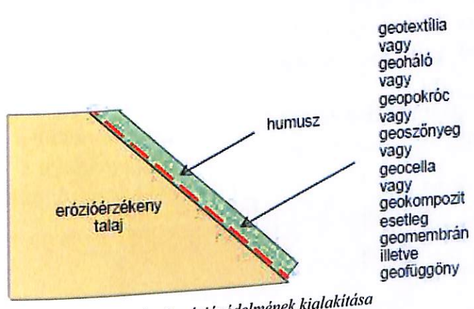



*42. ábra: Töltéstest építésének kialakítása*

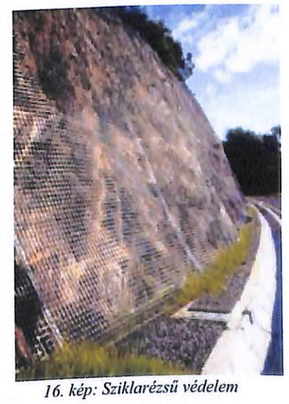
### 2.4.4. Rézsű erózióvédelme

Általában a laposabb terepfelszínnek kiváló erózióvédelmet biztosít a természetes növénytakaró. Azonban a meredek rézsűkön - melyek akár időszakos vízelárasztásnak, hullámverésnek vagy alkalmi vízáromaknak lehetnek kitéve, - további erózióvédelmi beavatkozások szükségesek. Ilyen esetekben a földrézsűk felszínére általában humusztakaróval és fűmagokkal együtt alkalmas geoműanyagot fektetnek (pl. geotextíliát, geohálót, geocellát, geokompozitot, stb.), hogy az a növényzet megerősödéséig ideglenesen vagy a növényzet védelmét biztosítva tartósan megvédje a víz eróziós hatásától a földrézsűn lévő szemcséket *(43. ábra)*.

Ide sorolható továbbá a sziklarézsűk védelme is *(16. kép)*. Az időjárási és a fagyási-olvadási hatások gyakran okoznak hasadásokat a sziklarézsűkön, ami a laza kőzetek (szikladarabok) elmozdulásával jár. Ez a jelenség főleg az útmenti, nyílvános területek közelében lehet különösen veszélyes. Ahhoz, hogy ezeknek a laza kőzeteknek az elmozdulását megakadályozzák vagy csak szabályozzák a sziklafelületre rögzített georácsokat, geohálókat vagy geofüggönyöket alkalmaznak.




*43. ábra: Rézsű erózióvédelmének kialakítása*

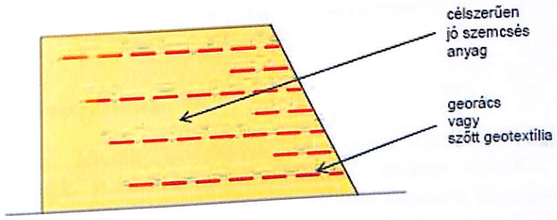


*16. kép: Sziklarézsű védelem*

### 2.4.5. Rézsű erősítése

A töltésanyag nyírószilárdsága által a megengedettnél meredekebb hajlású, de 70°-nál nem meredekebb rézsűvel határolt földtestbe több rétegben georácsot építenek be (44. *ábra)* – új meredek földmű rézsűállékonyságának biztosítására, meglévő töltésrézsűk szélesítésére, megcsúszott rézsűk helyreállítására. Főként az erősítési és kötött töltésanyag esetén a drénezési funkció révén. Meredekebb rézsűk esetében (60°-70°) a talajszerkezetet annak homlokzatán tartós acélhálók tartják helyben, melyek tűzőléces bekötéssel csatlakoznak az erősített talajtömegbe épített georácsokhoz (TensarTech GreenSlope rendszer). Laposabb rézsűk (20°-45°) erősítésénél a megfelelő stabilitás eléréséhez elegendő ha a talajtömegbe vízszintesen több réteg georácsot építünk be.

Rézsűcsúszások javításánál kiemelik a tönkremeneteli zóna talaját, és ugyanazt az anyagot építik vissza (tömörítés mellett) georácsos erősítéssel. Így nincs szükség a töltésanyag elszállítására, illetve annak pótlására, mellyel plusz költségekkel terhelnénk a helyreállítást.




*44. ábra: Rézsű erősítésének kialakítása*

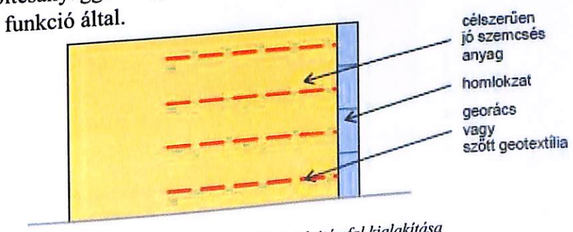
### 2.4.6. Erősített talajtámfal építése

Az erősített talajtámfalak (vasalt talajtámfalak) bemutatását a következő fejezet szolgálja,
ezért most csak a *Geomőanyagok útépítési alkalmazásainak tervezése* [22] által megfogalmazott "definíciót" ismertetem.

A földanyag nyírószilárdsága által a megengedettnél és 70°-nál meredekebb síkkal határolt földtestbe több rétegben georácsot, geotextíliát vagy geoszalagot építenek be, és azokat a homlokfalat lezáró, geoműanyagból vagy betonból, vasbetonból készülő elemekhez kapcsolják *(45. ábra)*.

– a töltésanyag saját állékonyságának biztosítására,
– a töltésanyaggal megtámasztott földtömeg állékonyságának biztosítására,

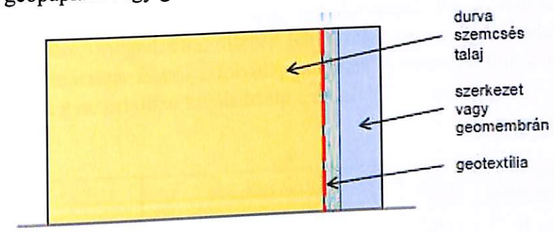
az erősítési funkció által.




*45. ábra: Erősített talajtámfal kialakítása*

### 2.4.7. Földművek csatlakoztatása szerkezetekhez

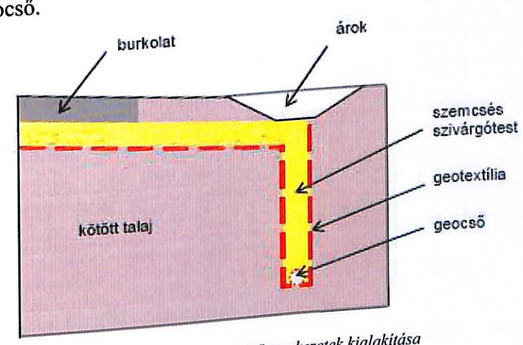
A földművekhez csatlakozó szerkezetek *(46. ábra)* (falak, támfalak, hídfők, cölöpök, geomembránok) és a töltésanyag közé védelmi célból geotextíliát építenek be. A funkciót a geotextília akkor teljesíti, ha a rákerülő szemcsék nyomását a geomembránra vagy más szigetelésre elosztva adja át. Geotextílián kívül védelmi célra alkalmazhatunk geopokrócot, geopaplant vagy geomatracot.




*46. ábra: Földművek csatlakozása szerkezetekhez*

### 2.4.8. Víztelenítő szerkezetek

A földművekhez létesülő kavicsszivárgókba geotextília szűrőréteggel beburkolt geocsövet fektetnek. A cső mintegy kirekesztő elemként működik, ezért annak deformációja, illetve eltömődése esetén a vízszállítási kapacitás lényegesen lecsökken. Ugyanez következik be, ha a víztelenítendő talaj finom szemcséi bemosódnak a szivárgóba. Védekezésképp a geoműanyag szűrési és elválasztási tulajdonságait kihasználva a víztelenítendő talaj és a szivárgótest közé geotextíliát építenek be *(47. ábra)*. A geotextília beépítésének másik oka, hogy a vízmozgást biztosítsák. A kavicsszivárgó helyett olyan geokompozitot is alkalmazhatnak, mely a kavicstestet geohálóval vagy drénlemezzel helyettesíti, s ezeket határolja a geotextília, s kapcsolódik hozzájuk a geocső.




*47. ábra: Víztelenítő szerkezetek kialakítása*

## 2.5. A geoműanyagok vizsgálata

A geoműanyag tulajdonságainak vizsgálatára mára már elfogadott eszközök és eljárások vannak, melyeket az ISO-, illetve EN-szabványok rögzítenek *(5. táblázat)*. Mivel ezek a szabványok angol nyelven lettek bevezetve, illetve az itthoni laboratóriumi körülmények nincsenek felkészülve a vizsgálatok nagyobb részének elvégzésére, ezért az alkalmassági engedélyek kiadásakor csak a szállítók bizonylataira lehet hagyatkozni.

A funkciók szerinti megközelítés miatt természetesen nincs szükség az összes tulajdonság mérésére, megadására, illetve lehetőség van az egyes tulajdonságokból következtetni egy másikra. Ebből kifolyólag léteznek egyszerűbb minősítő rendszerek, melyek segítenek a gyakorlatban kiválasztani a megfelelő terméket.

| Jellemző | Vizsgálati módszer | Funkció | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Szűrés | Elválasztás | Megerősítés |
| (1) Szakítószilárdság [b] | EN ISO 10319 | H | H | H |
| (2) Nyúlás a legnagyobb erőnél | EN ISO 10319 | Az | A | H |
| (3) Varratok és kötések szakítószilárdsága | EN ISO 10321 | S | S | S |
| (4) Statikus átszakítás (CBR- vizsgálat) [ab] | EN ISO 12236 | S | H | H |
| (5) Dinamikus átszakítási ellenállás (kúpos ejtővizsgálat) [a] | EN 918 | H | A | H |
| (6) Súrlódási jellemzők | prEN ISO 12957-1: 1997 és prEN ISO 12957-2: 1997 | S | S | A |
| (7) Húzókúszás | EN ISO 13431 | - | - | S |
| (8) Telepítéskor bekövetkező károsodás | ENV ISO 10722-1 | A | A | A |
| (9) Jellemző szűrőnyílás | EN ISO 12956 | H | A | - |
| (10) Síkra merőleges vízáteresztő képesség | EN ISO 11058 | H | A | A |
| (11) Tartósság | B melléklet szerint | H | H | H |
| (11.1) Időjárással szembeni ellenállás | EN 12224 | A | A | A |
| (11.2) Kémiai öregedéssel szembeni ellenállás | ENV ISO 12960 vagy ENV ISO 13438, ENV 12447 | S | S | S |
| (11.3) Mikrobiológiai lebomlással szembeni ellenállás | EN 12225 | S | S | S |

Fontosság:
H: harmonizációs követelmény
A: az összes felhasználási feltétel esetén lényeges
S: a sajátos felhasználási feltételek esetén lényeges
„-": mutatja, hogy a jellemző nem lényeges az adott funkció esetén
a Figyelembe kell venni, hogy ez a vizsgálat nem alkalmazható néhány terméktípushoz, például georácsokhoz.
b Ha a mechanikai tulajdonságok (szakítószilárdság és statikus átszakítás) „H"-val vannak jelölve ebben a táblázatban, akkor a gyártónak mindkettő adatait szolgáltatnia kell. A műszaki követelményben elegendő csak az egyiknek vagy a szakítószilárdságnak, vagy a statikus átszakításnak az alkalmazása.

*5. táblázat: Funkciók, a funkciókhoz tartozó jellemzők és az alkalmazott vizsgálati módszerek [MSZ EN 13249:2001]*

### 2.5.1. Statikus átszakításvizsgálat

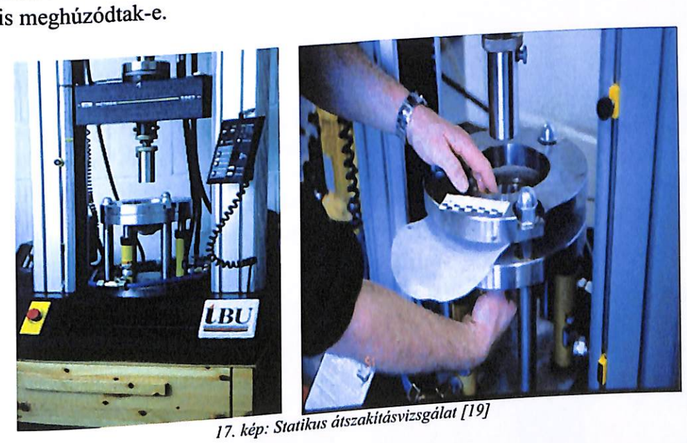
A vizsgálat folyamata megfelel, az MSZ EN ISO 12236:2006 Geoszintetikák statikus átszakítás vizsgálat (CBR-vizsgálat) című szabványnak.

CBR edény kialakítása geoműanyagok vizsgálatára: A vizsgálóedény az MSZ EN ISO 12236:2006 szabvány idevonatkozó előírásainak megfelelő, a geoműanyagok vizsgálat közbeni várható viselkedését, illetve a szakító berendezés befogadó méreteit kell figyelembe venni. A dugattyú magassága 170 mm, amely a szabványban szereplő 75 mm kötelezően megteendő útból (a dugattyú mozgásának hossza), a fedő magasságából és a présgépbe való befogásból adódik össze. A dugattyú átmérőjét a szabvány 6.2 pontja 50±0,5 mm-ben határozta meg, a mintadarabbal érintkező végén 2,5±0,2 mm-es lekerekítéssel. Az edény magasságát, a befogott mintadarabtól, a szabvány 100 mm-ben határozta meg. Az edény átmérője, a CBR edényeknek megfelelően, a szabvány szerint is 150 mm. Befogásnak, nyírás mentes rögzítést kell biztosítani.

Vizsgálat folyamata:

A vizsgálóedénybe fogott mintadarabot el kell helyezni a dugattyú alá az univerzális szakítógépbe *(17. kép)*, majd a gép az előre beállított geotextília plusz 1 milliméterre áll be. Újabb utasításra a mérés elkezdődött, a terhelés 100 mm hosszan tart, a gépkereteénél, a tönkremenetel elkerülésének érdekébe 2N terhelésnél áll meg a dugattyú.

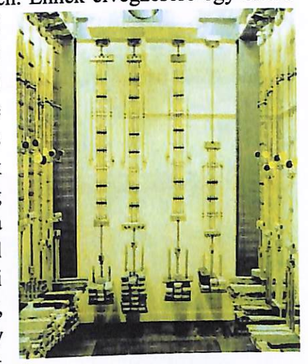
A vizsgálat folyamatának része, hogy a mérés után a vizsgálati darabokat olyan szempontból ellenőrizzük, hogy a befogás megfelelő volt-e, a szövet szálai a nút-féderen kívül is meghúzódtak-e.




*17. kép: Statikus átszakításvizsgálat [19]*

### 2.5.2. Kúszóvizsgálat

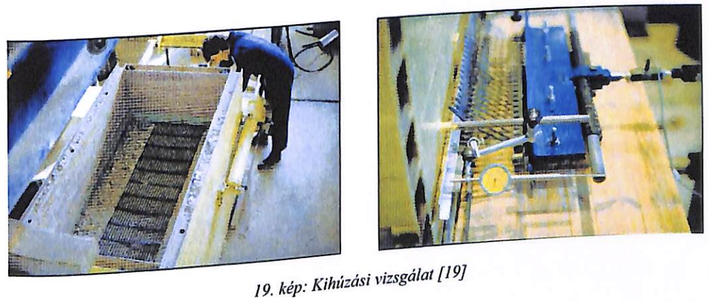
Viszkoelasztikus természetük miatt a műanyagoknál nem alkalmazhatók a szakítóvizsgálatok annak meghatározására, hogy milyen lesz a terhelés-nyúlás viselkedésük hosszú időtartamú, tartós terhelések esetén. Ennek elvégzésére egy eltérő vizsgálattípust alkalmaznak, amit szokásosan kúszási vizsgálatnak neveznek. A 18. *kép* egy kúszóvizsgálati laboratóriumot mutat, ahol több kúszóvizsgálat látható folyamatban. A vizsgálat során mindegyik próbatestre egy súlyt akasztanak, és mérik a 10000 órás szabványos vizsgálati idő alatt bekövetkező megnyúlást. Sok vizsgálatot azonban ennél jóval hosszabb ideig folytatnak, noha ez még mindig sokkal rövidebb, mint a jellemző tervezési élettartam, ami az alkalmazástól függően 120 év is lehet. Minden kúszóvizsgálati laboratórium hőmérsékletét gondosan szabályozzák, valamint mindegyik georács típus egy terheléstartománynak vetnek alá. A kúszóvizsgálatokat a laboratóriumokban 10°C, 20°C. 30°C, 40°C és 50°C hőmérsékleten végzik. A vizsgálati eljárások az EN ISO 13431 előírásainak felelnek meg.



*18. kép: Kúszóvizsgálati laboratórium*

### 2.5.3. Kihúzási vizsgálat

A kihúzó kölcsönhatási tényezőket kihúzási vizsgálattal határozzák meg. Egy jellemző vizsgálati elrendezést a *19. kép* mutat. A vizsgálat folyamán egy adott hosszúságú georácsot egy nagy dobozban lévő talajba temetnek, a töltés tetején terhelést alkalmaznak, ami a szükséges túlterhelési nyomást képviseli. A georács átnyúlik egy résen, ahol emelőkhöz van csatlakoztatva, melyek húzóterhelést fejtenek ki rá.

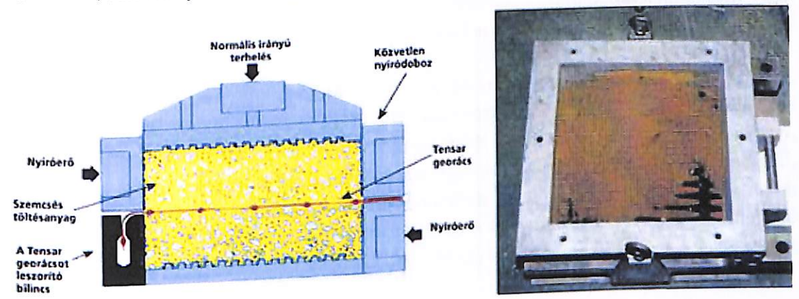


*19. kép: Kihúzási vizsgálat [19]*

### 2.5.4. Nyíródoboz vizsgálat

A csúszó kölcsönhatási tényező nyíródoboz vizsgálatokkal határozható meg, nagyméretű (300 mm), speciálisan módosított nyíródoboz használatával, melyben a georácsot a doboz alsó feléhez rögzítik. lly módon a doboz felső fele a georácson csúszik, ezáltal súrlódást idéz elő a georács és a talaj között. A vizsgálóberendezést az 48. *ábra* mutatja. Ugyanilyen módon ellenőrző vizsgálatokat is végeznek, de itt nincs georács a csúszósíkban. A két vizsgálat eredményének összehasonlítása adja a csúszó kölcsönhatási tényezőt:

$\alpha_s = tan\varphi_{rács+talaj}/tan\varphi_{talaj}$



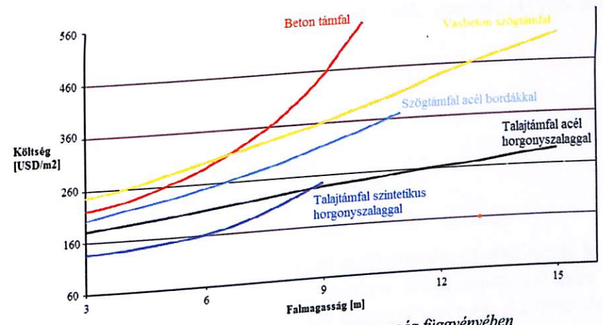

*48. ábra: Nyíródoboz vizsgálat kialakítása [19]*

## 3. Vasalt talajtámfalak

Az alacsony húzószilárdságú talaj fémszalagokkal történő erősítése Henri Vidal, francia mérnök nevéhez köthető. Az 1966-ban megjelent leírásában az új támfalszerkezetet "terre armée"-nek azaz "vasalt föld"-nek nevezte el.

Amikor a 80 foknál is meredekebb síkkal határolt földtestbe több rétegben georácsot, geotextíliát vagy geoszalagot építenek be és azokat a homlokfalat lezáró elemekhez kapcsolják, akkor geoműanyaggal "vasalt", erősített talajtámfalról beszélünk. A megtámasztott földtömeg állékonyságát, valamint a fellépő feszültségekkel és alakváltozásokkal szembeni ellenállását a beépített geoműanyagok húzási ellenállása, valamint a talaj-geoműnyag mechanikus kapcsolatának köszönhetjük. Az erősítésnek köszönhetően a kompozit szerkezet olyan erőhatásokat is elvisel, amelyeket a normál talaj nem volna képes.

Az erősített támfalakat általában töltések, bevágások megtámasztására, vagy közúti-, vasúti híd hídfőjeként, illetve országúti környezetben lévő lejtők omlás utáni helyreállításánál alkalmazzák. Elterjedésüknek több oka is van pl. olcsó *(49. ábra)*, egyszerű és jól gépesíthető a kivitelezése, nem igényel különleges építési technológiát, esztétikus homlokfelület kialakításának köszönhetően (pl. növényzet telepítése) könnyen a tájba illeszthető. A felsoroltaknak köszönhetően a talajtámfalak építése az elmúlt 25 évben rendkívül elterjedtté vált és mára már Magyarországon is bevett gyakorlatnak számít.

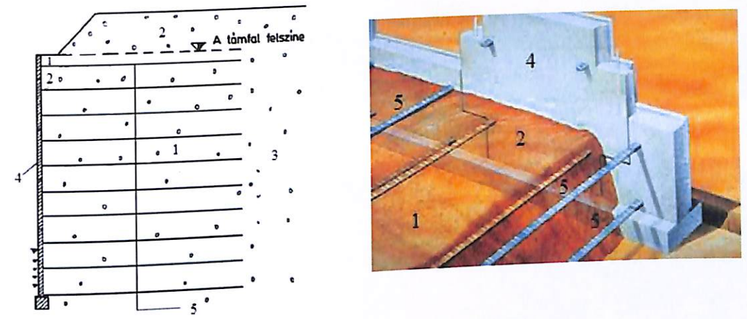



*49. ábra: Támfalak költségessége a magasság függvényében*

### 3.1. Szerkezeti elv

A vasalt talaj lényege, hogy a talaj anyagszerkezeti tulajdonságainak javítására – a vasbeton elvéhez hasonlóan – a talajba húzószilárdsággal rendelkező anyagot építünk. Ezáltal a talaj húzó- és nyírószilárdsága megnő és a mechanikai tulajdonságai is kedvezőbbek lesznek. A támfal szerkezeti elve: az egymásba hornyolással és tüskézéssel illeszkedő homlokzati elemeket egy vagy több hozzákapcsolt, sűrűn kiosztott, lehetőleg érdes felületű szalagok (betétek) horgonyozzák be a talajba. A szalagok felületén kialakuló súrlódás révén az erősített talajkörnyezetben húzófeszültségek is felléphetnek, melynek hatására a homlokzati elemekre ható földnyomás csökken.

- A vasalt talajtámfal három szerkezeti elemből áll *(50. ábra)*:
  - a támfal szabad oldalát határoló homloklapból,
  - a homloklaphoz rögzített, talajba benyúló szalagokból (betétekből),
  - a szalagok által együttdolgozóvá tett talajtömegből.




*50. ábra: A vasalt talajtámfal szerkezeti elemei*
*1.együttdolgozóvá tett talaj; 2.rátöltés; 3. háttöltés; 4.homloklap; 5.betétek*

### 3.1.1. A szerkezeti elemek anyaga

A homlokzati elemek anyaguk, alakjuk és méretük szerint nagyon sok variációs lehetőséget kínálnak.
Anyagukat tekintve készíthetők:
- előregyártott vasbeton,
- beton,
- hegesztett acélháló: – csak kőanyagú,
  – növényzettel telepített,
- ideiglenes esetben geotextília,

A homlokfalakat az első időszakban hajlított acéllemezekből alakították ki. Később az építési és kutatási tapasztalatoknak köszönhetően fokozatosan előtérbe kerültek a süllyedésre és korrózióra kevésbé érzékeny (pl. vasbeton) elemek. Az ilyen típusú elemek formai variálhatóságuknak köszönhetően változatosabb, esztétikusabb felületi kialakítások váltak lehetővé.

Alakjukat tekintve lehetnek:
- kereszt alakú,
- hatszög alakú,
- stb.

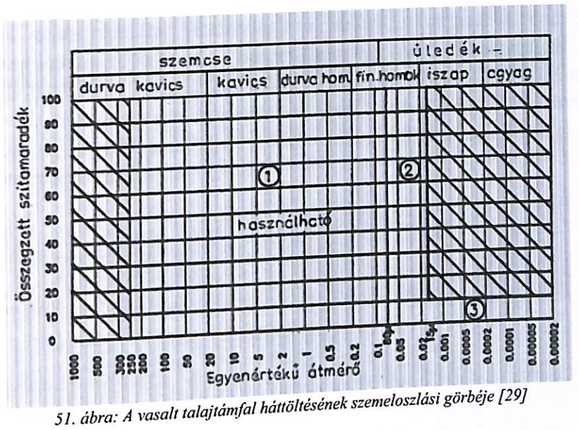
Méretüket tekintve lehetnek:
- nagy tálcás elemes,
- kiselemes.

*20. kép: Homlokzati kialakítások*
*1.hatszög; 2.kereszt; 3.kiselemes; 4.füvesitett*

A behorgonyzó szalagok anyaga lehet acél, alumínium és műanyag. Az anyag kiválasztását elsősorban a talajban fellépő korrózió elleni védekezés költségtényezői befolyásolják. A felhasznált anyagok függvényében nagyobb vastagsággal és felületvédelemmel védekezünk a korrózió, valamint a húzószilárdság időbeni változása (kúszás jelensége) ellen. Ma már szinte kizárólag geoműanyagokat (szőtt geotextília, georács) alkalmaznak

A háttöltést olyan jól tömöríthető, mállásra nem hajlamos szemcsés talajból kell készíteni, melynek szemeloszlási görbéje az *51. ábra* 1-es tartományába esik. A háttöltés fontosabb jellemzői:

- Proctor görbe optimumához tartozó tömörség > 95%
- maximális szemcseátmérő < 250mm
- $\varphi > 36^{\circ}$
- $C_u = U > 7$
- $5 \leq pH \leq 10$
- kloridion ($Cl^-$) ≤ 200 mg/kg
- szulfátion ($SO_4^{2-}$) ≤ 800 mg/kg
- szulfidion ($S^{2-}$) ≤ 300 mg/kg [29]




*51. ábra: A vasalt talajtámfal háttöltésének szemeloszlási görbéje [29]*

### 3.2. A talaj és a geoműanyag együttdolgozása

A talajok megerősítésére georács és szőtt geotextília használható. A georács nyitott, a geotextília pedig zárt hálószemes szerkezetű. Elsősorban georácsot alkalmaznak, mivel a nyitott hálószemes szerkezetének köszönhetően úgynevezett passzív ellenállás kifejtését teszi lehetővé a keresztirányban fellépő erőhatásokkal szemben, ezzel növelve a stabilizáció mértékét. Míg a szőtt geotextília a zárt hálószemes szerkezet következtében (az anyag teljes felületén érintkezik a másik közeggel) az anyag csak az úgynevezett aktív súrlódási komponenst képes nyújtani, amely a nyitott hálószemű szerkezetek teljesítményénél alacsonyabb szintű.

A geoműanyag beépítésével létrehozott kompozit szerkezet mechanikai tulajdonságai lényegesen jobbak, mint a közönséges talajé. Ezen szerkezeteken belül kialakuló erőviszonyok elsősorban az alkalmazott rács hajlékonyságától függenek, ha anyagok rugalmasak (pl. georács), akkor a kétféle anyag határán kialakuló tapadás tangenciális feszültséget generál. Ha viszont merev szerkezeteket építünk be (pl:rudat, fémprofilokat), akkor még hajlító és húzóerők is fellépnek.

Több feltétel teljesülése szükséges ahhoz, hogy az együttdolgozás hatékonyan működhessen és csakis rugalmas erőhatások lépjenek fel, vagyis a terhelés ténylegesen átkerüljön a talajról a megerősítő anyagra. Ennek érdekében a szerkezet tervezésénél/kialakításánál teljesülnie kell a következő feltételeknek: megfelelő mértékű szakítószilárdság és merevség, a felhasznált anyagok agresszív fizikai és vegyi hatásokkal szembeni ellenállása, valamint a szerkezet geometriai kialakítása úgy, hogy az a legjobban megfeleljen a stabilizálás feladatának.

A talajnak is rendelkeznie kell bizonyos fizikai és kémiai tulajdonságokkal annak érdekében, hogy a megfelelő együttműködés kialakulhasson közte és a geoműanyag között. Különösen nagy figyelmet kell fordítani a megfelelő szemnagyságra, a tömörségre és a nyírószilárdság valamint az elnyíródás jelenségére.

A támfalak geomechanikai viselkedését a Mohr-Coulumb féle modellel lehet a legjobban szemléltetni (*52. ábra)*. Ha feltételezzük, hogy a felhasznált anyag által nyújtott megerősítés mértéke megfelel a talaj maximális szakítószilárdságának, akkor a felső határérték természetesen a szakítóerő lesz. Ilyen helyzetben kompozitunkat (talaj/geoműanyag) úgy ábrázolhatjuk a Mohr féle diagrammon, mint egy $C_r'$ hasznos kohézióval rendelkező talajt [28].

$$C_r' = \frac{\sigma_r' \cdot \sqrt{K_p}}{2} = \frac{\sigma_s \cdot A_s}{2 \cdot \Delta B \cdot \Delta H \cdot K_a}$$

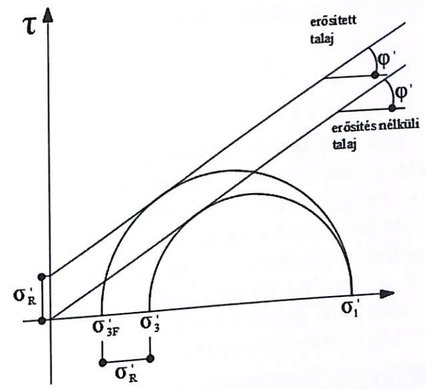
Ahol:

$\sigma_r'$= a georács által kifejtett hasznos feszültségegyenérték

$\sigma_s$= a georács húzószilárdsága

$A_s$= a georács keresztmetszete

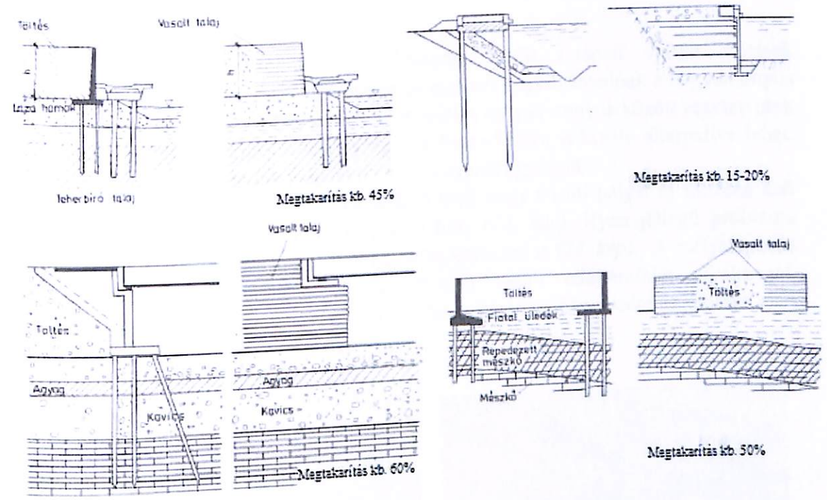
$\Delta B$ és $\Delta H$ = rácselemek vízszintes és függőleges távolsága




*52. ábra: Látszólagos kohézió talajtámfal használatakor*

### 3.3. Alkalmazási területek

A vasalt talajtámfalak elterjedésüknek egyik fő oka a gazdaságosságuk *(53. ábra)*. További előnye, hogy helyi anyagokból építhetők, az alkalmazott homlokzati elemek előre gyárthatók illetve, hogy egy adott támfalhoz általában csak egy elemfajta szükséges. A szerkezet nagy alakváltozásokat képes elviselni, ezért azok kis teherbírású, kedvezőtlen altalajokon is lehet alkalmazni. A kedvező tulajdonságainak eredményeképpen számos alkalmazási területen jelennek meg lehetséges megoldásként.




*53. ábra: Megtakarítások mértéke a mélyalapozás kiküszöbölésével*

### 3.3.1. Támfal

A vasalt talaj leggyakoribb alkalmazása a támfal *(21. kép)*. A homlokfalelemek széleskörű variálhatóságával a táj harmóniájába illő műtárgyakat tudunk létesíteni. Hagyományos súlytámfallal, szögtámfallal összehasonlítva a kivitelezése jóval költségtakarékosabb. Azonos magasság mellett a homlokzati elemek betonszükséglete csupán 6-10%-a a tömör súlytámfalakénak. Gazdaságosságában olyan tényezők is szerepet játszanak, mint pl. az egyszerű építési technológia, a helyi töltésanyagok felhasználhatósága, illetve az állványzat és a zsaluzás elmaradása. Továbbá a helyszíni élőmunka igénye is kicsi, többnyire szerelőjellegű tevékenységből áll.

*21. kép: 20 m magas talajtámfal Spanyolországban [30]*

### 3.3.2. Töltés megtámasztás

A talajtámfalakat előszeretettel alkalmazzák lejtős terepen épített töltések megtámasztására. Gazdasági előnyei ebben az esetben is nyilvánvalóak a hagyományos súly- vagy szögtámfalhoz viszonyítva. A kedvezőtlen terepviszonyok között vezetett utak (pl. erdei utak) földműveinek állékonyságának biztosítására is kiváló alternatíva lehet. Alkalmazásukkal nem bontjuk meg a táj és a környezet egységét.

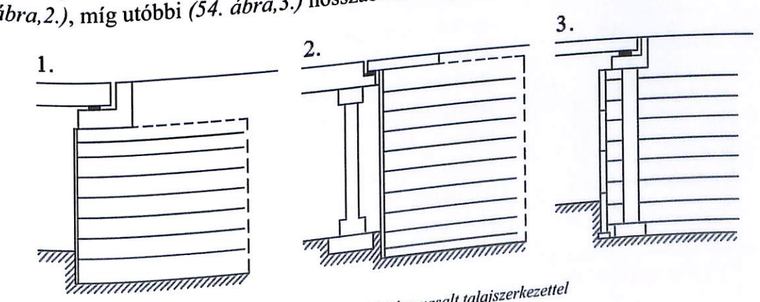
Alkalmazható olyan zsúfolt területeken ahol utat, vagy vasúti pályát új töltésen kell vezetni, de a töltés számára nincs elegendő hely *(22. kép)*. Ilyen jellegű probléma felmerülhet az élővizek partján vezetett autóutak esetében is *(23. kép)*. A mélyalapozás költségességének kiküszöbölése végett célszerű vasalt talajtámfalat alkalmazni, amelyeknél a sózás hatására bekövetkező korróziós hatás csökkentésére az útpálya alatt PVC-fóliát kell elhelyezni.

*22. kép: Töltés megtámasztása vasalt talajtámfallal*

*23. kép: Vasalt talajtámfal alkalmazása a vízparton [27]*

### 3.3.3. Hídfő

A vasalt talajtámfalakat a kezdetektől alkalmazzák hídfőként. Nagy előnye, hogy a híd mindkét végén egy-egy támasz és egy-egy nyílásköz megtakarítható vele. Korai ajánlásait mutatja be a hídfőkben való alkalmazására a *61. ábra*, de a mai szakirodalmak is hasonló elrendezést javasolnak. Kiemelendő az a változat, melyben a hídszerkezet közvetlenül a vasalt talajtámfal tetejére terhel *(54. ábra,1.)*. E megoldás előnye, hogy a híd és a kapcsolódó háttöltés között süllyedéskülönbség gyakorlatilag nem alakulhat ki. A másik két megoldás lényege a támfal és a műtárgy elkülönített alapozása, előbbi rövidebb *(54. ábra,2.)*, míg utóbbi *(54. ábra,3.)* hosszabb műtárgy esetében célszerű alkalmazni.



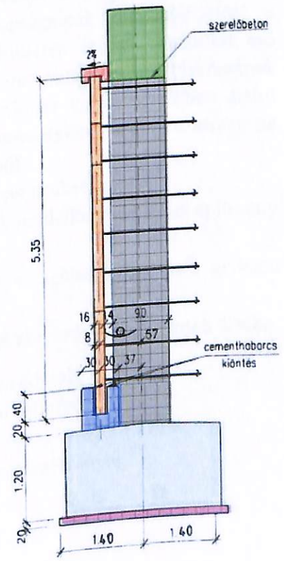

*54. ábra: Hídfő kialakítása vasalt talajszerkezettel*

*Negatív tapasztalatok*

Az 1970-es években épült erősített szerkezetek még valóban vasalt talajok voltak, hiszen a szalagok acélból készültek. Az 1980-as években anyagi megfontolások érdekében egy külföldön bevált szerkezet megújítására törekedtek, ez a megújítás nem lett megfelelően előkészítve és a kivitelezésben számos konstrukciós hiba maradt. A *24. képen* látható egy ilyen „H-elemes" támfaltípus szerkezete.

*24. kép: A H-típusú szerkezet*

Olyan konstrukciót terveztek melyben a homlokfal és a hídfő közös alaptestre került. Korrózióvédelmi szempontok miatt az acél szalagokat üvegszál erősítésű szalagokra váltották le. A szalagok bekötése a homlokba csavarokkal összeszorított szorítólemezekkel történt, majd ezt az így elkészült kapcsolatot cementhabarcsba ágyazták. A szorító lemezek közé gumilemezeket helyeztek. Az első károsodás 1996-ban következett be, majd 1988-ig több ilyen hídfő is tönkrement. Az első tönkremenetelt a háttöltés süllyedésében látták és azt egyedi esetnek vélték. Ezt a magyarázatot nem tartották meggyőzőnek és megbízást adtak ki a szerkezet általános analízisére és a megépültek állapotának értékelésére. A vizsgálatok alapján a következőket állapították meg. Az egyik legnagyobb hiba a szalag és a homlokfal hibás modellezése. A fejlesztők szerint a kialakítás csuklósnak tekinthető, azonban az ilyen jellegű kapcsolati kialakítás befogásként működik. Az alapozás hibás kialakításának *(55. ábra)* következtében a fellépő süllyedéskülönbség (homlokfal és a háttöltés között) miatt a mereven befogott szalagokban külpontos húzás lépett fel. Mivel az ilyen jellegű nyomatékokra nem méretezték a szalagokat azok elszakadtak. További hiba, hogy az üvegszál erősítésű szalagot rideg viselkedése révén hirtelen tönkremenetel jellemzi, így benne nem tud képlékeny csukló kialakulni. Emellett még számos hiba felmerült a kivitelezésben (pl. a szalagok egyenlőtlen kiosztása, homlokzati elemek hibás kapcsolata, nem megfelelő vastagságú acéllemezek használata, stb.), amelyek együttese vezetett a károsodásokhoz.




*55. ábra: A H-elemes talajtámfal alapozási megoldása [35]*

### 3.4. Vasalt talajtámfalak méretezése

Mint minden megtámasztó szerkezet esetében, a vasalt talajtámfalak méretezése is gondos, minőségi vizsgálatot igényel mind a felhasználandó anyagok, mind a szerkezet egészének ellenőrzését illetően. Az erősített talajszerkezetet két határállapotnak való megfelelésre kell tervezni. Ezeken a határállapotokon túl már nem teljesülnek az előírt tervezési követelmények, így a szerkezet nem képes betölteni az eredeti funkcióját.

1. Teherbírási határállapot: a szerkezet és/vagy a talaj olyan jellegű tönkremenetele, ami a szerkezet használatát ellehetetleníti, illetve üzemképtelenséget okoz. A teherbírási határállapot vizsgálatakor a potenciális tönkremeneteli körülményeket tárják fel és veszik számításba a megfelelő szorzókkal.
2. Használhatósági határállapot: a tartószerkezet oly mértékű deformációja (alakváltozás, repedés, elmozdulás stb.), amely a rendeltetésszerű használatot megnehezíti vagy korlátozza. A használhatósági határállapot vizsgálatakor a jellegzetes működési feltételeket tárják fel, és ellenőrzik, hogy a szerkezet a teljes élettartama alatt képes-e ezen feltételeket teljesíteni.

A tervezés során a teherbírási határállapotra méretezzük a szerkezetet és a használhatósági határállapotot ellenőrizzük. Valamennyi tervezési és ellenőrzési vizsgálatot az EC7 szabvány írja elő.

A talajtámfalak méretezésekor – a megfelelő számítógépes programok segítségével – külső és belső állékonysági vizsgálatokat kell végezni. A külső állékonyság az erősített talajszerkezetnek, mint egyetlen összefüggő egységnek az állékonyságát jelenti. Ellenőrzésének ki kell terjednie az alapsíkon való elcsúszás vizsgálatára, a kiborulás vizsgálatára, a talajtörésre, valamint a szerkezet süllyedésére. A belső állékonyság vizsgálatának elsődleges célja a betételemek tulajdonságainak meghatározása: a szalagokban fellépő húzóerő számítása, a szalagok felületén fellépő súrlódási erő eloszlásának meghatározása, illetve az elemek hosszúságának és osztásközeinek meghatározása annak érdekében, hogy a kompozit szerkezet kellő mértékben stabil legyen. Ellenőrizzük tehát, hogy a támfal talajába megerősítésként beépített anyag ne szakadjon el és ne csússzon ki a megerősített, stabil részből.

A talajtámfal megfelelő méretezéséhez az alábbiak ismerete szükséges:

- kívánat ellenállás: az az erő, amellyel a georácsnak rendelkeznie kell az építmény stabilitásához,
- névleges ellenállás: a laboratóriumban elvégzett vizsgálatok szerint a georács névleges ellenállása a $t = 0$ pillanatban,
- megengedett ellenállás: a névleges érték biztonsági tényezővel csökkentett értéke.

A megvalósíthatósági tanulmány elkészítéséhez szükséges adatok:

- a talajtámfal tervezett építési területének geológiai felmérése,
- terep és magassági pontok felvétele,
- a helyszín kiemelkedő fontosságú pontjainak keresztszelvényei,
- az építendő műtárgy geometriai kialakítása,
- a szerkezetre ható külső terhelés,
- a terület szeizmikus besorolása,
- környező és felhasználandó talaj geotechnikai jellemzői,
- vizek jelenléte (talajvíz, szivárgóvíz stb.).

Minőségi előírások:

- Alapanyag vizsgálatok: a gyártás során az előírt, illetve megkívánt fizikai tulajdonságoknak megfelelő alapanyag használata,
- Geoműanyag termék vizsgálatok: ellenőrizni kell a kész, még be nem épített termékre megadott, vagy elérni kívánt mechanikai, ill. hidraulikai jellemzőket,
- A talaj és a műanyag kölcsönhatásának vizsgálata: a műanyag a talajba építve is elérje az előírt, vagy megkívánt mechanikai- és hidraulikai határértékeket.

## 4. Felhasznált irodalom, forrásjegyzék


[1] dr. Szepesházi Róbert: Geotechnika

[2] dr. Szepesházi Róbert: A talajjavítási módszerek környezetvédelmi értékelése

[3] dr. Bartos Sándor, Králik Béla: Mélyépítés II.

[4] dr. Bartos Sándor, Králik Béla: Mélyépítés III.

[5] Kecskés Gábor, Szoboszlai Béla: Geotechnikai építésföldtani útmutató

[6] Keller: Mélyvibrációs talajkezelés

[7] Ács Endre: Talajszilárdítás és talajvíz alatti injektálás

[8] dr. Márton József: Injektálás szilárdítás

[9] Kecskés Gábor: Földmegtámasztás – A talajt megtámasztó ideiglenes szerkezetek

[10] Chovanyecz Enikő: Speciális mélyépítési technológiák – Jet grouting

[11] Kubányi Zoltán: Talajstabilizálás a gyakorlatban

[12] Boromisza Tibor: A talajstabilizáció hazai alkalmazása

[13] Kézdi Árpád: Talajstabilizáció

[14] dr. Bogárdi István: Talajszilárdítás és vízépítés

[15] Karafiáth László: Talajszilárdítás

[16] Kecskés Gábor: Terepalakító földmunka és gépei – Talajjavítások és talajkezelések

[17] Michael Balík: Pincék felújítása és utólagos vízszigetelése

[18] dr. Pálossy László, Dr. Scharle Péter, Dr. Szalatkay István: Földtámfalak

[19] Tóth Gergő: Korszerű megoldások az út- és vasútépítésben

[20] dr. Kovács Miklós: Földművek, támfalak tervezése és építése

[21] Széchenyi István Egyetem – Geotechnika III: Geoműanyagok alkalmazása és tervezése

[22] Széchenyi István Egyetem - dr. Szepesházi Róbert: Geoműanyagok útépítési alkalmazásainak tervezése - Zárójelentés 1.kötet, 2003. július 30.

[23] Albert Pál: Geoműanyagok geotechnikai alkalmazásának alapjai, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia – ÉPKO 2003

[24] REHAU: Geoműanyagok

[25] Tensar: Talajstabilizáció – Utak és forgalomnak kitett területek kötőanyag nélküli rétegeinek megerősítése

[26] Tensar: TENSAR geoműanyagok az építőiparban – Termék, alkalmazás és szolgáltatás ismertető

[27] Tensar: TensarTech Talajrögzítő rendszerek – Hídháttöltések, támfalak és meredek rézsűk

[28] TeMa TSystem: Támasztórendszerek, szivárgórendszerek, talajerózió elleni védelem

[29] dr. Dalmy Dénes: Miért is jó a talajtámfal

[30] Gradex – Tóth Gergő: Talajtámfalak

[31] dr. Kecskés Sándor, Kosztika Miklós: Vasalt talaj az erdészeti útépítésnél

[32] Kovácsházy Frigyes: Támfalak és partfalak

[33] dr. Kecskés Sándor, Kosztika Miklós: Vasalt talaj az erdészeti útépítésnél

[34] Szatmári Tamás: Talajtámfal mint hídfő

[35] Szepesházi Róbert – Wolf Ákos: A H-elemes támfaltípus kálváriája

[36] Széchenyi István Egyetem – dr. Szepesházi Róbert: Geoműanyagok útépítési alkalmazásainak tervezése – Zárójelentés 3. kötet, 4-5. melléklet, 2003. július 30.

[37] Útügyi műszaki előírás ÚT 2-1.222: Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai

[38] http://www.soil-cons.hu/htm/soil_cons.htm

[39]http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFKHT6504SI/sco_14_03.scorm

[40] http://www.tslectus.hu/jet_grouting.html

[41] http://www.inreco.hu/?page=talajkezeles

[42] http://www.kellergrundbau.hu/soilfrac.html

[43] http://www.sinekvilaga.hu/koch-dr.-szepeshazi?index=1

[44] http://www.muanyagipariszemle.hu/2006/02/muanyagok-az-utepitesben-08.pdf

[45] http://www.muanyagipariszemle.hu/2006/05/geomuanyagok-08.pdf

[46] http://www.pelsoplan.hu/assets/pubs/aszfalt.pdf

# TERVEZÉS

Tartalomjegyzék

MŰSZAKI LEÍRÁS
1. Előzmények ..... 91
2. Talajvizsgálat ..... 91
2.1. Geológiai viszonyok ..... 92
2.2. Talajfeltárások ..... 92
2.2.1. Talajrétegződés, talajvíz ..... 92
3. A tervezett szerkezet rövid bemutatása ..... 93
4. Technológiai ütemezési feladatok ..... 93
4.1. Munkagödör kiemelése ..... 93
4.2. Munkatérhatárolás talajszegezéssel ..... 94
4.3. Alapozás ..... 94
4.4. Építési követelmények ..... 97
5. Beépítésre kerülő anyagok minőségi követelményei ..... 99
6. Munkavédelem ..... 99
6.1. Figyelemfelhívás, megközelíthetőség ..... 99
6.2. Általános előírások ..... 99
6.3. Személyi feltételek ..... 100
6.4. Védőeszközök ..... 100
6.5. Előírások ..... 100
7. Környezetvédelem ..... 101
8. Tűzvédelem ..... 104
MELLÉKLETEK
SZÁMÍTÁSI MELLÉKLETEK
1. Vasúti teher felvétele ..... 105
2. Alapozás alatti talaj talajtörési ellenállása ..... 106
3. Talajszegek teherbírása ..... 107
3.1. Kihúzódási ellenállás ..... 107
3.2. Szegek teherbírása (szakítószilárdság) ..... 107
4. Beviteli adatok ..... 107
4.1. A rézsűállékonyság során alkalmazott parciális tényezők ..... 107
4.2. A fal méretezésénél alkalmazott parciális tényezők ..... 108
4.3. A rézsűállékonyság vizsgálatánál és a fal méretezésénél alkalmazott talajparaméterek ..... 108

4.4. Vasalás típusa ..... 108
4.4.1. Vasalás részletei: ..... 108
4.5. Blokk anyaga ..... 109
GEO5 EREDMÉNYKIMUTATÁS
MÉRET ÉS MENNYISÉGSZÁMÍTÁS
RAJZI MELLÉKLET

| | | |
|---|---|---|
| H-1 | Helyszínrajz | M=1:100 |
| H-2 | Hossz-szelvény 217+50 - 219+00 hm sz között | M=1:100 |
| M-1 | Mintakeresztszelvény | M=1:50 |
| K-1 | Helyreállítási keresztszelvény 217+50 | M=1:50 |
| K-2 | Helyreállítási keresztszelvény 217+60 | M=1:50 |
| K-3 | Helyreállítási keresztszelvény 217+70 | M=1:50 |
| K-4 | Helyreállítási keresztszelvény 217+80 | M=1:50 |
| K-5 | Helyreállítási keresztszelvény 217+90 | M=1:50 |
| K-6 | Helyreállítási keresztszelvény 218+00 | M=1:50 |
| K-7 | Helyreállítási keresztszelvény 218+10 | M=1:50 |
| K-8 | Helyreállítási keresztszelvény 218+20 | M=1:50 |
| K-9 | Helyreállítási keresztszelvény 218+30 | M=1:50 |
| K-10 | Helyreállítási keresztszelvény 218+40 | M=1:50 |
| K-11 | Helyreállítási keresztszelvény 218+60 | M=1:50 |
| K-12 | Helyreállítási keresztszelvény 218+70 | M=1:50 |
| K-13 | Helyreállítási keresztszelvény 218+80 | M=1:50 |
| K-14 | Helyreállítási keresztszelvény 218+90 | M=1:50 |
| K-15 | Helyreállítási keresztszelvény 219+00 | |

CSATOLT MELLÉKLET
CD melléklet

# MŰSZAKI LEÍRÁS

## 1. Előzmények

A Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. megbízásából a Kelenföld - Százhalombatta 40a sz. vasútvonalszakasz korszerűsítésére kerül sor.

A kétvágányú nemzetközi vasúti törzshálózati vonal mára elhasználódott, az egykor 120 km/h sebességre alkalmas jellemzőkkel megépített kétvágányú, villamosított pályán egyre több a lassan bejárható pályarész. A forgalom szerkezete átalakult, az állomások nem felelnek meg a megváltozott igényeknek. A nemzetközi egyezményekben vállalt kötelezettségeket a vonal átépítésével lehet teljesíteni.

A vonalat teljes hosszában, v = 120 km/h sebességre kell alkalmassá tenni, az állomásokat úgy kell átalakítani, hogy megfeleljenek a teherforgalom jellegében bekövetkezett változásoknak, az utasforgalmat a lehető legmagasabb színvonalon tudják lebonyolítani.

A korszerűsítésre kerülő pályaszakaszok az átépítést követően ugyancsak kétvágányúak és villamosítottak lesznek, a tengelyterhelés 210 kN-ról 225 kN-ra nő.

A nyílt vonal 217+50 és a 219+00 szelvényében a meglévő töltés magassága megváltozik, emiatt az 1:1,5–es hajlással tervezett rézsűt a vízelvezetési rendszer kiépítése mellett a kisajátítási területen nem lehet megépíteni. Ezen a szakaszon a töltéslábnál megtámasztó támfal beépítése szükséges.

## 2. Talajvizsgálat

### 2.1. Geológiai viszonyok

A Tétényi-fennsík (Budafok, Diósd, Érd, Nagytétény) a Budai-hegység D-i szegélyén elhelyezkedő, szerkezeti vonalakkal határolt alacsony fennsík, amely korábban a Budai-hegység hegylábfelszínéhez tartozott. A negyedidőszakban a Budaörsi-medence fokozatos kimélyülésével elkülönült szomszédságától, miközben a kőzethatárok mentén a fennsík domborzata is jelentős változásokon ment keresztül. Az építésföldtani alapréteget a Tétényi-fennsík területén a miocén kori „lajtamészkő" és „durvamészkő", valamint agyaglencsés kavics és homok deltaüledékek alkotják. Ezek a képződmények szinte mindig már a felszínen megjelennek, vagy annak közelében telepednek. Az enyhe völgyeléseket, vápákat 1-1,5 m vastag lejtő-üledékek borítják.

A terület vizeit a Törökbálinti-patak a Hosszúréti-patakba, az érdi Sulák-csatorna pedig közvetlenül a Dunába vezeti le. Egyes területein időszakos vízfolyások vannak.

Valamelyes talajvizet a peremi lejtőkön találunk, 4-6 m mélységben. Mennyisége nem jelentős. A kalcium-magnézium-hidrogénkarbonátos típushoz tartozik. Szulfáttartalma Érd környékén a 600 mg/l-t is meghaladja.

A vasútvonal, majd az M6 út megépítéséig a Duna árterülete volt az egész környék.

## 2.2. Talajfeltárások

A területen 2 db 5,0 m-es fúrást készítettek, valamint 2 helyen rézsűsliccel megvizsgálták a meglévő töltés anyagát is 2014. novemberében. A fúrásból 0,5 m-enként vettek víztartalmi zavartalan és zavart mintákat. Az azonosító vizsgálatoknál a vonatkozó MSZ szabványokat követték.

### 2.2.1. Talajrétegződés, talajvíz

Az F1 jelű feltárásból az alábbi talajrétegződést állapították meg:

- 1,1 m-ig kemény közepes agyag (Ip=21%, Ic=1,1),
- 1,1-2,4 m-ig finomhokos kemény iszap (Ip=11%, Ic=1,57),
- 2,4-3,4 m-ig kavicsos homok (A=6%, I=11%, H=60%, K=23%, Cu=19,1),
- 3,4-3,7 m-ig homokos iszap,
- 3,7-5,0 m-ig iszapos homok (A=4%, I=32%, H=53%, K=11%, Cu=25,3).

Az F2 jelű feltárásban az alábbi talajrétegződést állapították meg:

- 1,1 m-ig kemény sovány agyag (Ip=16%, Ic=1,1), tártak fel,
- 1,1-2,2 m-ig merev sovány agyag (Ip=15%, Ic=0,9),
- 2,2-3,2 m-ig iszapos homok (A=11%, I=22%, H=67%),
- 3,2-5,0 kavicsos homokot (A=5%, I=11%, H=54%, K=30%, Cu=39,4).

A meglévő rézsű anyagát a 218+00 és a 218+40-es szelvényben vizsgálták. Mindkét esetben homokos iszaptalajokat (A=10-11%, I=70-70%, H=17-20%, Cu=22,5-29,1) tártak fel.

Talajvíz az alábbi táblázatban szereplő szinteken jelentkezett:

| Feltárás jele | Feltárás magassága [mBf] | Megütött tv. [m] | Megütött tv. [mBf] | Nyugalmi tv. [m] | Nyugalmi tv. [mBf] |
|---|---|---|---|---|---|
| F1 | 103,96 | 2,8 | 101,16 | 2,6 | 101,36 |
| F2 | 104,80 | 3,2 | 101,60 | 3,1 | 101,70 |

A becsült maximális talajvíz szintet 102,7 mBf szinten adták meg.

## 3. A tervezett szerkezet rövid bemutatása

A tervezett vasalt talajtámfal a (Budapest) Kelenföld-Százhalombatta vasútvonal jobb oldalán létesül. A fal a 217+50-es szelvényben kezdődik és a 218+46,1-es szelvényben a B.218 jelű hídhoz csatlakozik. A híd másik oldalán a támfal a 218+54-es szelvényből indul és a 219+00-ás szelvényig tart. A támfal változó magasságú, a legalacsonyabb ponton 1,80 m a legmagasabb ponton 4,20 m. A TW1 falelemek 1cm-es eltolásban kerülnek beépítésre. A támfal feletti töltést az előírt szabványok szerint 1:1,5-es rézsűvel kell megépíteni.

A támfal magassága a 217+50 és a 218+46,1 szelvények között fokozatosan emelkedik 105,04 mBf-ről 107,44mBf-re, majd a másik oldalon a 107,29 mBf-ről fokozatosan csökken a 106,25 mBf-re.

## 4. Technológiai ütemezési feladatok

### 4.1. Munkagödör kiemelése

A támfalépítés első üteme a földkiemelés.

A vasúti üzem mellett a földkiemelés csak ideiglenes rézsűbiztosítás (talajszegezés) és a vasút sebességkorlátozása (60 km/h) mellett végezhető el. A vasúti üzem szüneteltetésével a földtömeget biztosítás nélkül 1,5 m-es lépcsőkben lehet kiemelni.

### 4.2. Munkatérhatárolás talajszegezéssel

A munkatérhatárolásra a félpályás vonatforgalom (bal pálya) fenntartása miatt van szükség. A jobb pályán még talajszegezés mellett sem tartható fent a vasúti forgalom.

A szegek fúrásos technológiával készülnek. A furatokba 20 mm-es betonacélokat kell helyezni, 2 m-ként távtartóval, a gyűrűsteret pedig ki kell injektálni. Az előre elkészített hosszúságú talajszegek utolsó 30 cm-ét folyamatos menetemelkedésű acélrúdból kell készíteni, mert a talajszegek feje anyával, menetesen lesz rögzítve. A felületre geotextíliát kell teríteni, ami átereszti a vizet, de a finomszemcsét visszatartja. A geotextília terítésre 100x100x10 mm-es betonacélháló kerül, ami a talajszegek 200x200x8 mm-es leszorító tányérjával kerül rögzítésre.

Az alkalmazott talajszeg:

- 8 m-es fúrt, injektált talajszeg: 20 mm-es betonacél, 90 mm-es furat, két-, illetve négy sorban, 1,5 m-es vízszintes és 1,2 m-es függőleges raszterben kiosztva.

A talajszegezést a fentiekhez igazodva az alábbiak szerint kell elkészíteni:

- a 218+1-es szelvénytől a 218+31,1-es szelvényig alsó két sor készül 30,0 m hosszban;
- a 218+31,1-es szelvénytől a B.218 jelű hídhoz való csatlakozásig (218+46,1) négy sor készül 15,5 m hosszban;
- a 218+54,1-es szelvénytől a 218+60,1-es szelvényig négy sor készül 6 m hosszban;
- a 218+60,1-es szelvénytől 218+69,2-es szelvényig alsó két sor készül 9 m hosszban.

### 4.3. Alapozás

A talajtámfal alsó síkja alatt előálló talajok alapozásra alkalmasak, különleges alapozásra nincs szükség. A homlokfelület alá egy 0,5x0,5 m-es vasbeton sávalapot kell készíteni. Az alap C25/30-XC2 minőségű betonból készül, hosszvasalását 4 db Ø16-os betonacél, kengyelvasalását pedig 30 cm-ként kiosztott Ø12-es átmérőjű betonacél szál adja. Lépcsőzése 30 cm-es ugrásokban készül, ami illeszkedik a homlokfelületet képező előregyártott elemekhez. Az egyenletes felfekvés biztosítása érdekében a sávalap alá 0,2 m vastag jól tömöríthető homokos kavics ágyazatot kell beépíteni.

A vasalt talajtámfal alapozási síkja az alábbi táblázat szerint változik:

| Kezdőszelvény | Végszelvény | Magasság [mBf] |
|---|---|---|
| 217+50 | 218+46,1 | 102,54<br>(utolsó 0,68m fellépcsőzve a meglévő alaptesthez) |
| 218+54,11 | 218+58,95 | 102,69 |
| 218+58,95 | 218+64,15 | 102,99 |
| 218+64,15 | 218+69,35 | 103,29 |
| 218+69,35 | 218+74,55 | 103,59 |
| 218+74,55 | 219+00 | 103,89 |

A vasbeton alaptestet 25-30 méterenként dilatációs hézaggal kell megszakítani.

### 4.4. Építési követelmények

A támfal indítógerendáját az alap biztosítja. Az alap alatti homokos kavics ágyazat tömörsége Trρ≥95% kell legyen. A talajcserére 8cm szerelőbeton készül, erre el lehet készíteni a vasszerelést, illetve a gerenda zsaluzatát. A monolit gerenda mixeres betonnal készül, tűvibrátorral tömörítve.

Az indítógerenda elkészítését követően kerül sor az első sor támfalelem leragasztására, majd a mögötte lévő 15 cm magas zóna tömörítésére, Trρ≥93% tömörségre. A fal építés közbeni állékonyságának megőrzése érdekében a tömörítésnél fontos, hogy a megfelelő tömörítő eszközt a megfelelő zónában alkalmazzuk. A homlokfelület mögött 2 m-ig csak kézi „lapvibróval" szabad a tömörítést végezni, 2 m után már alkalmazható 2-3 t-ás tömörítő eszköz is.

A tömörítést követően az 1. képen látható „blue kit" nevű kötőelemmel lehet az 1. és 2. sor elem közé a georácsot rögzíteni.

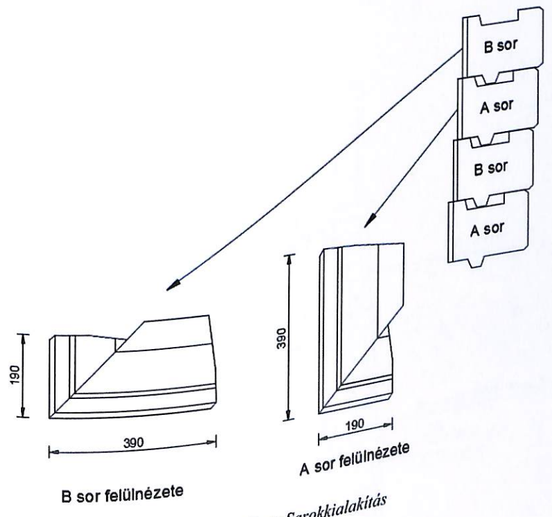
*1. kép: A "blue kit" nevű kötőelem rögzítése*

Az indító elem tetején az első sor georács beépítését követően kerül beépítésre a következő 3 sor falelem. Ezt követően a georácsot a megfelelő célszerszámmal meg kell feszíteni, s ideiglenes tüskézéssel le kell rögzíteni. Ezután a három elemsor mögötti 45 cm magas háttöltést min. két rétegben kell tömöríteni Trρ≥93% tömörségre.

Ha a támfal mögötti feltöltés a teljes felületen pontosan elérte a következő georács szintjét, elkezdhető a következő szint építése.

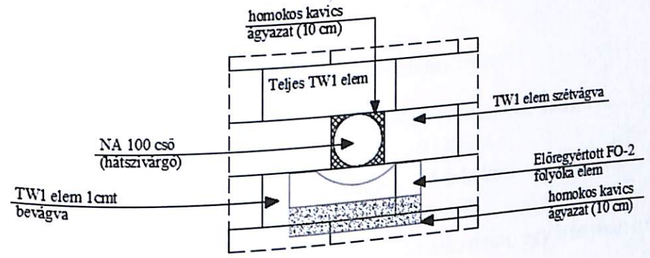
Ezt követően a támfal teljes magasságáig az előzőekben leírt technológia ismétlődik 3 elemsoronként, illetve a mellékelt keresztmetszetek szerint.

A támfalat a végeinél be kell fordítani, 90°-os sarokkialakítással. A sarokra futó sorokat eltolva, kötésben kell rakni és a sarokra jutó elemeket gérbe kell vágni az 1. ábra szerint. A vágott sarokat flexibilis, fagyálló ragasztóval kell egymáshoz illeszteni.




*1. ábra: Sarokkialakítás*

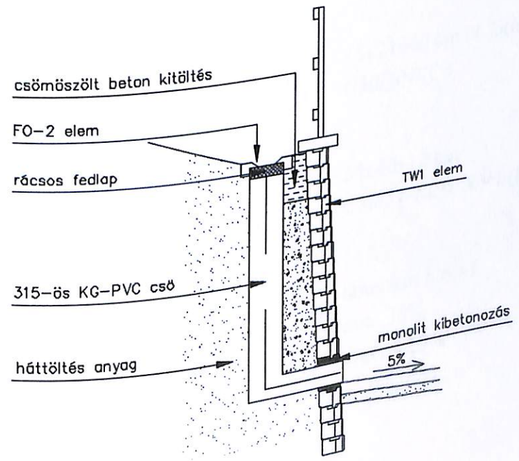
Annak érdekében, hogy a támfal mögött kialakuljon a víztelenítéshez szükséges szivárgó-szellőző felület a homlokelemek mögötti 30 cm-es zónában mosott szemcséjű (4/16 mm-es) anyagot kell beépíteni. Ebbe a szivárgótestbe kerül egy DN100-as hosszivárgó geotextíliába tekerve. A kivezetéseket a terepszint fölött, a homlokfelületet áttörve kell elkészíteni. Az áttörések helyén a támfalelemet monolit betonnal pótoljuk. A kivezetések helyén előregyártott (FO-2) beton folyóka elemek kerülnek beépítésre, ami beköti a hátszivárgó vizét a támfal előtti nyílt árokba (2. ábra).




*2. ábra: Hátszivárgó kivezetés*

A támfal legfelső elemsorára előre gyártott záróelem kerül beépítésre, melyet ragasztással kell rögzíteni. A záróelemeket 10 m-ként meg kell szakítani és a dilatációt rugalmas kitöltő anyaggal kell kitölteni.

A támfal kialakításának befejeztével lehet elkezdeni az előregyártott (FO-2) elemekből kialakított vízelvezető folyóka építését, melyek a mellékelt keresztszelvények szerint kerülnek beépítésre 10 cm homokos kavics ágyazatra. A folyókák közötti hézagokat ki kell fugázni. A támfal végein a vizet ejtőaknák vezetik le a burkolt árokba. Az ejtőaknák KG-PVC elemekből készülnek, NA160-as kivezetéssel, NA315-ös felszálló ággal, vas víznyelős ráccsal lefedve (3. ábra).




*3. ábra: Az ejtőaknák kialakítása*

A támfal fölött a megbontott rézsűre ideiglenes 3 év alatt lebomló juta szövet erózióvédelem kerül.

A támfal teljes hosszában a keresztszelvényeknek megfelelően életvédelmi korlát kerül elhelyezésre. A korlát rögzítését a fedlap és a felső három sor támfalelem átfúrásával, bekötő elem alkalmazásával lehet rögzíteni. A korlátot a MÁV előírásainak megfelelő korrózióvédelemmel kell ellátni.

A támfal előtti árkot az előtöltés elkészültét követően lehet elkészíteni, erről külön vízépítési terv készült.

## 5. Beépítésre kerülő anyagok minőségi követelményei

Egyirányban teherviselő georács a támfal erősítéséhez (Tensar RE 560):

- szakítószilárdság: 93 kN/m
- 120 éves élettartamra vonatkozó szilárdság: 45,6 kN/m
- alapanyag: HDPE
- gyártástechnológia: lyukasztott, egy irányban húzott
- szakadó nyúlás: 11%

A szivárgó csövekhez alkalmazott geotextília (Geodren PEIT 150):

- felületi sűrűség: 150 g/m$^2$
- gyártástechnológia: nemszőtt
- felületre merőleges vízáteresztő képesség: 110 mm/s

Erózióvédelemhez alkalmazott juta szövet:

- felületi sűrűség: 240 g/m$^2$
- anyagösszetétel: 100% juta
- impregnált

TW1 betonelem:

- geometria 15x21x40 cm (± 2mm)
- betonminőség: C30/30-XC4

Vízelvezető folyókaelem (FO-2):

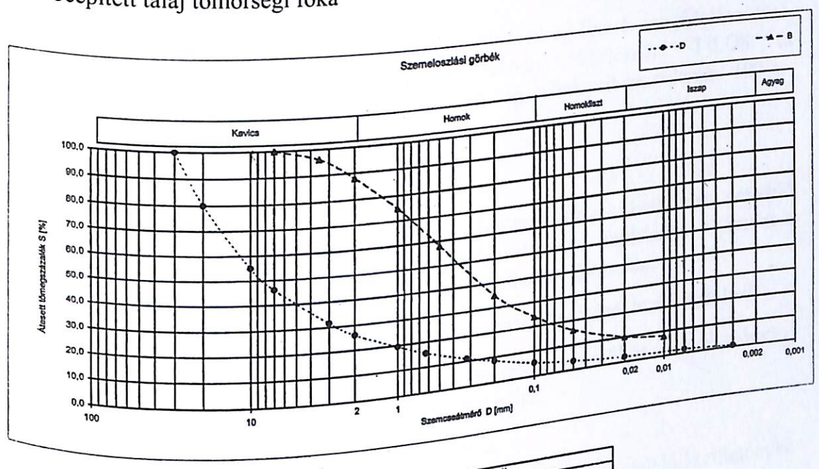
- geometria 50x40x12 cm
- betonminőség: C30/37-XC4, XV1 (H)

Talajcsere anyaga:

- megnevezés: homokos kavics
- törtszemcsés anyag tartalom: min. 30%
- agyag és iszap tartalom: max. 5-10%

Georáccsal erősített háttöltés anyaga:

- megnevezés: M1 minőségű anyag (homokos kavics)
- törtszemcsés anyag tartalom: min. 30%
- agyag és iszap tartalom: max. 7-8%
- belső súrlódási szög: ~34-38°
- vízáteresztő képesség: $1\text{-}5x10^{-1}\text{-}10^{-2}$ m/s
- beépítési víztartalom $w=w_{opt}\pm2\%$
- beépített talaj tömörségi foka $Tr\rho_{átl}=95\%$




| Építésre (javasolt) talajok szemeloszlási görbéi: | Töltés anyag ($T_1$) |
|---|---|
| határok | B |
| felső határ | D |
| alsó határ | |

4. *ábra: Beépítésre javasolt anyagok szemeloszlási határgörbéi*

Hátszivárgó szivárgótest anyaga: kavics

- megnevezés: 0-2%
- agyag és iszap tartalom: min. $10^{-4}$ m/s
- vízáteresztő képesség:

Alaptest: C25/30-XC2

- betonminőség: hosszvasalás: Ø16 mm,
- betonacél: kengyelezés: Ø12 mm, minőség: B500

Betonacélháló ás talajszeg: Ø20mm

- talajszeg: 100x100x10 mm
- hegesztett síkháló: B500
- minőség:

Ejtőakna:

- fedlap: rácsos öntöttvas fedlap
- felmenő vezeték: 315-ös KG-PVC
- kivezetés: 160-as KG-PVC

## 6. Munkavédelem

### 6.1. Figyelemfelhívás, megközelíthetőség

A támfal megközelítése illetéktelen személy által tilos. Ennek megfelelően tiltó, figyelmeztető táblákkal „A támfalon tartózkodni, közlekedni TILOS és ÉLETVESZÉLYES" az egyedi támfalak kezdő és végszelvényeiben, valamint 100 m-ként jelölni kell.

### 6.2. Általános előírások

A kiviteli munka folyamán be kell tartani a kiviteli terv Műszaki Leírásában szereplő munkavédelmi előírásokat és a Munkavédelmi Szabályzatban foglaltakat, valamint a különleges körülmények közötti munkavégzésre vonatkozó előírásokat.

A munkaterületen a munkagépek biztonságos mozgási lehetőségét biztosítani kell.

A munkaterületen munkavégzés közben az oda beosztott dolgozókon és az ellenőrzést, irányítást végző személyeken kívül más nem tartózkodhat.

Védősisak és láthatósági mellény viselése kötelező.

Az építés folyamán használt anyagokat, segédszerkezeteket megfelelő körülmények között, biztonságosan kell tárolni.

Éjszakai üzemeltetésnél gondoskodni kell a munkaterület minden oldalról történő árnyékmentes megvilágításáról.

### 6.3. Személyi feltételek

Az acélhálós felületű georáccsal erősített talajtámfal építése csak az erre a munkafolyamatra specializálódott szakkivitelező által végezhető.

Ittas dolgozót a munkaterületről azonnal el kell távolítani, ittasan munkába állni tilos! A munkaidő alatt és a munkaterületen szeszesital fogyasztása tilos!

Az építésvezetőnek a munka biztonságos elvégzéséhez szükséges létszámot és a szakmai, képesítési követelményeket meg kell adnia.

A munkásokat a munka megkezdése előtt ki kell oktatni a technológiáról és a munkavédelemről. Az új munkafolyamatban korábban nem dolgozott munkásokat a munka megkezdése előtt ki kell oktatni, és csak a megfelelő gyakorlat megszerzése után végezhetik önállóan a munkájukat.

A gépkezelők csak a megfelelő kezelői vizsga sikeres letételét követően működtethetik a munkagépeket, de csak elegendő gyakorlat megszerzése után végezhetik önállóan,

felügyelet nélkül a munkájukat. Daruzási munkáknál kioktatott irányító személyzetet kell biztosítani. Kötözést is csak kötözésre kioktatott személy végezhet.

A munkavédelmi előírások betartásáért és azok előírás szerinti ellenőrzéséért a művezető és az építésvezető a felelősek.

### 6.4. Védőeszközök

Az építési munkákat a dolgozók csak az előírt egyéni védőeszközök alkalmazásával végezhetik.

A nagy zajkibocsátású bedolgozó gépek kezelőit zaj elleni védelem egyéni védőeszközeivel (fülvédő) kell ellátni, és azt kötelesek használni a gép működése közben. A darabos anyagok rakodásánál, szállításánál és deponálásánál dolgozók védőkesztyűt használjanak. A betonnal dolgozó munkások részére gumikesztyűt, védőruhát, gumicsizmát kell kiadni, ha munkájuk során a betonnal közvetlen érintkezésbe kerülnek.

A támfalra való feljutás szabványos, biztonságos és rögzített létrával biztosítandó. A munkaterületen tartózkodó valamennyi munkás köteles sisakot viselni.

### 6.5. Előírások

1993. évi XCIII. törvényt a munkavédelemről,

a gépek Kezelési és Karbantartási Utasításainak munkavédelmi előírásait,

MSZ-04.900 "Munkavédelem. Építőipari munkák általános biztonságtechnikai követelményei" című szabványt,

az MSZ 17.305 "Munkavédelem. Anyagmozgatási munkák általános biztonsági követelményei" című szabványt,

MSZ 04.904 "Munkavédelem. Beton és vasbeton munkák biztonságtechnikai követelményei" című szabványt,

a 47/1999 (VIII.04) GM rendelet az Emelőgép Biztonsági Szabályzat kiadásáról,

a 4/2002 (II.20) SzCsM-EÜM együttes rendelet az építési munkahelyeken és az építési folyamatok során megvalósítandó minimális munkavédelmi követelményekről,

a 65/1999 EÜM rendelet a Munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről

## 7. Környezetvédelem

Az alkalmazott anyagok biztonsági adatlapjaiban előírtakat –különös tekintettel a környezetvédelmi fejezetre- maradéktalanul be kell tartani. Az összegyűjtött hulladékot (építési vagy akár a kommunális hulladékot is, stb.) lerakóhelyre kell szállítani.

Az építési hulladéknak ideiglenes szeméttároló területet kell kijelölni és rendszeresen el kell szállítani.

A gépeket a gépkönyvben megadott rendszerességgel felül kell vizsgálni. A gépek üzemelése közben az esetlegesen elfolyó üzemanyag, vagy kenőanyag földre kerülése esetén a szennyezett talajt el kell szállítani.

A földutakat rendszeresen locsolni kell, hogy az építési forgalom ne okozzon porfelhőt.

Az építkezéssel összefüggésben közlekedő járművek által a közutakra és egyéb közterületekre felhordott sárszennyeződést folyamatosan el kell távolítani.

Az alábbi jogszabályok betartandók:

1995.évi LIII. Törvény a környezet védelmének általános szabályairól

## 8. Tűzvédelem

A kivitelezés során a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvényben foglaltakat be kell tartani.

A munkaterületen min. 1 db porral oltó tűzoltó készüléket kell elhelyezni!

A tűzveszélyes munkák közben a dohányzás tilos!

Különös gondot kell fordítani a tűz és robbanásveszélyes, oldószertartalmú anyagok tárolására, szállítására és használatára, valamint a gázüzemű kézi lángpisztoly üzemeltetésére, 3 m/sec feletti szélsebességnél nem szabad használni.

Az egyes anyagokat a fémdobozokon, fémhordókon feltüntetett tűzveszélyességi osztályba sorolás szerint kell szállítani és tárolni.

A létesítményeket úgy kell elhelyezni, hogy tűz esetén a szomszédos létesítményeket ne veszélyeztesse, a veszélybe került személyek eltávozása, eltávolítása biztosítva legyen. Tűz esetén a tűzoltóegységek felvonulása és zavartalan működése biztosított legyen.

# MELLÉKLETEK

# SZÁMÍTÁSI MELLÉKLET

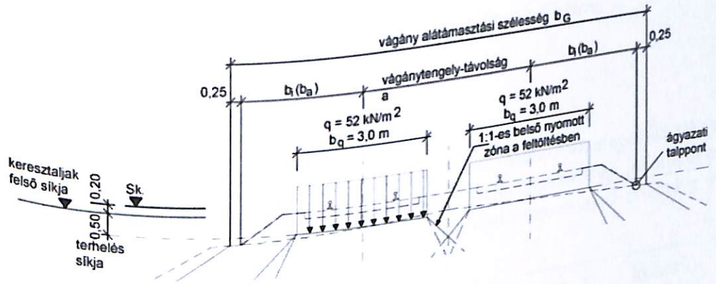
A számítás a GEO5 programcsomag MSF fal és Rézsűállékonyság moduljával készült. A program a rézsűállékonyság vizsgálatát az úgynevezett lamellás módszerrel végzi. A talajszegezés alkalmazásának meghatározásához a 218+00 - 218+40-es szelvényeket futtattam le. Az alkalmazandó „vasalások" megállapításához a számításokat a 217+50 - 218+40-es szelvényekben végeztem el.

A számításokat az építés különböző fázisaira is elvégeztem. Nem állt rendelkezésemre, hogy a kivitelezés idején lesz-e vonatforgalom a bal oldali vágányon, ezért a számításokat mindkét esetre elvégeztem.

- Földkiemelés vasúti forgalom nélkül
- Földkiemelés vasúti forgalom mellett (talajszegezéssel)
- Végleges állapot (megépült TW1 fal)
- TW1 fal ellenőrzése

## 1. Vasúti teher felvétele

A „D.11 műszaki útmutató" alapján a földműre jutó függőleges, a vágánytengelyre merőlegesen megoszló helyettesítő terhet az alábbi ábra mutatja. Az 52 kN/m$^2$ nagyságú terhet az alépítmény koronasíkján 3m szélességgel és korlátlan hosszal kell figyelembe venni a geotechnikai ellenőrzésekhez, a sínkorona szint alatt 70 cm-rel.




A vasúti járművek függőleges irányú dinamikus terhelését a vasúti statikus kerékteher és a sebességi tényező szorzata határozza meg.

$$Q_{din} = \beta \cdot Q_{stat}$$

ahol:

$\beta$ – sebességi szorzó

$Q_{stat}$ – függőleges irányú statikus kerékteher

*Zimmermann-Eisenmann* féle elmélet a kísérleti eredményekre alapozva, a következő összefüggés határozza meg a dinamikus terhet:

$$Q_{din} = \beta \cdot Q_{stat} = (1 + t \cdot s) \cdot Q_{stat}$$

ahol:

t – a megkívánt valószínűségtől függő tényező

t=1 → 0,683 valószínűségnél

**t=2 → 0,955 valószínűségnél**

t=3 → 0,997 valószínűségnél

s = (α · φ) az igénybevételek középértékére vonatkoztatott szórás

α – a pálya állapotától függő tényező (jó üzemi állapotot feltételezve α = 0,2)

α =0,1 → kiváló (építési állapot)

**α =0,2 → jó (üzemi állapot)**

α =0,3 → rossz (fenntartási határállapot)

φ – a jármű sebességétől függő tényező

$$\varphi = 1 + \frac{v - 60}{140}$$

v=120km/h → φ=1,43

v=60km/h → φ=1

$\beta = (1 + t \cdot s) = 1 + 2 \cdot 0{,}2 \cdot 1{,}43 = 1{,}6 \Rightarrow Q_{din,120}$=1,6·52=83,2 kN/m

$\beta = (1 + t \cdot s) = 1 + 2 \cdot 0{,}2 \cdot 1 = 1{,}4 \Rightarrow Q_{din,60}$=1,4·52=72,8 kN/m

## 2. Alapozás alatti talaj talajtörési ellenállása

Az alapozási síkon a talajtörési ellenállás meghatározásához az alapozási síkon és az alatt feltárt talajokra az alábbi mértékadó állapothoz tartozó szilárdsági jellemzőket, mint karakterisztikus tervezési értékek számításához kiinduló tapasztalati értékeket kaptam meg:

| megnevezés | nedves térfogatsúly [kN/m$^2$] | belső súrlódási szög [°] | kohézió [kPa] |
|---|---|---|---|
| sovány agyag | 19 | 18 | 30 |

Az alapozási sík alatti talajok átlagos összenyomódási modulusa Es=10 MPa.

MSZ EN 1997-1:2006 szabvány szerint a törőfeszültség karakterisztikus érétke az alábbi képlet segítségével határozható meg:

$$\sigma_T = R_k = s_\gamma \cdot 0{,}5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma + s_q \cdot q \cdot N_q \cdot i_q \cdot b_q + s_c \cdot c' \cdot N_c \cdot i_c \cdot b_c$$

ahol: $(s_i = 1)$ $(i_i = 1)$

$s_\gamma, s_q, s_c$ – alaki tényezők

$i_\gamma, i_q, i_c$ – az erő ferdeségét figyelembe vévő tényezők

$b_\gamma, b_q, b_c$ – az alapsík ferdeségét figyelembe vévő tényezők $(b_i = 1)$

$B'$ – az alap kisebbik vízszintes mérete [m] $(B' = 0{,}5\ \text{m})$

$q$ – hatékony takarási feszültség [kN/m$^2$] $(q = 9{,}5\ \text{kN/m}^3)$

$\gamma'$ – az alap alatti talaj térfogatsúlya [kN/m$^3$] $(\gamma' = 10{,}0\ \text{kN/m}^3)$

$c'$ – az alap alatti talaj kohéziójának karakt. értéke [kN/m$^2$] $(c' = 24\ \text{kN/m}^2)$

$\varphi_k$ – az alap alatti talaj súrlódási szögének karakt. értéke [°] $\varphi_k = 17{,}1^\circ$

$N_\gamma, N_q, N_c$
– az alap alatti talaj súrlódási szögétől függő teherbírási tényezők

$$N_q = e^{\pi \cdot tg17{,}1} \cdot tg^2\left(45 + \frac{17{,}1}{2}\right) = 4{,}82$$

$$N_\gamma = (N_q - 1)tg17{,}1 = 1{,}17$$

$$N_c = (N_q - 1)ctg17{,}1 = 12{,}41$$

$$\sigma_T = R_k = 0{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}17 + 9{,}5 \cdot 4{,}82 + 24 \cdot 12{,}41 = 350\ \text{kN/m}^2$$

A talajtörési ellenállás tervezési értéke ($R_d$) a talajtörési ellenállás karakterisztikus értékéből ($R_k$) parciális tényező ($\gamma_R$) segítségével határozható meg.

$$R_d = R_k/\gamma_R = 350/1{,}4 = \mathbf{250\ kN/m^2}$$

## 3. Talajszegek teherbírása

A talajszegeket mint megerősítések lehet modellezni a GEO5 programban. A feltárt talajfizikai paraméterek mellett, a rézsű egyébként állékony lenne, csak a vasúti forgalomból adódó teher veszélyezteti az állékonyságot, ezért csak az alsó szakaszon szükséges a szegezés, fölötte állékony marad a lépcsős kiszedés is. A földkiemelést modellezve a 218+00-ás és a 218+70-es keresztszelvényekben már a vasúti forgalom mellett is megvan a kellő biztonság, ezért ott már nem szükséges a talajszegezés alkalmazása.

A modell bemenő paraméterei:
Raszter:

- 1,5m vízszintesen
- 1,2m függőlegesen

Alkalmazott szeg:

- 8m-es fúrt, injektált talajszegek: 20mm-es betonacél, 90mm-es furat – alsó két, illetve négy sorban

### 3.1. Kihúzódási ellenállás

Köppeny menti ellenállás: 60kPa

$Tp = 0{,}09m \cdot 3{,}14 \cdot 60kN/m^2/1{,}5m = 11{,}3\ kN/m^2$

Biztonsági tényező: 1,2

$Tp = 11{,}3\ kN/m^2/1{,}2 = 9{,}42\ kN/m^2$

### 3.2. Szegek teherbírása (szakítószilárdság)

$Rt = 0{,}02m^2 \cdot 3{,}14/4 \cdot 4350000 = 136{,}6kN/1{,}5 = 91{,}07\ kN/m$

## 4. Beviteli adatok

### 4.1. A rézsűállékonyság során alkalmazott parciális tényezők

| Hatások (A) parciális tényezői | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tartós tervezési állapot | | | |
| | | STR állapot | | GEO állapot | |
| | | Kedvezőtlen | Kedvező | Kedvezőtlen | Kedvező |
| Állandó hatások : | $\gamma_G$ = | 1,35 [–] | 1,00 [–] | 1,00 [–] | 1,00 [–] |
| Esetleges hatások : | $\gamma_Q$ = | 1,50 [–] | 0,00 [–] | 1,30 [–] | 0,00 [–] |
| Vízből adódó teher : | $\gamma_w$ = | | | 1,00 [–] | |

| Talajparaméterek (M) parciális tényezői | | |
|---|---|---|
| | Tartós tervezési állapot | |
| Belső surlódás parciális tényezője : | $\gamma_\phi$ = | 1,35 [–] |
| Hatékony kohézió parciális tényezője : | $\gamma_c$ = | 1,35 [–] |
| Drénezetlen nyírószilárdság parciális tényezője : | $\gamma_{cu}$ = | 1,50 [–] |

### 4.2. A fal méretezésénél alkalmazott parciális tényezők

| Hatások (A) parciális tényezői | | | |
|---|---|---|---|
| | Tartós tervezési állapot | | |
| | | Kedvezőtlen | Kedvező |
| Állandó hatások : | $\gamma_G$ = | 1,35 [–] | 1,00 [–] |
| Esetleges hatások : | $\gamma_Q$ = | 1,50 [–] | 0,00 [–] |
| Vízből adódó teher : | $\gamma_w$ = | 1,35 [–] | |

| Ellenállások (R) parciális tényezői | | |
|---|---|---|
| | Tartós tervezési állapot | |
| Borulás parciális tényezője : | $\gamma_{Re}$ = | 1,40 [–] |
| Elcsúszási ellenállás parciális tényezője : | $\gamma_{Rh}$ = | 1,10 [–] |
| Teherbírás parciális tényezője : | $\gamma_{Rv}$ = | 1,40 [–] |

| Esetleges hatások parciális tényezői | | |
|---|---|---|
| | Tartós tervezési állapot | |
| Kombinációs tényező értéke : | $\psi_0$ = | 0,70 [–] |
| Gyakori érték tényező : | $\psi_1$ = | 0,50 [–] |
| Kvázi-állandó érték tényező : | $\psi_2$ = | 0,30 [–] |

| Hatások (A) parciális tényezői | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tartós tervezési állapot | | | |
| | | STR állapot | | GEO állapot | |
| | | Kedvezőtlen | Kedvező | Kedvezőtlen | Kedvező |
| Állandó hatások : | $\gamma_G$ = | 1,35 [–] | 1,00 [–] | 1,00 [–] | 1,00 [–] |
| Esetleges hatások : | $\gamma_Q$ = | 1,50 [–] | 0,00 [–] | 1,30 [–] | 0,00 [–] |

| Hatások (A) parciális tényezői | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Tartós tervezési állapot | | | |
| Vízből adódó teher : | $\gamma_w$ = | | | 1,00 [–] | |

| Talajparaméterek (M) parciális tényezői | | |
|---|---|---|
| | Tartós tervezési állapot | |
| Belső surlódás parciális tényezője : | $\gamma_\phi$ = | 1,35 [–] |
| Hatékony kohézió parciális tényezője : | $\gamma_c$ = | 1,35 [–] |
| Drénezetlen nyírószilárdság parciális tényezője : | $\gamma_{cu}$ = | 1,50 [–] |

## 4.3. A rézsűállékonyság vizsgálatánál és a fal méretezésénél alkalmazott talajparaméterek

| Sz. | Név | Mintázat | $\varphi_{ef}$ [°] | $c_{ef}$ [kPa] | $\gamma$ [kN/m³] | $\gamma_{sat}$ [kN/m³] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Iszapos homok | | 28,00 | 0,00 | 18,00 | 21,0 |
| 2 | Sovány agyag | | 18,00 | 30,00 | 19,00 | 21,0 |
| 3 | Eredeti töltésanyag | | 20,00 | 35,00 | 18,00 | 20,0 |
| 4 | Háttöltés | | 34,00 | 0,00 | 19,00 | 21,0 |
| 5 | Vasúti ágyazat | | 40,00 | 0,00 | 21,00 | 21,0 |

## 4.4. Vasalás típusa

| Sz. | Név | Vasalás típusa | Vonaltípus | Vasalás teherbírása | | Tényező | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $T_{ult}$[kN/m] | $R_t$[kN/m] | $C_{ds}$[–] | $C_i$[–] |
| 1 | Tensar RE560 | Tensar RE560 | ——— | 88,70 | 26,32 | 0,90 | 0,90 |

### 4.4.1. Vasalás részletei:

Vasalás típusa: Tensar RE560

- Rövid távú karakterisztikus teherbírás $T_{ult} = 88{,}70$ kN/m
- Hosszú távú tervezési teherbírás $R_t = 26{,}32$ kN/m
- Modell bizonytalanságának általános tény. $FS_{UNC} = 1{,}50$

Csökkentő tényező számítása

| | |
|---|---|
| – Élettartam | 120 év |
| – Kúszás csökkentő tény. | $RF_{CR} = 2{,}10$ |
| – Kémia | $pH = 4 - 12{,}5$ |
| – Tartósság csökkentő tény. | $RF_D = 1$ |
| – Szemcse méret | $< 37{,}5$ |
| – Beépítési sérülés csökkentő tény. | $RF_{ID} = 1{,}07$ |

**4.5. Blokk anyaga**

Blokk típusa: TW1

| | |
|---|---|
| – Fajsúly | $\gamma = 23{,}00\ kN/m^3$ |
| – Kohézió | $c = 0\ kPa$ |
| – Súrlódás | $f = 0{,}533$ |
| – Csomópont nyírási teherbírása | $R_s = 8\ kN/m$ |

# GEO5 EREDMÉNYKIMUTATÁS

# Rézsűállékonyság számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Rézsűállékonyság vizsgálata a 218+00 szelvényben
Dátum : 2016.03.17.

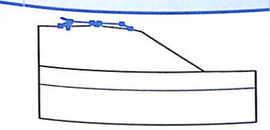
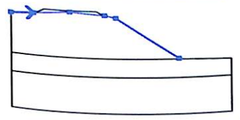
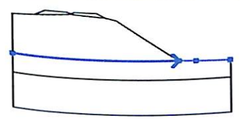
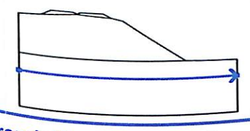
### Beállítások

Magyarország - EN 1997

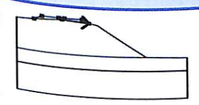
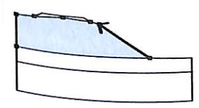
### Stabilitás vizsgálat

Földrengés számítás : Szabványos
Ellenőrzési módszer : EN 1997 szerint
Tervezési módszer : 3 - hatások (GEO, STR) és talajparaméterek csökkentése

### Felület

| Sz. | Felület helye | Felület pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 3,12 | 110,30 | 4,50 | 111,03 | 7,49 | 111,00 |
| | | 8,11 | 110,80 | 8,45 | 111,01 | 11,57 | 111,01 |
| | | 12,74 | 110,41 | | | | |
| 2 |  | 0,00 | 110,05 | 3,12 | 110,30 | 8,02 | 110,74 |
| | | 12,74 | 110,41 | 14,24 | 110,07 | 22,79 | 104,43 |
| 3 |  | 0,00 | 104,43 | 22,79 | 104,43 | 25,17 | 104,35 |
| | | 30,00 | 104,21 | | | | |
| 4 |  | 0,00 | 101,84 | 30,00 | 101,84 | | |

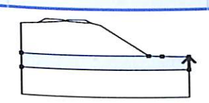
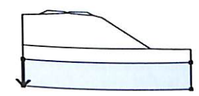
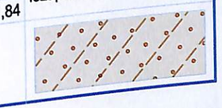
### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 8,02 | 110,74 | 12,74 | 110,41 | Vasúti ágyazat |
| | | 11,57 | 111,01 | 8,45 | 111,00 | |
| | | 8,11 | 110,80 | 7,49 | 110,30 | |
| | | 4,50 | 111,03 | 3,12 | 110,07 | Eredeti töltésanyag |
| 2 |  | 22,79 | 104,43 | 14,24 | 110,74 | |
| | | 12,74 | 110,41 | 8,02 | 110,05 | |
| | | 3,12 | 110,30 | 0,00 | | |
| | | 0,00 | 104,43 | | | |



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 |  | 30,00 | 101,84 | 30,00 | 104,21 | Sovány agyag |
| | | 25,17 | 104,35 | 22,79 | 104,43 | |
| | | 0,00 | 104,43 | 0,00 | 101,84 | |
| 4 |  | 0,00 | 101,84 | 0,00 | 96,84 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 96,84 | 30,00 | 101,84 |  |

## Teher

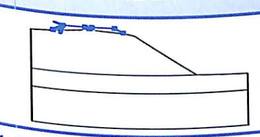
| Sz. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | sávos | esetleges | z = 110,57 | x = 8,51 | l = 3,00 | | 0,00 | 83,20 | | kN/m$^2$ |

## Terhek

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Víz

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

## Felszíni repedés

Felszíni repedés nincs megadva.

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

# Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

## Számítás 1 (fázis 1)

**Körívés csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 19,06 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -67,08 [°] |
| | z = | 115,47 [m] | | $\alpha_2$ = | 18,76 [°] |
| Sugár : | R = | 11,66 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után.

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

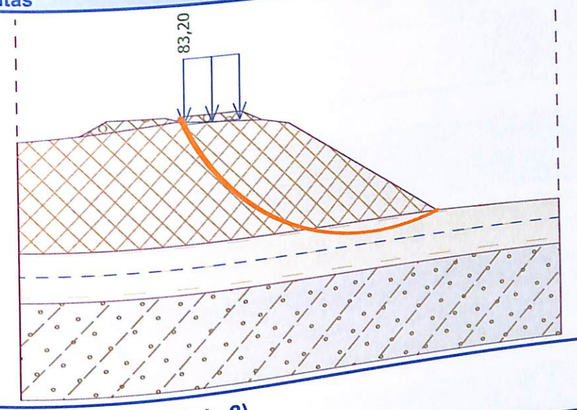
Aktív erők összege : $F_a$ = 601,79 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 744,56 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 7016,90 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 8681,59 kNm/m
Kihasználtság : 80,8 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

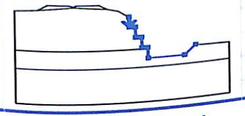
Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Számítás

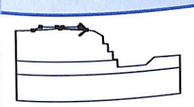
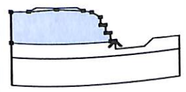



## Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

### Bevágás

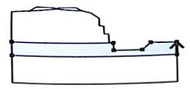
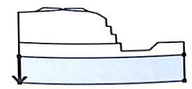
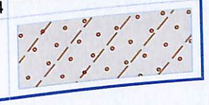
| Sz. | Bevágás helye | Bevágás pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 15,77 | 109,10 | 15,83 | 107,63 | 16,63 | 107,60 |
| | | 16,69 | 106,10 | 17,49 | 106,07 | 17,55 | 104,57 |
| | | 18,35 | 104,54 | 18,41 | 103,04 | 23,59 | 103,04 |
| | | 25,17 | 104,35 | | | | |

### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 8,02 | 110,74 | 12,74 | 110,41 | Vasúti ágyazat |
| | | 11,57 | 111,01 | 8,45 | 111,01 | |
| | | 8,11 | 110,80 | 7,49 | 111,00 | |
| | | 4,50 | 111,03 | 3,12 | 110,30 | |
| 2 |  | 18,35 | 104,43 | 18,35 | 104,54 | Eredeti töltésanyag |
| | | 17,55 | 104,57 | 17,49 | 106,07 | |
| | | 16,69 | 106,10 | 16,63 | 107,60 | |
| | | 15,83 | 107,63 | 15,77 | 109,06 | |
| | | 14,24 | 110,07 | 12,74 | 110,41 | |
| | | 8,02 | 110,74 | 3,12 | 110,30 | |
| | | 0,00 | 110,05 | 0,00 | 104,43 | |



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 |  | 30,00 | 101,84 | 30,00 | 104,21 | Sovány agyag |
| | | 25,17 | 104,35 | 23,59 | 103,04 | |
| | | 18,41 | 103,04 | 18,35 | 104,43 | |
| | | 0,00 | 104,43 | 0,00 | 101,84 | |
| 4 |  | 0,00 | 101,84 | 0,00 | 96,84 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 96,84 | 30,00 | 101,84 |  |

## Teher

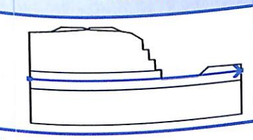
| Sz. | Teher Új | Teher vált. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | sávos | esetleges | z = 110,64 | x = 4,52 | l = 3,00 | | 0,00 | 72,80 | | kN/m$^2$ |

## Terhek

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Víz

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

## Felszíni repedés

Felszíni repedés nincs megadva.

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : ideiglenes

# Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

## Számítás 1 (fázis 2)

**Körívés csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 16,84 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -76,98 [°] |
| | z = | 113,86 [m] | | $\alpha_2$ = | 31,94 [°] |
| Sugár : | R = | 12,75 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után. !

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )** !



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

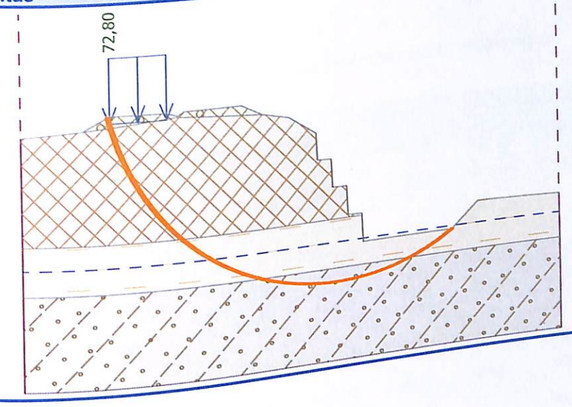
Aktív erők összege : $F_a$ = 879,72 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 919,65 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 11216,38 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 11725,49 kNm/m
Kihasználtság : 95,7 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Fázis - számítás : 2 - 1

Név : Számítás






[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

# Rézsűállékonyság számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Rézsüállékonyság vizsgálata a 218+30 szelvényben
Dátum : 2016.03.17.

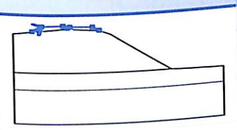
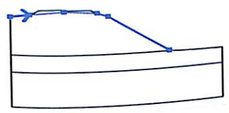
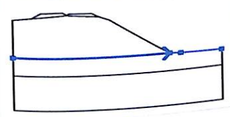
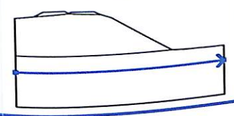
### Beállítások

Magyarország - EN 1997

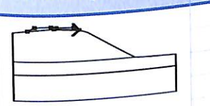
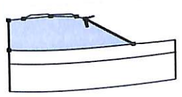
### Stabilitás vizsgálat

Földrengés számítás : Szabványos
Ellenőrzési módszer : EN 1997 szerint
Tervezési módszer : 3 - hatások (GEO, STR) és talajparaméterek csökkentése

### Felület

| Sz. | Felület helye | Felület pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 2,67 | 110,47 | 3,97 | 111,17 | 6,98 | 111,28 |
| | | 7,62 | 110,99 | 7,96 | 111,15 | 11,14 | 111,11 |
| | | 12,09 | 110,62 | | | | |
| 2 |  | 0,00 | 110,11 | 2,67 | 110,47 | 7,47 | 110,90 |
| | | 12,09 | 110,62 | 13,63 | 110,09 | 22,32 | 104,62 |
| 3 |  | 0,00 | 104,62 | 22,32 | 104,62 | 23,93 | 104,53 |
| | | 30,00 | 104,38 | | | | |
| 4 |  | 0,00 | 102,13 | 30,00 | 102,13 | | |

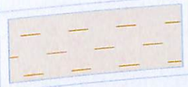
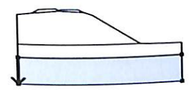
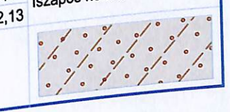
### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín poziciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,47 | 110,90 | 12,09 | 110,62 | Vasúti ágyazat |
| | | 11,14 | 111,11 | 7,96 | 111,15 | |
| | | 7,62 | 110,99 | 6,98 | 111,28 | |
| | | 3,97 | 111,17 | 2,67 | 110,47 | |
| 2 |  | 22,32 | 104,62 | 13,63 | 110,09 | Eredeti töltésanyag |
| | | 12,09 | 110,62 | 7,47 | 110,90 | |
| | | 2,67 | 110,47 | 0,00 | 110,11 | |
| | | 0,00 | 104,62 | | | |



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsüállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 | | 30,00 | 102,13 | 30,00 | 104,38 | Sovány agyag |
| | | 23,93 | 104,53 | 22,32 | 104,62 |  |
| | | 0,00 | 104,62 | 0,00 | 102,13 | |
| 4 |  | 0,00 | 102,13 | 0,00 | 97,13 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 97,13 | 30,00 | 102,13 |  |

## Teher

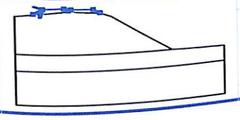
| Sz. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | sávos | esetleges | z = 110,75 | x = 7,96 | l = 3,00 | | 0,00 | 83,20 | | kN/m² |

## Terhek

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Viz

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

## Felszíni repedés

Felszíni repedés nincs megadva.

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

# Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

## Számítás 1 (fázis 1)

**Körives csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 18,73 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -65,48 [°] |
| | z = | 116,06 [m] | | $\alpha_2$ = | 17,80 [°] |
| Sugár : | R = | 12,02 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után.

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )** !



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

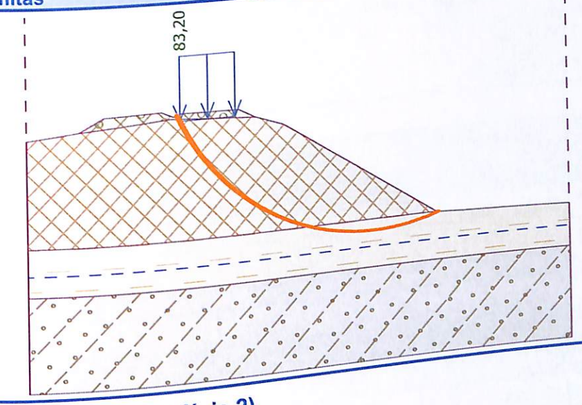
Aktív erők összege : $F_a$ = 589,71 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 735,65 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 7088,34 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 8842,51 kNm/m
Kihasználtság : 80,2 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

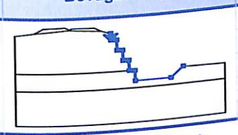
Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Számítás

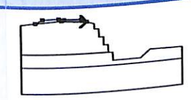
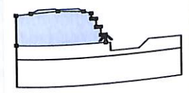



## Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

### Bevágás

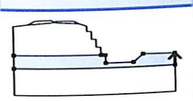
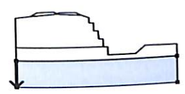
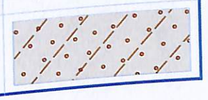
| Sz. | Bevágás helye | Bevágás pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 13,47 | 110,16 | 13,51 | 109,17 | 14,31 | 109,13 |
| | | 14,37 | 107,63 | 15,16 | 107,60 | 15,22 | 106,10 |
| | | 16,02 | 106,07 | 16,08 | 104,57 | 16,88 | 104,54 |
| | | 16,94 | 103,04 | 22,12 | 103,04 | 23,93 | 104,53 |

### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,47 | 110,90 | 12,09 | 110,62 | Vasúti ágyazat |
| | | 11,14 | 111,11 | 7,96 | 111,15 | |
| | | 7,62 | 110,99 | 6,98 | 111,28 | |
| | | 3,97 | 111,17 | 2,67 | 110,47 | |
| 2 |  | 16,08 | 104,62 | 16,02 | 106,07 | Eredeti töltésanyag |
| | | 15,22 | 106,10 | 15,16 | 107,60 | |
| | | 14,37 | 107,63 | 14,31 | 109,13 | |
| | | 13,51 | 109,17 | 13,47 | 110,16 | |
| | | 12,09 | 110,62 | 7,47 | 110,90 | |
| | | 2,67 | 110,47 | 0,00 | 110,11 | |
| | | 0,00 | 104,62 | | | |



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE YbI Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 |  | 30,00 | 102,13 | 30,00 | 104,38 | Sovány agyag |
| | | 23,93 | 104,53 | 22,12 | 103,04 | |
| | | 16,94 | 103,04 | 16,88 | 104,54 | |
| | | 16,08 | 104,57 | 16,08 | 104,62 | |
| | | 0,00 | 104,62 | 0,00 | 102,13 | |
| 4 |  | 0,00 | 102,13 | 0,00 | 97,13 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 97,13 | 30,00 | 102,13 |  |

## Megerős.

| Sz. | Megerősítés Új | Pont balra x [m] | Pont balra z [m] | Pont jobbra x [m] | Pont jobbra z [m] | Hossz L [m] | Szilárdság $R_t$ [kN/m] | Kihúzódási ell. | Vége mege. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | 9,20 | 101,47 | 16,93 | 103,54 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |
| 2 | Igen | 8,35 | 102,67 | 16,08 | 104,74 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |

## Teher

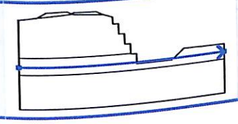
| Sz. | Teher Új | Teher vált. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | sávos | esetleges | z = 110,82 | x = 3,97 | l = 3,00 | | 0,00 | 72,80 | | kN/m² |

## Terhek

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Víz

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

## Felszíni repedés

Felszíni repedés nincs megadva.

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : ideiglenes

# Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

## Számítás 1 (fázis 2)

**Köríves csúszólap**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 15,47 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -82,57 [°] |
| | z = | 112,64 [m] | | $\alpha_2$ = | 34,65 [°] |
| Sugár : | R = | 11,67 [m] | | | |
| Csúszólap az optimalizálás után. | | | | | |

**Erők a megerősítésben**

| Megerősítés | Erő [kN/m] |
|---|---|
| 1 | 16,40 |
| 2 | 7,35 |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

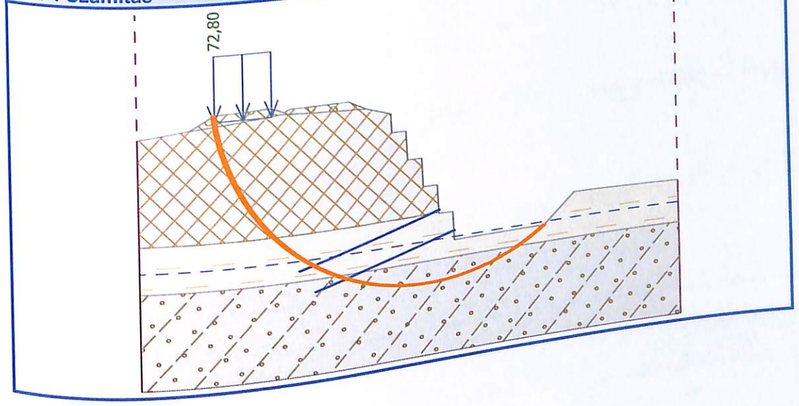
Aktív erők összege : $F_a$ = 890,35 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 893,01 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 10390,33 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 10421,38 kNm/m
Kihasználtság : 99,7 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Fázis - számítás : 2 - 1

Név : Számítás






[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

# Rézsűállékonyság számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Rézsűállékonyság számítása a 218+40 szelvényben
Dátum : 2016.03.17.

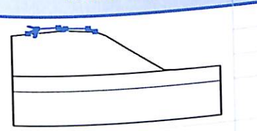
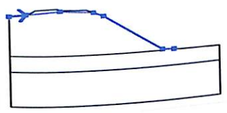
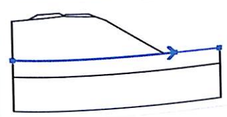
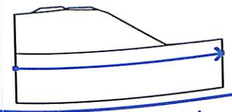
### Beállítások

Magyarország - EN 1997

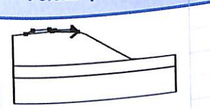
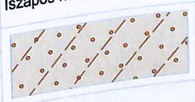
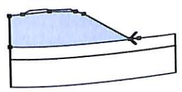
### Stabilitás vizsgálat

Földrengés számítás : Szabványos
Ellenőrzési módszer : EN 1997 szerint
Tervezési módszer : 3 - hatások (GEO, STR) és talajparaméterek csökkentése

### Felület

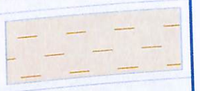
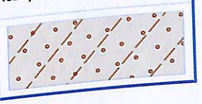
| Sz. | Felület helye | Felület pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 2,37 | 110,52 | 3,65 | 111,22 | 6,67 | 111,38 |
| | | 7,32 | 111,06 | 7,65 | 111,20 | 10,86 | 111,14 |
| | | 11,84 | 110,67 | | | | |
| 2 |  | 0,00 | 110,22 | 2,37 | 110,52 | 7,14 | 110,97 |
| | | 11,84 | 110,67 | 13,29 | 110,09 | 21,64 | 104,61 |
| | | 23,30 | 104,50 | | | | |
| 3 |  | 0,00 | 104,50 | 23,30 | 104,50 | 30,00 | 104,40 |
| 4 |  | 0,00 | 102,22 | 30,00 | 102,22 | | |

### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,14 | 110,97 | 11,84 | 110,67 | Iszapos homok  |
| | | 10,86 | 111,14 | 7,65 | 111,20 | |
| | | 7,32 | 111,06 | 6,67 | 111,38 | |
| | | 3,65 | 111,22 | 2,37 | 110,52 | |
| 2 |  | 23,30 | 104,50 | 21,64 | 104,61 | Eredeti töltésanyag |
| | | 13,29 | 110,09 | 11,84 | 110,67 | |
| | | 7,14 | 110,97 | 2,37 | 110,52 | |
| | | 0,00 | 110,22 | 0,00 | 104,50 | |



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín poziciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 | | 30,00 | 102,22 | 30,00 | 104,40 | Sovány agyag |
| | | 23,30 | 104,50 | 0,00 | 104,50 |  |
| | | 0,00 | 102,22 | | | |
| 4 | | 0,00 | 102,22 | 0,00 | 97,22 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 97,22 | 30,00 | 102,22 |  |

**Teher**

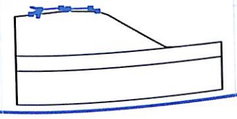
| Sz. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | sávos | esetleges | z = 110,88 | x = 7,64 | l = 3,00 | | 0,00 | 83,20 | | kN/m² |

**Terhek**

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

**Víz**

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

**Felszíni repedés**

Felszíni repedés nincs megadva.

**Földrengés**

Földrengést nem tartalmazza

**Kivitelezési fázis beállításai**

Tervezési állapot : állandó

## Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

**Számítás 1 (fázis 1)**

**Körives csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 18,15 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -68,32 [°] |
| | z = | 115,37 [m] | | $\alpha_2$ = | 19,53 [°] |
| Sugár : | R = | 11,44 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után.

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

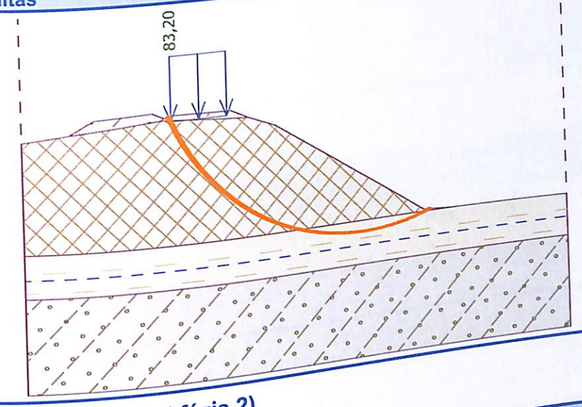
Aktív erők összege : $F_a$ = 602,01 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 740,39 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 6887,03 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 8470,07 kNm/m
Kihasználtság : 81,3 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

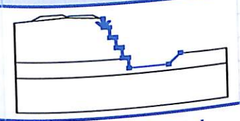
Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Számítás

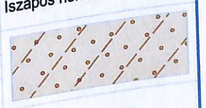
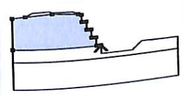



## Adatbevitel (Kivitelezési fázis 2)

### Bevágás

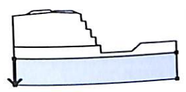
| Sz. | Bevágás helye | Bevágás pontjainak koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 12,39 | 110,45 | 12,44 | 109,17 | 13,24 | 109,13 |
| | | 13,30 | 107,63 | 14,10 | 107,60 | 14,16 | 106,10 |
| | | 14,96 | 106,07 | 15,02 | 104,57 | 15,82 | 104,54 |
| | | 15,88 | 103,04 | 21,56 | 103,04 | 23,30 | 104,50 |

### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín poziciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 | | 7,14 | 110,97 | 11,84 | 110,67 | Iszapos homok  |
| | | 10,86 | 111,14 | 7,65 | 111,20 | |
| | | 7,32 | 111,06 | 6,67 | 111,38 | |
| | | 3,65 | 111,22 | 2,37 | 110,52 | |
| 2 |  | 15,82 | 104,50 | 15,82 | 104,54 | Eredeti töltésanyag |
| | | 15,02 | 104,57 | 14,96 | 106,07 | |
| | | 14,16 | 106,10 | 14,10 | 107,60 | |
| | | 13,30 | 107,63 | 13,24 | 109,13 | |
| | | 12,44 | 109,17 | 12,39 | 110,45 | |
| | | 11,84 | 110,67 | 7,14 | 110,97 | |
| | | 2,37 | 110,52 | 0,00 | 110,22 | |
| | | 0,00 | 104,50 | | | |

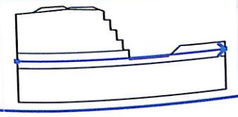


[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 3 | | 30,00 | 102,22 | 30,00 | 104,40 | Sovány agyag |
| | | 23,30 | 104,50 | 21,56 | 103,04 | |
| | | 15,88 | 103,04 | 15,82 | 104,50 | |
| | | 0,00 | 104,50 | 0,00 | 102,22 | |
| 4 |  | 0,00 | 102,22 | 0,00 | 97,22 | Iszapos homok |
| | | 30,00 | 97,22 | 30,00 | 102,22 | |

**Víz**

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | x | z |
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

**Felszíni repedés**

Felszíni repedés nincs megadva.

**Földrengés**

Földrengést nem tartalmazza

**Kivitelezési fázis beállításai**

Tervezési állapot : állandó

## Eredmények (Kivitelezési fázis 2)

**Számítás 1 (fázis 2)**

**Körives csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 17,41 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -87,11 [°] |
| | z = | 111,62 [m] | | $\alpha_2$ = | -10,12 [°] |
| Sugár : | R = | 8,71 [m] | | | |
| Csúszólap az optimalizálás után. | | | | | |

**Rézsüállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

Aktív erők összege : $F_a$ = 301,92 kN/m

Passzív erők összege : $F_p$ = 357,53 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 2629,73 kNm/m

Ellennyomaték : $M_p$ = 3114,09 kNm/m

Kihasználtság : 84,4 %

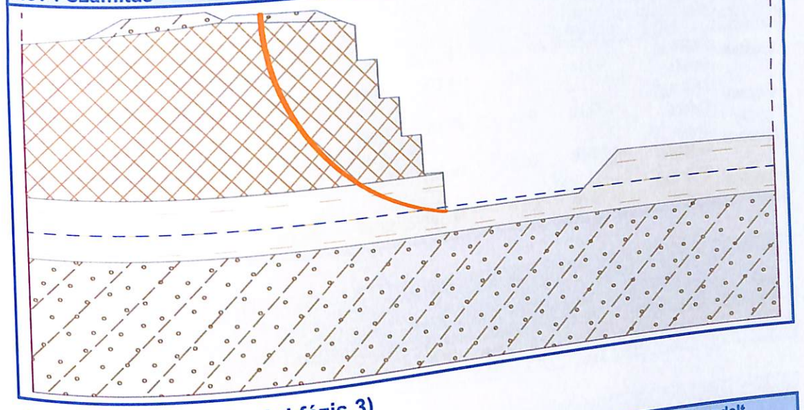
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



[GEO5 - Rézsüállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

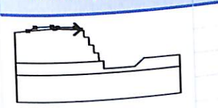
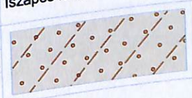
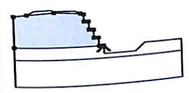
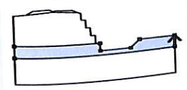
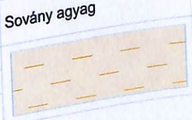
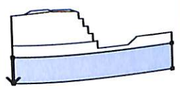
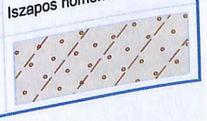
Fázis - számítás : 2 - 1

Név : Számítás



## Adatbevitel (Kivitelezési fázis 3)

### Hozzárendelések és felületek

| Sz. | Felszín pozíciója | Felszín pontjainak koordinátái [m] | | | | Hozzárendelt talaj |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | x | z | x | z | |
| 1 |  | 7,14 | 110,97 | 11,84 | 110,67 | Iszapos homok |
| | | 10,86 | 111,14 | 7,65 | 111,20 |  |
| | | 7,32 | 111,06 | 6,67 | 111,38 | |
| | | 3,65 | 111,22 | 2,37 | 110,52 | |
| | | 15,82 | 104,50 | 15,82 | 104,54 | Eredeti töltésanyag |
| 2 |  | 15,02 | 104,57 | 14,96 | 106,07 | |
| | | 14,16 | 106,10 | 14,10 | 107,60 | |
| | | 13,30 | 107,63 | 13,24 | 109,13 | |
| | | 12,44 | 109,17 | 12,39 | 110,45 | |
| | | 11,84 | 110,67 | 7,14 | 110,97 | |
| | | 2,37 | 110,52 | 0,00 | 110,22 | |
| | | 0,00 | 104,50 | | | |
| | | 30,00 | 102,22 | 30,00 | 104,40 | Sovány agyag |
| 3 |  | 23,30 | 104,50 | 21,56 | 103,04 |  |
| | | 15,88 | 103,04 | 15,82 | 104,50 | |
| | | 0,00 | 104,50 | 0,00 | 102,22 | |
| | | 0,00 | 102,22 | 0,00 | 97,22 | Iszapos homok |
| 4 |  | 30,00 | 97,22 | 30,00 | 102,22 |  |



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

## Megerős.

| Sz. | Megerősítés Új | Pont balra x [m] | Pont balra z [m] | Pont jobbra x [m] | Pont jobbra z [m] | Hossz L [m] | Szilárdság $R_t$ [kN/m] | Kihúzódási ell. | Vége mege. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | 8,13 | 101,47 | 15,86 | 103,54 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |
| 2 | Igen | 7,28 | 102,67 | 15,01 | 104,74 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |
| 3 | Igen | 7,24 | 103,87 | 14,97 | 105,94 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |
| 4 | Igen | 6,39 | 105,07 | 14,12 | 107,14 | 8,00 | 91,07 | $T_p$ = 9,42 kN/m² | Befogott |

## Teher

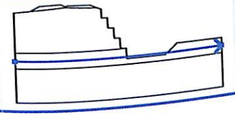
| Sz. | Teher Új | Teher vált. | Típus | Erőhatás típusa | Hely z [m] | Origó x [m] | Hossz l [m] | Szél. b [m] | Lejtés α [°] | Intenzitás q, $q_1$, f, F | Intenzitás $q_2$ | Intenzitás egység |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | sávos | esetleges | z = 110,80 | x = 3,63 | l = 3,00 | | 0,00 | 72,80 | | kN/m² |

## Terhek

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Víz

Víz típusa : TVSZ

| Sz. | TVSZ elh. | TVSZ pontok koordinátái [m] x | z | x | z | x | z |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 |  | 0,00 | 103,20 | 30,00 | 103,20 | | |

## Felszíni repedés

Felszíni repedés nincs megadva.

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Eredmények (Kivitelezési fázis 3)

### Számítás 1 (fázis 3)

**Körives csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 15,18 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -81,08 [°] |
| | z = | 112,98 [m] | | $\alpha_2$ = | 32,61 [°] |
| Sugár : | R = | 11,80 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után.

**Erők a megerősítésben**

| Megerősítés | Erő [kN/m] |
|---|---|
| 1 | 23,81 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| | |
|---|---|
| 2 | 14,66 |
| 3 | 3,42 |
| 4 | 0,40 |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

Aktív erők összege : $F_a$ = 875,09 kN/m

Passzív erők összege : $F_p$ = 878,36 kN/m

Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 10326,09 kNm/m

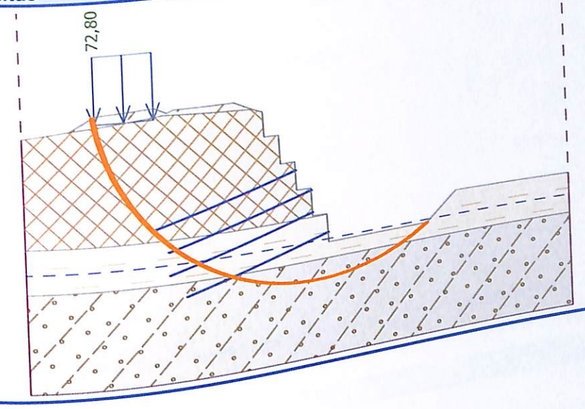
Ellennyomaték : $M_p$ = 10364,61 kNm/m

Kihasználtság : 99,6 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Fázis - számítás : 3 - 1

Név : Számítás




Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - Rézsűállékonyság (diák licensz) | verzió 5.2016.20.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Súlytámfal számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Súlytámfal méretezése a 218+40 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Szerkezet anyaga

Térfogatsúly $\gamma$ = 23,00 kN/m$^3$
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

**Beton : C 20/25**
Hengeres próbatest nyomószilárdsága — $f_{ck}$ = 20,00 MPa
Szakítószilárdság — $f_{ctm}$ = 2,20 MPa

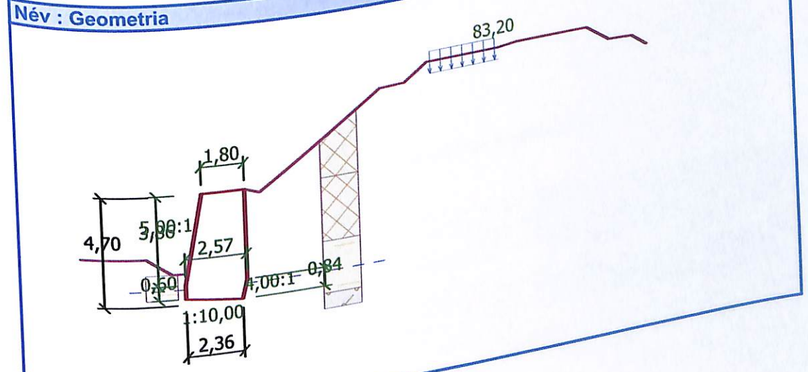
**Hosszvas : B500**
Képlékeny határ — $f_{yk}$ = 500,00 MPa

### Szerkezet geometriája

| Sz. | Koordináta X [m] | Mélység Z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 3,86 |
| 3 | -0,21 | 4,70 |
| 4 | -2,57 | 4,46 |
| 5 | -2,57 | 3,86 |
| 6 | -1,80 | 0,00 |

Az origó [0,0] a fal jobb legfelső pontján van.
Fal metszet területe = 10,22 m$^2$.

Név : Geometria — Fázis - számítás : 1 - 0




Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - Súlytámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.25.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Geológiai profil és hozzárendelt talajok

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,74 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,28 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

## Alap

Alapozás típusa : talaj a geológiai profilból

## Terep profil

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,20 |
| 3 | 6,02 | -3,39 |
| 4 | 7,12 | -3,43 |
| 5 | 8,17 | -4,13 |
| 6 | 11,47 | -4,13 |
| 7 | 12,37 | -4,23 |
| 8 | 15,67 | -4,23 |
| 9 | 16,72 | -3,53 |
| 10 | 17,82 | -3,49 |
| 11 | 18,49 | -3,02 |
| 12 | 19,49 | -3,02 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

## Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 4,04 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 4,04 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

## Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,32 | 3,00 | -3,61 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

## Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Súlytámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.25.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -0,53 | -1,10 |
| 4 | -1,59 | -1,81 |
| 5 | -2,59 | -1,81 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -2,15 | 221,86 | 1,45 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -13,35 | -0,36 | 0,64 | 0,03 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 47,73 | -1,04 | 2,92 | 2,63 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -4,46 | 0,00 | 2,57 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 57,72 | -1,42 | 10,71 | 2,59 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 266,42 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 185,36 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 115,46 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 112,85 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 173,30 kPa

### Az altalaj teherbíró-képessége

**A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] | Külpontosság [–] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 76,75 | 329,60 | 87,56 | 0,099 |
| 2 | 115,17 | 255,01 | 111,60 | 0,191 |

**Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Súlytámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.25.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] |
|---|---|---|---|
| 1 | 60,40 | 244,13 | 67,35 |

### Altalaj ellenőrzése

**Külpontosság ellenőrzése**
Normálerő max. külpontossága $e = 0,191$
Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw} = 0,333$

**A normálerő külpontossága MEGFELELŐ**

**Teherbírás ellenőrzése**
Alapozási talaj teherbírása $R = 350,00$ kPa
Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv} = 1,40$
Max. feszültség az alap aljánál $\sigma = 173,30$ kPa
Az altalaj teherbíró-képessége $R_d = 250,00$ kPa

**Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

### Méretezés Sz. 1

**Szerkezetre ható erők**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. nyomaték | Tény. normálerő | Tény. nyíróerő |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,05 | 4,16 | 0,91 | 1,000 | 1,350 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 0,00 | -0,10 | 0,00 | 1,82 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -0,10 | 0,00 | 1,82 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 0,00 | -0,10 | 0,40 | 1,82 | 0,000 | 1,500 | 0,000 |

**A fal ellenőrzése a szerkezeti km.-nél 0,10 m a falgerinctől**

Keresztmetszet mélysége h = 1,82 m

Határ nyomóerő $N_{Rd} = 18119,11$ kN/m $> 4,16$ kN/m $= N_{Ed}$
Határnyomaték $M_{Rd} = -3,79$ kNm/m $> -0,25$ kNm/m $= M_{Ed}$

**Keresztmetszet teherbírása MEGFELELŐ**

## Rézsűállékonyság számítás

### Adatbev.

**Projekt**

**Beállítások**

Magyarország - EN 1997

**Stabilitás vizsgálat**

Földrengés számítás : Szabványos
Ellenőrzési módszer : EN 1997 szerint
Tervezési módszer : 3 - hatások (GEO, STR) és talajparaméterek csökkentése

**Felszíni repedés**

Felszíni repedés nincs megadva.



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Súlytámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.25.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Földrengés

Földrengést nem tartalmazza

## Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

### Számítás 1

**Körives csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | -1,21 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -41,14 [°] |
| | z = | 7,20 [m] | | $\alpha_2$ = | 76,44 [°] |
| Sugár : | R = | 13,08 [m] | | | |

Csúszólap az optimalizálás után.

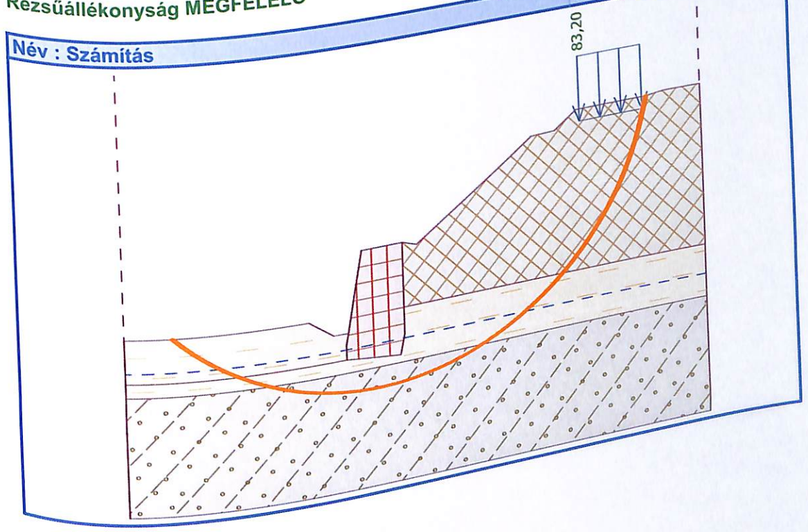
**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

Aktív erők összege : $F_a$ = 801,69 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 1059,43 kN/m
Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 10486,14 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 13857,35 kNm/m
Kihasználtság : 75,7 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Számítás






Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Súlytámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.25.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Szögtámfal számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Szögtámfal méretezése a 218+40 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet anyaga

Térfogatsúly $\gamma$ = 23,00 kN/m$^3$
A betonszerkezet számítása az alábbi szabványnak megfelelően történt EN 1992-1-1 (EC2) .

**Beton : C 20/25**
Hengeres próbatest nyomószilárdsága $f_{ck}$ = 20,00 MPa
Szakítószilárdság $f_{ctm}$ = 2,20 MPa

**Hosszvas : B500**
Képlékeny határ $f_{yk}$ = 500,00 MPa

### Szerkezet geometriája

| Sz. | Koordináta X [m] | Mélység Z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 4,00 |
| 3 | 2,00 | 4,00 |
| 4 | 2,00 | 4,60 |
| 5 | 2,00 | 5,20 |
| 6 | 1,50 | 5,20 |
| 7 | 1,50 | 4,60 |
| 8 | -0,82 | 4,60 |
| 9 | -0,82 | 4,00 |
| 10 | -0,50 | 0,00 |

Az origó [0,0] a fal jobb legfelső pontján van.
Fal metszet területe = 4,63 m$^2$.

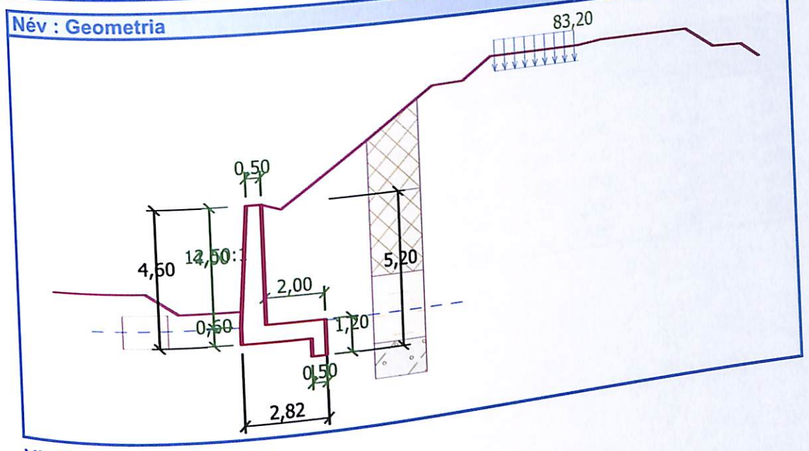


Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Szögtámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

Fázis - számítás : 1 - 0

**Név : Geometria**




**Víz hatása**

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 4,04 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 4,04 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

**Felszíni terhelés megadása**

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,32 | 3,00 | -3,61 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

**Ellenállás a szerkezet elülső felületén**

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

**Terep alakja a szerkezet előtt**

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,00 | -1,10 |
| 4 | -3,06 | -1,81 |
| 5 | -4,06 | -1,81 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

**Kivitelezési fázis beállításai**

Tervezési állapot : állandó
A fal szabadon elmozdulhat. Ezért aktív földnyomás feltételezett.



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Szögtámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,76 | 87,74 | 0,82 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -7,07 | -0,39 | 0,19 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Súly - földék | 0,00 | -2,66 | 151,58 | 1,85 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 87,71 | -0,71 | 19,97 | 2,82 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -4,60 | 0,00 | 2,82 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 82,17 | -1,83 | 31,72 | 2,82 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 402,32 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 306,90 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 172,08 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 164,10 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 247,19 kPa

### Az altalaj teherbíró-képessége

**A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] | Külpontosság [–] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 230,25 | 424,71 | 111,04 | 0,192 |
| 2 | 256,84 | 356,00 | 155,37 | 0,256 |

**Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] |
|---|---|---|---|
| 1 | 170,54 | 318,71 | 92,92 |

### Altalaj ellenőrzése

**Külpontosság ellenőrzése**
Normálerő max. külpontossága $e$ = 0,256
Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw}$ = 0,333

**A normálerő külpontossága MEGFELELŐ**

**Teherbírás ellenőrzése**
Alapozási talaj teherbírása R = 350,00 kPa
Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv}$ = 1,40
Max. feszültség az alap aljánál $\sigma$ = 247,19 kPa
Az altalaj teherbíró-képessége $R_d$ = 250,00 kPa

**Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Szögtámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Teljes ellenőrzés - Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. nyomaték | Tény. normálerő | Tény. nyíróerő |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,84 | 60,70 | 0,48 | 1,000 | 1,350 | 1,000 |
| EF ellenállás | -1,63 | -0,17 | 0,19 | 0,01 | 1,000 | 1,350 | 1,000 |
| Nyugalmi földnyomás | 233,93 | -1,39 | 0,00 | 0,82 | 1,350 | 1,000 | 1,350 |
| Víznyomás | 0,00 | -4,00 | 0,00 | 0,82 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 40,79 | -1,99 | 0,00 | 0,82 | 1,500 | 0,000 | 1,500 |

### Fal törzs ellenőrzés

A keresztszelvény megerősítése (vasalása) és méretei

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Vasátmérő | = 20,0 mm | | | | | |
| Vasak száma | = 6 | | | | | |
| Betontakarás | = 30,0 mm | | | | | |
| Keresztmetszet szélessége | = 1,00 m | | | | | |
| Keresztmetszet mélysége | = 0,82 m | | | | | |
| Vashányad | $\rho$ | = 0,24 % | > | 0,13 % | = | $\rho_{min}$ |
| Semleges tengely helye | x | = 0,08 m | < | 0,48 m | = | $x_{max}$ |
| Határnyomaték | $M_{Rd}$ | = 613,98 kNm | > | 554,94 kNm | = | $M_{Ed}$ |

A keresztmetszetet minimum 1230,0 mm$^2$ területű vasalással kell ellátni.

**Keresztmetszet MEGFELELŐ.**

## Rézsűállékonyság számítás

## Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

### Számítás 1

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

| | | |
|---|---|---|
| Aktív erők összege : | $F_a$ = | 794,95 kN/m |
| Passzív erők összege : | $F_p$ = | 929,19 kN/m |
| Elcsúszási nyomaték : | $M_a$ = | 9579,11 kNm/m |
| Ellennyomaték : | $M_p$ = | 11196,69 kNm/m |

Kihasználtság : 85,6 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Szögtámfal (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 217+50 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 13$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 4.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,11 | 1,89 | 0,15 | 2,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,08 | 1,92 | 0,60 | 2,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,05 | 1,95 | 1,05 | 2,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,02 | 1,98 | 1,50 | 2,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,10 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,40 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | -5,16 |
| 3 | 8,96 | -5,27 |
| 4 | 10,07 | -5,90 |
| 5 | 11,11 | -5,90 |
| 6 | 14,41 | -6,01 |
| 7 | 15,31 | |



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 8 | 18,35 | -5,99 |
| 9 | 18,61 | -6,01 |
| 10 | 19,70 | -5,34 |
| 11 | 20,76 | -5,26 |
| 12 | 21,43 | -4,81 |
| 13 | 22,43 | -4,81 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 1,79 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 1,79 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 11,26 | 3,00 | -5,38 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,10 |
| 4 | -2,81 | -1,35 |
| 5 | -3,81 | -1,35 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,60 | 54,20 | 1,42 | 1,000 | | 1,350 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aktív földnyomás | 14,30 | -0,46 | 4,65 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -2,95 | 0,00 | 2,43 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 21,74 | -0,70 | 14,42 | 1,63 | 0,000 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -1,47 | 5,32 | 0,28 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 58,23 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 7,29 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 53,62 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 47,32 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 213,32 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,22 | 2,17 | 0,11 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 0,53 | -0,15 | 0,11 | 0,22 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -0,45 | 0,00 | 0,23 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 0,00 | -0,45 | 0,00 | 0,23 | 0,000 | 0,000 | 1,500 |

**Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 10**

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 0,20 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 0,11 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 8,52 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 0,71 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,22 | 2,17 | -0,09 | 1,000 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Aktív földnyomás | 1,03 | -0,10 | 0,34 | 2,64 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 6,39 | -0,25 | 3,75 | 2,60 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -0,47 | 23,78 | 1,63 | 1,000 |

### Geotextilia mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 29,86 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 1,16 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 18,12 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 19,28 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 10,98 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 1,36 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 15,19 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 1,36 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (2,31;-8,12) m
Sugár r = 12,32 m
Szög $\alpha_1$ = -41,55 °
$\alpha_2$ = 79,63 °

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 81,01 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 217+60 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállitások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 15$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**

Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 5.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,13 | 2,37 | 0,15 | 2,50 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,10 | 2,40 | 0,60 | 2,50 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,07 | 2,43 | 1,05 | 2,50 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,04 | 2,46 | 1,50 | 2,50 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,49 | 1,95 | 2,50 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,25 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,40 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,28 |
| 3 | 8,63 | -5,04 |
| 4 | 9,73 | -5,09 |
| 5 | 14,08 | -5,79 |
| 6 | | -5,79 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 7 | 14,98 | -5,89 |
| 8 | 18,04 | -5,85 |
| 9 | 18,28 | -5,89 |
| 10 | 19,32 | -5,18 |
| 11 | 20,42 | -5,09 |
| 12 | 21,10 | -4,67 |
| 13 | 22,10 | -4,67 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 1,94 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 1,94 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 10,93 | 3,00 | -5,27 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | -1,10 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,41 |
| 4 | -2,90 | -1,41 |
| 5 | -3,90 | -1,41 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

### Ellenőrzés Sz. 1

| Szerkezetre ható erők | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

| Név | |
|---|---|
| EF ellenállás | Nem üzleti célú felhasználásra 2 |

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,00 | 80,77 | 1,74 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 19,09 | -0,53 | 6,20 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,70 | 0,00 | 2,96 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 25,11 | -0,79 | 18,67 | 1,83 | 0,000 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -1,63 | 6,14 | 0,30 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

## A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 104,84 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 11,86 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 75,60 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 58,85 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 303,10 kPa

## Méretezés Sz. 1

**Szerkezetre ható erők**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,08 | 9,81 | 0,17 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,25 | -0,16 | 2,87 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 13,52 | -0,65 | 0,00 | 0,25 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -2,10 | 0,00 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 0,00 | -2,10 | 0,00 | 0,34 | 0,000 | 0,000 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,11 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -10,76 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -3,96 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

**Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1**

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 42,60 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 11,61 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 75,65 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 17,00 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,37 | 3,62 | -0,08 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 11,72 | -0,60 | 3,81 | 3,65 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 23,33 | -0,84 | 7,19 | 3,59 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -0,88 | 70,11 | 2,07 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 86,03 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 1,93 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 52,23 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 54,16 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 50,81 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,12 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 44,22 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,12 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (1,28;-8,60) m
Sugár r = 13,12 m
Szög $\alpha_1$ = -40,74 °
$\alpha_2$ = 77,64 °

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 82,39 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 217+70 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 16$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 5.

### Vasalás részletei

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,14 | 2,36 | 0,15 | 2,50 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,11 | 2,39 | 0,60 | 2,50 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,08 | 2,42 | 1,05 | 2,50 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,05 | 2,45 | 1,50 | 2,50 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,02 | 2,48 | 1,95 | 2,50 |

### Geológiai profil és hozzárendelt talajok

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,57 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,40 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

### Terep profil

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | -0,30 |
| 3 | 8,28 | -4,78 |
| 4 | 9,38 | -4,82 |
| 5 | 10,43 | -5,52 |
| 6 | 13,73 | -5,52 |



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 7 | 14,63 | -5,62 |
| 8 | 17,93 | -5,62 |
| 9 | 18,98 | -4,92 |
| 10 | 20,08 | -4,89 |
| 11 | 20,75 | -4,43 |
| 12 | 21,75 | -4,43 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 2,26 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 2,26 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 10,58 | 3,00 | -5,00 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,10 |
| 4 | -3,00 | -1,47 |
| 5 | -4,00 | -1,47 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,98 | 82,25 | 1,76 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aktív földnyomás | 22,90 | -0,61 | 7,45 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,82 | 0,00 | 2,96 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 29,13 | -0,92 | 19,96 | 1,89 | 0,000 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -1,70 | 6,55 | 0,30 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 108,50 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 17,22 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 78,99 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 70,03 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 314,59 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,12 | 10,87 | 0,17 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 15,63 | -0,68 | 3,32 | 0,25 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -2,25 | 0,00 | 0,35 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 1,36 | -0,06 | 0,29 | 0,21 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -13,53 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -6,37 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

### Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 48,85 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 14,24 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 81,69 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 21,81 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,45 | 4,35 | -0,07 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 10,87 | -0,58 | 3,53 | 3,68 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 25,22 | -0,91 | 6,98 | 3,58 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -0,95 | 79,83 | 2,07 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 95,07 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 2,32 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 57,71 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 60,03 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 52,50 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,48 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 49,13 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,48 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (0,94;-8,17) m
Sugár r = 13,08 m
Szög $\alpha_1$ = -42,78 °
$\alpha_2$ = 78,32 °

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 79,71 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 217+80 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 18$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 6.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,16 | 2,34 | 0,15 | 2,50 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,13 | 2,37 | 0,60 | 2,50 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,10 | 2,40 | 1,05 | 2,50 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,07 | 2,43 | 1,50 | 2,50 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,04 | 2,46 | 1,95 | 2,50 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,49 | 2,40 | 2,50 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,71 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,38 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | -4,55 |
| 3 | 7,93 | -4,60 |
| 4 | 9,03 | -5,30 |
| 5 | 10,08 | |



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | Info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 6 | 13,38 | -5,30 |
| 7 | 14,28 | -5,40 |
| 8 | 17,58 | -5,40 |
| 9 | 18,63 | -4,69 |
| 10 | 19,73 | -4,65 |
| 11 | 20,40 | -4,20 |
| 12 | 21,40 | -4,20 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 2,54 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 2,54 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 10,23 | 3,00 | -4,78 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,55 |
| 4 | -3,31 | -1,55 |
| 5 | -4,31 | -1,55 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,17 | 96,10 | 1,76 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 27,25 | -0,72 | 8,87 | 0,51 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -4,13 | 0,00 | 2,99 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 37,48 | -1,17 | 21,60 | 1,97 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -1,85 | 7,37 | 0,31 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

**A teljes fal ellenőrzése**

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 172,85 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 90,69 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 90,67 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 88,42 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 361,96 kPa

## Méretezés Sz. 1

**Szerkezetre ható erők**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,28 | 12,30 | 0,19 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,350 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 21,33 | -0,76 | 4,53 | 0,26 | 1,350 | 1,000 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -2,55 | 0,00 | 0,37 | 1,000 | 1,500 | 1,500 |
| dinamikus vonatteher | 5,19 | -0,22 | 1,10 | 0,22 | 1,500 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -20,44 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -12,01 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -5,61 | -2,25 | 0,00 | 1,51 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

**Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1**

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 72,55 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 23,27 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 100,50 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 35,27 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,60 | 5,80 | -0,06 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 12,52 | -0,69 | 4,07 | 3,78 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 29,40 | -1,07 | 6,63 | 3,58 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,14 | 103,36 | 2,09 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

| | | |
|---|---|---|
| Csúszólap meredeksége | = | 60,00 ° |
| A megerősítésre ható általános normálerő | = | 118,80 kN/m |
| Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. | = | 0,90 |
| Fal ellenállás | = | 3,09 kN/m |
| Vasalások általános teherbírása | = | 0,00 kN/m |
| Ellenállás a geo-megerősítés mentén | = | 72,12 kN/m |

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 75,21 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 61,01 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 3,70 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 60,63 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 3,70 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)

| | | |
|---|---|---|
| Középpont | S = | (0,93;-7,92) m |
| Sugár | r = | 12,75 m |
| Szög | $\alpha_1$ = | -41,36 ° |
| | $\alpha_2$ = | 78,16 ° |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 80,85 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 217+90 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 20$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 7.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,18 | 2,82 | 0,15 | 3,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,15 | 2,85 | 0,60 | 3,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,12 | 2,88 | 1,05 | 3,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,09 | 2,91 | 1,50 | 3,00 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,06 | 2,94 | 1,95 | 3,00 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,03 | 2,97 | 2,40 | 3,00 |
| 19 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,99 | 2,70 | 3,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,93 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,36 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | -4,31 |
| 3 | 7,59 | -4,35 |
| 4 | 8,69 | |



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 5 | 9,73 | -5,05 |
| 6 | 13,03 | -5,05 |
| 7 | 13,93 | -5,15 |
| 8 | 17,23 | -5,15 |
| 9 | 18,28 | -4,45 |
| 10 | 19,38 | -4,45 |
| 11 | 20,06 | -3,96 |
| 12 | 21,06 | -3,96 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 2,84 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 2,84 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 9,88 | 3,00 | -4,53 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,63 |
| 4 | -3,23 | -1,63 |
| 5 | -4,23 | -1,63 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 132,85 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 49,51 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

**Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,75 | 7,24 | -0,05 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 13,27 | -0,74 | 4,68 | 4,67 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 37,49 | -1,44 | 8,27 | 4,38 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,50 | 165,03 | 2,56 | 1,000 |

**Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4**

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 183,76 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 3,86 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 111,55 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 115,41 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 74,14 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

**A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4**

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 4,72 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 100,05 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 4,72 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (1,35;-6,73) m
Sugár r = 11,79 m
Szög $\alpha_1$ = -43,16 °



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 218+00 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 21$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 7.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,19 | 2,81 | 0,15 | 3,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,16 | 2,84 | 0,60 | 3,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,13 | 2,87 | 1,05 | 3,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,10 | 2,90 | 1,50 | 3,00 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,07 | 2,93 | 1,95 | 3,00 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,04 | 2,96 | 2,40 | 3,00 |
| 20 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,99 | 2,85 | 3,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,07 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,34 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,19 |
| 3 | 7,25 | -4,21 |
| 4 | 8,35 | -4,26 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | Info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,55 | 133,23 | 2,09 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 22,72 | -0,76 | 7,42 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -5,02 | 0,00 | 3,52 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 47,17 | -1,47 | 27,73 | 2,26 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -2,07 | 8,60 | 0,32 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 272,05 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 125,47 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 118,62 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 96,84 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 481,01 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,50 | 14,47 | 0,20 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 34,00 | -0,88 | 7,23 | 0,26 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,00 | 0,00 | 0,40 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 12,30 | -0,50 | 2,61 | 0,24 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -20,12 | -2,25 | 0,00 | 1,51 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -12,04 | -2,70 | 0,00 | 1,77 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

### Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 144,71 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 49,47 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**



Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 147,30 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 63,02 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,82 | 7,97 | -0,05 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 17,30 | -0,63 | 7,45 | 4,84 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 38,51 | -1,65 | 8,55 | 4,49 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,69 | 193,75 | 2,62 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 216,63 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 4,25 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 131,51 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 135,76 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 81,12 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 5,60 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 114,56 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 5,60 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (1,24;-6,57) m
Sugár r = 11,55 m
Szög $\alpha_1$ = -42,54 °



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 218+10 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 23$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 8.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,21 | 2,79 | 0,15 | 3,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,18 | 2,82 | 0,60 | 3,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,15 | 2,85 | 1,05 | 3,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,12 | 2,88 | 1,50 | 3,00 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,09 | 2,91 | 1,95 | 3,00 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,06 | 2,94 | 2,40 | 3,00 |
| 20 | Tensar RE560 | -0,03 | 2,97 | 2,85 | 3,00 |
| 22 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,99 | 3,15 | 3,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,31 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,32 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,21 |
| 3 | 6,90 | -3,97 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 4 | 8,00 | -4,01 |
| 5 | 9,05 | -4,71 |
| 6 | 12,35 | -4,71 |
| 7 | 13,25 | -4,81 |
| 8 | 16,55 | -4,81 |
| 9 | 17,59 | -4,11 |
| 10 | 18,70 | -4,06 |
| 11 | 19,37 | -3,62 |
| 12 | 20,37 | -3,62 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 3,30 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 3,30 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 9,20 | 3,00 | -4,19 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,78 |
| 4 | -3,46 | -1,78 |
| 5 | -4,46 | -1,78 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,73 | 150,42 | 2,09 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 24,34 | -0,78 | 7,94 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -5,31 | 0,00 | 3,54 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 54,88 | -1,74 | 29,54 | 2,36 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -2,22 | 9,42 | 0,33 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 305,50 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 167,24 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 131,76 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 110,59 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 536,10 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,65 | 15,94 | 0,21 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 42,79 | -0,97 | 9,09 | 0,27 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,30 | 0,00 | 0,42 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 16,05 | -0,65 | 3,41 | 0,25 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,25 | 0,00 | 1,51 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,27 | -2,70 | 0,00 | 1,77 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -17,44 | -3,00 | 0,00 | 1,95 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -12,43 | | | | | | |

### Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 192,73 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 71,42 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 171,88 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 80,51 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,97 | 9,42 | -0,04 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 18,13 | -0,66 | 7,67 | 4,64 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 35,93 | -1,63 | 7,70 | 4,24 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,80 | 212,54 | 2,55 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 62,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 234,45 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 5,02 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 142,32 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 147,34 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 78,37 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 9,85 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 128,44 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 9,85 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (-0,94;-8,18) m
Sugár r = 13,78 m



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Szög $\alpha_1$ = -41,32 °
$\alpha_2$ = 75,44 °

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 79,76 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 218+20 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 25$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 8.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,23 | 2,77 | 0,15 | 3,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,20 | 2,80 | 0,60 | 3,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,17 | 2,83 | 1,05 | 3,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,14 | 2,86 | 1,50 | 3,00 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,11 | 2,89 | 1,95 | 3,00 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,08 | 2,92 | 2,40 | 3,00 |
| 20 | Tensar RE560 | -0,05 | 2,95 | 2,85 | 3,00 |
| 23 | Tensar RE560 | -0,02 | 2,98 | 3,30 | 3,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,51 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 1,93 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | -0,73 |
| 3 | 6,59 | |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 4 | 7,69 | -3,78 |
| 5 | 8,73 | -4,47 |
| 6 | 12,03 | -4,47 |
| 7 | 12,93 | -4,57 |
| 8 | 16,23 | -4,57 |
| 9 | 17,28 | -3,88 |
| 10 | 18,38 | -3,83 |
| 11 | 19,05 | -3,38 |
| 12 | 20,05 | -3,38 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 3,59 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 3,59 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,88 | 3,00 | -3,95 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,84 |
| 4 | -3,55 | -1,84 |
| 5 | -4,55 | -1,84 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,91 | 167,74 | 2,09 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 26,26 | -0,82 | 8,56 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -5,60 | 0,00 | 3,55 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 62,11 | -2,00 | 31,50 | 2,46 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -2,37 | 10,24 | 0,35 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 339,73 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 213,79 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 145,20 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 124,02 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 592,19 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,80 | 17,37 | 0,22 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 50,41 | -1,07 | 10,72 | 0,28 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,60 | 0,00 | 0,44 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 19,69 | -0,79 | 4,19 | 0,26 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,25 | 0,00 | 1,51 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,70 | 0,00 | 1,77 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -23,30 | -3,15 | 0,00 | 2,03 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -15,18 | | | | | | |

### Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 212,73 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 95,94 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 182,33 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 96,27 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (4 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,12 | 10,87 | -0,02 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 12,84 | -0,54 | 4,18 | 3,11 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 28,73 | -1,17 | 15,18 | 3,16 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -1,41 | 155,14 | 1,76 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 4

Csúszólap meredeksége = 86,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 183,56 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 5,79 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 111,43 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 117,23 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 60,43 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 4

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 16,43 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 143,34 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 16,43 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (0,58;-6,39) m
Sugár r = 11,60 m



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE YbI Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Szög $\alpha_1$ = -40,66 °
$\alpha_2$ = 80,47 °

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 84,91 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 218+30 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 26$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 9.

**Vasalás részletei**

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,24 | 2,76 | 0,15 | 3,00 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,21 | 2,79 | 0,60 | 3,00 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,18 | 2,82 | 1,05 | 3,00 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,15 | 2,85 | 1,50 | 3,00 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,12 | 2,88 | 1,95 | 3,00 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,09 | 2,91 | 2,40 | 3,00 |
| 20 | Tensar RE560 | -0,06 | 2,94 | 2,85 | 3,00 |
| 23 | Tensar RE560 | -0,03 | 2,97 | 3,30 | 3,00 |
| 25 | Tensar RE560 | -0,01 | 2,99 | 3,60 | 3,00 |

**Geológiai profil és hozzárendelt talajok**

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,74 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,29 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

**Terep profil**

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,27 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 3 | 6,27 | -3,49 |
| 4 | 7,38 | -3,53 |
| 5 | 8,42 | -4,23 |
| 6 | 11,72 | -4,23 |
| 7 | 12,62 | -4,33 |
| 8 | 15,92 | -4,33 |
| 9 | 16,97 | -3,63 |
| 10 | 18,07 | -3,58 |
| 11 | 18,74 | -3,12 |
| 12 | 19,74 | -3,12 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 3,89 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 3,89 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,57 | 3,00 | -3,71 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | -1,10 |
| 3 | -2,44 | -1,86 |
| 4 | -3,59 | -1,86 |
| 5 | -4,59 | -1,86 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,98 | 179,31 | 2,09 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 26,09 | -0,79 | 8,51 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -5,70 | 0,00 | 3,57 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 66,61 | -2,15 | 32,37 | 2,51 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -2,45 | 10,65 | 0,35 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 361,24 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 240,66 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 153,31 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 130,54 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 627,07 kPa

## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,87 | 18,11 | 0,23 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | 0,01 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 56,05 | -1,10 | 11,91 | 0,28 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,75 | 0,00 | 0,45 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 21,50 | -0,85 | 4,57 | 0,26 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,45 | 0,00 | 0,47 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -0,90 | 0,00 | 0,73 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,35 | 0,00 | 0,99 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,80 | 0,00 | 1,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,25 | 0,00 | 1,51 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -24,88 | -2,70 | 0,00 | 1,77 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -16,57 | -3,15 | 0,00 | 2,03 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -11,91 | -3,45 | 0,00 | 2,21 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

### Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 248,89 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 110,81 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 197,42 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 106,59 kN/m

**Elcsúszási csomóp. MEGFELELŐ**

**Csomópont MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

### Szerkezetre ható erők (9 sz. megerősítés ellenőrzése)

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -0,15 | 1,45 | -0,09 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 0,00 | -2,60 | 0,00 | 4,51 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 17,65 | -0,84 | 13,38 | 4,33 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -0,84 | 61,25 | 2,63 | 1,000 |

### Geotextília mentén történő elcsúszás ellenőrzése Sz.: 9

Csúszólap meredeksége = 60,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 81,32 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 0,77 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 49,36 kN/m

**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 50,14 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 26,48 kN/m

**Geotextília mentén tört. elcsúszás MEGFELELŐ**

## Belső stabilitás számítás Sz. 1

### A következő geo-megerősítés teherbírás ellenőrzése: 9

**Szakító szilárdság ellenőrzése**
Szakítószilárdság $R_t$ = 26,32 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,26 kN/m

**Geo-megerősítés szakítószilárdság MEGFELELŐ**

**Kihúzódási ellenállás ellenőrzése**
Kihúzódási ellenállás $T_p$ = 32,61 kN/m
Geo-megerősítés erő $F_x$ = 2,26 kN/m

**Geo-megerősítés kihúzódási ellenállása MEGFELELŐ**

**Általános ellenőrzés - geo-megerősítés MEGFELELŐ**

## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)
Középpont S = (0,50;-5,70) m



Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| | | | |
|---|---|---|---|
| Sugár | r | = | 11,37 m |
| Szög | $\alpha_1$ | = | -43,55 ° |
| | $\alpha_2$ | = | 82,60 ° |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 80,99 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

# Megerősített rézsűk vizsgálata

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Támfal méretezése a 218+40 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

### Beállítások

Magyarország - EN 1997

### Szerkezet geometriája

Blokkok száma $n = 28$
Blokk magasság $h = 0,15$ m
Blokk szélesség $b = 0,21$ m
Blokk eltolás $o_1 = 0,01$ m

**Szerkezet alapja**
Alaptest szélesség $b_b = 0,50$ m
Alaptest magasság $l_b = 0,50$ m
Alaptest eltolás $a_b = 0,12$ m

### Vasalás

Összes megadott vas : 9.

### Vasalás részletei

| Blokk Sz. | Vasalás típusa | Origó $l_1$[m] | Vége $l_2$[m] | Magasság az aljától h[m] | Hossz l[m] |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Tensar RE560 | -0,26 | 3,24 | 0,15 | 3,50 |
| 5 | Tensar RE560 | -0,23 | 3,27 | 0,60 | 3,50 |
| 8 | Tensar RE560 | -0,20 | 3,30 | 1,05 | 3,50 |
| 11 | Tensar RE560 | -0,17 | 3,33 | 1,50 | 3,50 |
| 14 | Tensar RE560 | -0,14 | 3,36 | 1,95 | 3,50 |
| 17 | Tensar RE560 | -0,11 | 3,39 | 2,40 | 3,50 |
| 20 | Tensar RE560 | -0,08 | 3,42 | 2,85 | 3,50 |
| 23 | Tensar RE560 | -0,05 | 3,45 | 3,30 | 3,50 |
| 26 | Tensar RE560 | -0,02 | 3,48 | 3,75 | 3,50 |

### Geológiai profil és hozzárendelt talajok

| Sz. | Réteg [m] | Hozzárendelt talaj | Mintázat |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,74 | Eredeti töltésanyag | |
| 2 | 2,28 | Sovány agyag | |
| 3 | - | Iszapos homok | |

### Terep profil

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,64 | 0,20 |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Coordinate x [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|
| 3 | 6,02 | -3,39 |
| 4 | 7,12 | -3,43 |
| 5 | 8,17 | -4,13 |
| 6 | 11,47 | -4,13 |
| 7 | 12,37 | -4,23 |
| 8 | 15,67 | -4,23 |
| 9 | 16,72 | -3,53 |
| 10 | 17,82 | -3,49 |
| 11 | 18,49 | -3,02 |
| 12 | 19,49 | -3,02 |

Origó [0,0] a szerkezet jobb felső szélén található.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 4,04 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 4,04 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

### Felszíni terhelés megadása

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,32 | 3,00 | -3,61 |

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 1,10 m

### Terep alakja a szerkezet előtt

| Sz. | Koordináta x[m] | Mélység z[m] |
|---|---|---|
| 1 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 0,00 | -1,10 |
| 2 | -2,45 | -1,81 |
| 3 | -3,51 | -1,81 |
| 4 | -4,51 | -1,81 |
| 5 | -4,51 | -1,81 |

Origó [0,0] a szerkezet bal alsó szélén van.
+z pozitív koordinátája lefelé mutat.

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| EF ellenállás | -4,59 | -0,37 | 0,01 | 0,34 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -3,26 | 216,39 | 2,40 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 22,43 | -0,85 | 7,29 | 0,50 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -6,40 | 0,00 | 4,08 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 63,26 | -2,20 | 37,42 | 2,83 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Súly - fal | 0,00 | -2,60 | 11,47 | 0,36 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 491,27 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 232,79 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 180,18 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 120,58 kN/m

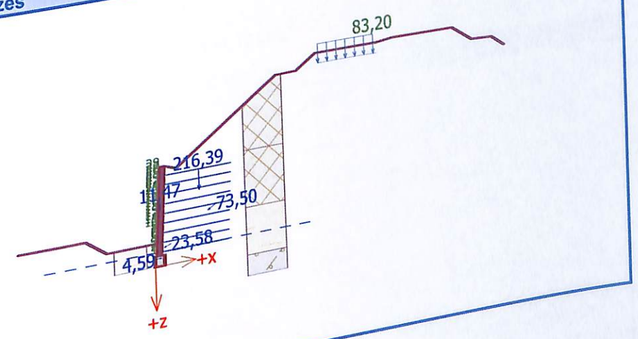
**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 742,08 kPa

Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Ellenőrzés




## Méretezés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -2,63 | 19,95 | 0,36 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -6,72 | -0,39 | 0,04 | 0,10 | 1,000 | | |

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - földék | 0,00 | -0,69 | 0,64 | 0,39 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 92,94 | -1,46 | 37,58 | 0,44 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -4,70 | 0,00 | 0,60 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 31,78 | -1,43 | 10,48 | 0,43 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| Vasalás | -26,32 | -0,65 | 0,00 | 0,54 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,10 | 0,00 | 0,80 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -1,55 | 0,00 | 1,06 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,00 | 0,00 | 1,32 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,45 | 0,00 | 1,58 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -2,90 | 0,00 | 1,84 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -3,35 | 0,00 | 2,10 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -26,32 | -3,80 | 0,00 | 2,35 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Vasalás | -21,29 | -4,25 | 0,00 | 2,61 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

## A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**

Ellennyomaték $M_{res}$ = 425,30 kNm/m

Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 248,84 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**

Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 264,15 kN/m

Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 166,42 kN/m

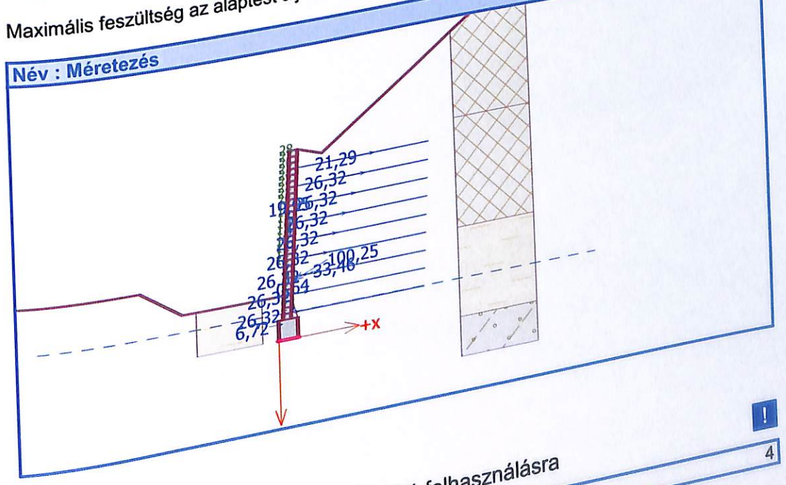
**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 174,16 kPa

Név : Méretezés

Fázis - számítás : 1 - 1






[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu] http://www.hungarocad.hu]

## Az altalaj teherbíró-képessége

**A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] | Külpontosság [–] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | -371,58 | 81,15 | -100,28 | 0,000 |
| 2 | -324,81 | 87,08 | -65,40 | 0,000 |

**Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] |
|---|---|---|---|
| 1 | -391,64 | 68,69 | -113,82 |

### Altalaj ellenőrzése

**Külpontosság ellenőrzése**
Normálerő max. külpontossága $e$ = 0,000
Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw}$ = 0,333

**A normálerő külpontossága MEGFELELŐ**

**Teherbírás ellenőrzése**
Alapozási talaj teherbírása $R$ = 350,00 kPa
Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv}$ = 1,40
Max. feszültség az alap aljánál $\sigma$ = 174,16 kPa
Az altalaj teherbíró-képessége $R_d$ = 250,00 kPa

**Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

## Elcsúszás ellenőrzése a geo-megerősítés mentén Sz. 1

**Szerkezetre ható erők (leginkább kihasznált megerősítés ellenőrzése)**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Terv. tényező |
|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -2,03 | 19,54 | 0,04 | 1,000 |
| EF ellenállás | -1,32 | -0,15 | 0,01 | -0,19 | 1,000 |
| Aktív földnyomás | 43,69 | -1,00 | 18,40 | 3,64 | 1,350 |
| dinamikus vonatteher | 48,59 | -2,38 | 23,13 | 3,74 | 1,500 |
| Gravitációs erő | 0,00 | -2,39 | 312,53 | 2,06 | 1,000 |

**Elenőrzés a maximálsi kihasználtságú geo-megerősítés mentén történő elcsúszásra (Megerős.sz.: 1)**

Csúszólap meredeksége = 86,00 °
A megerősítésre ható általános normálerő = 372,06 kN/m
Geotextília mentén történő elcsúszás csökk. tény. = 0,90
Fal ellenállás = 10,42 kN/m
Vasalások általános teherbírása = 0,00 kN/m
Ellenállás a geo-megerősítés mentén = 225,86 kN/m

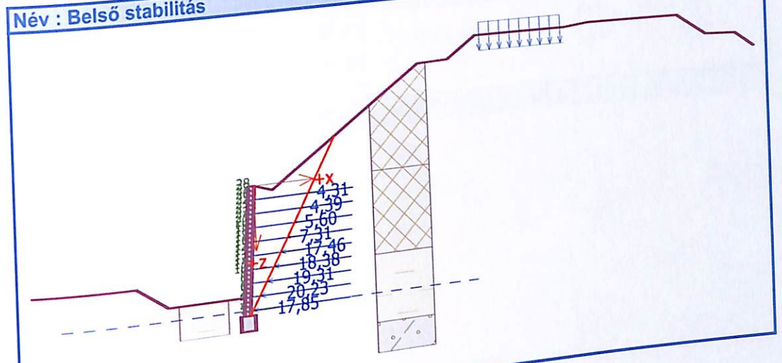
**Csúszás ellenőrzése:**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 237,60 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 131,85 kN/m



Nem üzleti célú felhasználásra
[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Belső stabilitás




## Globális stabilitás vizsgálat Sz. 1

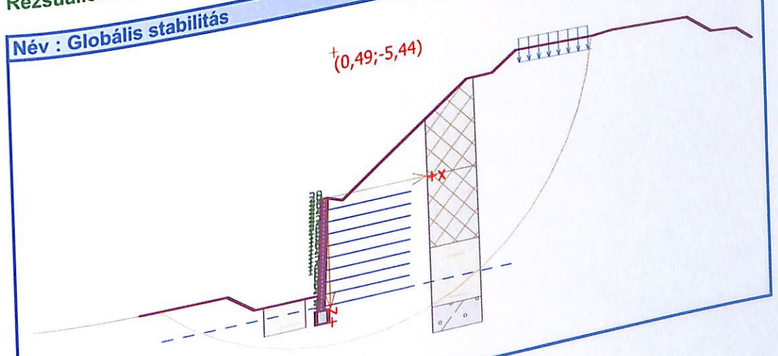
**Csúszólap paraméterei**
(csúszólap optimizálás után)

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Középpont | S | = | (0,49;-5,44) | m |
| Sugár | r | = | 11,04 | m |
| Szög | $\alpha_1$ | = | -41,02 | ° |
| | $\alpha_2$ | = | 83,19 | ° |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**
Kihasználtság = 85,40 %
**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Fázis - számítás : 1 - 1

Név : Globális stabilitás




## Rézsűállékonyság számítás

## Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

### Számítás 1

**Köríves csúszólap**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - MSF Fal (diák licensz) | verzió 5.2016.27.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Csúszólap paraméterei**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | 0,07 | [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = -41,24 [°] |
| | z = | 5,78 | [m] | | $\alpha_2$ = 81,78 [°] |
| Sugár : | R = | 11,53 | [m] | | |

Csúszólap szá[illegible]mítása optimalizáció nélkül.

**Erők a megerősítésben**

| Megerősítés | Erő [kN/m] |
|---|---|
| 1 | 0,00 |
| 2 | 0,00 |
| 3 | 0,00 |
| 4 | 0,00 |
| 5 | 0,00 |
| 6 | 0,00 |
| 7 | 0,00 |
| 8 | 0,00 |
| 9 | 0,00 |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (összes [illegible]ódszer)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bishop : | Kihasználtság = 8[illegible]5,5 % | MEGFELELŐ |
| Fellenius / Petterson : | Kihasználtság = 9[illegible]3,4 % | MEGFELELŐ |
| Spencer : | Kihasználtság = 8[illegible]5,8 % | MEGFELELŐ |
| Janbu : | Kihasználtság = 8[illegible]3,4 % | MEGFELELŐ |
| Morgenstern-Price : | Kihasználtság = 8[illegible]3,4 % | MEGFELELŐ |

Nem üzleti célú felhasználásra

Geo 21.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
© Fine Kft. r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu |
info@hungarocad.hu | http://www.hungarocad.hu

# Gabion számítás

## Adatbev.

### Projekt

Munka : Gabion méretezése a 218+40 szelvényben
Dátum : 2016.03.21.

**Blokkok anyaga - kitöltő anyag**

| Sz. | Név | γ [kN/m³] | φ [°] | c [kPa] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 sz. anyag | 20,00 | 30,00 | 0,00 |

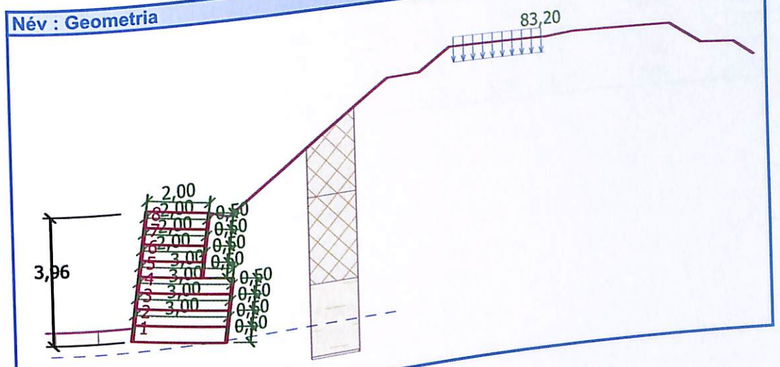
**Blokkok anyaga - háló**

| Sz. | Név | Szilárdság túlny. $R_t$ [kN/m] | Távolsága függ. hálók v [m] | Teherbírás első csomópont $R_s$ [kN/m] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 sz. anyag | 40,00 | 1,00 | 40,00 |

**Szerkezet geometriája**

Fázis - számítás : 1 - 0

Név : Geometria




### Alap

Alapozás típusa : talaj a geológiai profilból

### Víz hatása

TVSZ mélysége a szerkezet mögött 4,04 m
TVSZ mélysége a szerkezet előtt 4,04 m
Az ágyazat a talpnál nem vízáteresztő.
Felhajtóerő az alap alján a kül. nyomásokból lineárisnak feltételezett.

**Felszíni terhelés megadása**

| Sz. | Meg. Teher Új | Meg. Teher vált. | Int.1 [kN/m²] | Int.2 [kN/m²] | Ord.x x [m] | Hossz l [m] | Mélység z [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Igen | | 83,20 | | 8,32 | 3,00 | -3,61 |

! Nem üzleti célú felhasználásra 1

[GEO5 - Gabion (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE YbI Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Név |
|---|---|
| 1 | dinamikus vonatteher |

### Ellenállás a szerkezet elülső felületén

Ellenállás a szerkezet elülső felületén: nyugalmi
Talaj a szerkezet elülső felületén - Sovány agyag
Talaj vastagság a szerkezet előtt h = 0,40 m

Terep a szerkezet előtt lapos.

### Globális beállítások

Minimális méretezési nyomás van figyelembe véve $\sigma_{a,min} = 0{,}20\sigma_z$

### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

## Ellenőrzés Sz. 1

### Szerkezetre ható erők

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,60 | 199,87 | 1,54 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| EF ellenállás | -1,04 | -0,13 | 0,21 | 0,02 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Súly - földék | 0,00 | -2,55 | 30,20 | 2,82 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 34,46 | -0,75 | 0,09 | 4,95 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,68 | 0,00 | 3,25 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 69,00 | -1,57 | 11,06 | 3,26 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |

### A teljes fal ellenőrzése

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 319,25 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 197,20 kNm/m

**A fal borulásra MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 129,71 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 113,16 kN/m

**A fal elcsúszásra MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - FAL MEGFELELŐ**

Maximális feszültség az alaptest alján : 148,88 kPa

### Az altalaj teherbíró-képessége

**A tervezési teher az alap aljának középpontjában hat**

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] | Külpontosság [–] |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 119,08 | 343,38 | 87,44 | 0,117 |
| 2 | 148,25 | 265,33 | 110,60 | 0,188 |

**Az üzemi teher az alaptest aljának középpontjában hat**

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - Gabion (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudományi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

| Sz. | Nyomaték [kNm/m] | Normálerő [kN/m] | Nyíróerő [kN/m] |
|---|---|---|---|
| 1 | 85,27 | 253,34 | 66,16 |

## Altalaj ellenőrzése

**Külpontosság ellenőrzése**
Normálerő max. külpontossága $e$ = 0,188
Maximális megengedhető külpontosság $e_{alw}$ = 0,333

**A normálerő külpontossága MEGFELELŐ**

**Teherbírás ellenőrzése**
Alapozási talaj teherbírása $R$ = 350,00 kPa
Teherbírás parciális tényezője $\gamma_{Rv}$ = 1,40
Max. feszültség az alap aljánál $\sigma$ = 148,88 kPa
Az altalaj teherbíró-képessége $R_d$ = 250,00 kPa

**Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

**Teljes ellenőrzés - Az altalaj teherbíró-képessége MEGFELELŐ**

## Méretezés Sz. 1

**Szerkezetre ható erők**

| Név | $F_{hor}$ [kN/m] | Tám.pt. z [m] | $F_{vert}$ [kN/m] | Tám.pt. x [m] | Tény. borul. | Tény. elcsúszás | Tény. feszültség |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Súly - fal | 0,00 | -1,38 | 170,00 | 1,47 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Súly - földék | 0,00 | -2,06 | 30,20 | 2,75 | 1,000 | 1,000 | 1,350 |
| Aktív földnyomás | 24,50 | -0,64 | 0,44 | 3,33 | 1,350 | 1,350 | 1,000 |
| Víznyomás | 0,00 | -3,19 | 0,00 | 3,18 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| dinamikus vonatteher | 59,74 | -1,32 | 11,39 | 3,18 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |

**Kapcsolat ellenőrzése az alábbi számú blokk fölött: 1**

**Kiborulási stabilitás ellenőrzése**
Ellennyomaték $M_{res}$ = 278,15 kNm/m
Borító nyomaték $M_{ovr}$ = 139,22 kNm/m

**Borulási stabilitás kapcsolata MEGFELELŐ**

**Elcsúszás ellenőrzése**
Vízszintes ellenerő $H_{res}$ = 122,20 kN/m
Aktív vízszintes erő $H_{act}$ = 91,16 kN/m

**Csúszás kapcsolata MEGFELELŐ**

Maximális nyomás a legalsó blokkon = 121,76 kPa
Csökk. tény. a felső blokk eltolásával = 1,00
Nyomás átlagos értéke a felületen = 52,80 kPa
Nyíróerő átvitele súrlódással = 173,71 kN/m

**Keresztirányú nyomás elleni teherbíró képesség:**
Kapcsolat teherbírása = 36,36 kN/m
Számított feszültség állapot = 17,43 kN/m

**Keresztirányú nyomás vizsgálat MEGFELELŐ**



Nem üzleti célú felhasználásra

[GEO5 - Gabion (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

**Blokkok közötti kapcs. ell.:**
Háló anyagának teherbírása = 36,36 kN/m
Számított feszültség állapot = 17,43 kN/m

**Blokkok közötti kapcs. MEGFELELŐ**

## Rézsűállékonyság számítás

### Adatbev.

#### Projekt

#### Kivitelezési fázis beállításai

Tervezési állapot : állandó

### Eredmények (Kivitelezési fázis 1)

#### Számítás 1

**Köríves csúszólap**

| Csúszólap paraméterei | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Középpont : | x = | -1,46 [m] | Szögek : | $\alpha_1$ = | -37,21 [°] |
| | z = | 7,36 [m] | | $\alpha_2$ = | 76,03 [°] |
| Sugár : | R = | 13,36 [m] | | | |
| Csúszólap az optimalizálás után. | | | | | |

**Rézsűállékonyság ellenőrzés (Bishop )**

Aktív erők összege : $F_a$ = 838,64 kN/m
Passzív erők összege : $F_p$ = 998,37 kN/m
Elcsúszási nyomaték : $M_a$ = 11204,22 kNm/m
Ellennyomaték : $M_p$ = 13338,16 kNm/m
Kihasználtság : 84,0 %

**Rézsűállékonyság MEGFELELŐ**

Nem üzleti célú felhasználásra



[GEO5 - Gabion (diák licensz) | verzió 5.2016.24.1 | hardverkulcs 2230 / 1 | SZIE Ybl Miklós Építéstudpmányi Kar |
Copyright © 2016 Fine spol. s r.o. All Rights Reserved | www.finesoftware.eu]
[HungaroCAD Informatikai Kft. | | info@hungarocad.hu| http://www.hungarocad.hu]

# MÉRET ÉS MENNYISÉGSZÁMÍTÁS

**Támfal hossza:** $96{,}1 + 45{,}9 = 142$ m
**Támfal felülete:** $302{,}2 + 4{,}0 + 8{,}7 + 129{,}3 + 3{,}7 = 447{,}9\ m^2$

**Támfal és kapcsolódó földmunka:** $3234 + 37 + 1759 = 5030\ m^3$

**Talajszegezés**
*Betonacél: minőség: B500*
*átmérő: Ø20mm*
*hossz: 8m*
*Hegesztett síkháló: 100x100x10mm*
Szegezendő felület: $(15{,}5 + 6) \cdot 6{,}1 + (30 + 9) \cdot 3{,}8 = 279{,}35\ m^2$
Szegek száma: $(15{,}5 + 6) \cdot 4 + (30 + 9) \cdot 2 = 164$ db

**Alapozás**
*Betonminőség: C25/30-XC2*
*Vasalás: hosszvasalás: Ø16mm,*
*kengyelezés: Ø12mm,*
*minőség: B500*
Alaptest térfogata: $25{,}15 + 11{,}85 = 37\ m^3$
Vasalás: $97 \cdot 4 + 48 \cdot 4 = 580$ m (φ16)
$(323 + 157) + 1{,}7 = 816$ m (φ12)

**TensarTech TW1 falelem:** $447{,}9/0{,}06 = 7465$ db
**Tensar RE 560 (georács):**
$9{,}7 \cdot 2{,}0 = 19{,}4\ m^2 \rightarrow 4$ db
$23{,}2 \cdot 2{,}5 = 58\ m^2 \rightarrow 11$ db
$56{,}8 \cdot 3{,}0 = 170{,}4\ m^2 \rightarrow 40$ db
$6{,}0 \cdot 3{,}5 = 21\ m^2 \rightarrow 8$ db
$7699{,}6\ m^2$

$19.8 \cdot 3{,}0 = 59{,}4\ m^2 \rightarrow 25$ db
$22 \cdot 2{,}5 = 50\ m^2 \rightarrow 18$ db
$5{,}9 \cdot 2{,}0 = 11{,}8\ m^2 \rightarrow 4$ db
$2432{,}2\ m^2$

Összesen: $7699{,}6 + 2432{,}2 = 10131{,}8\ m^2$

**Blue-kit elem:** $38{,}8 + 90 + 67{,}2 + 42 + 84 + 96 + 48 + 108 + 54 + 22{,}4 = 650{,}4$ m
$39{,}6 + 41{,}6 + 41{,}6 + 36{,}4 + 50{,}4 + 42 + 23{,}6 = 275{,}2$ m
Összesen: $650{,}4 + 275{,}2 = 925{,}6$ m

**Támfal fedlap:** $96 + 46{,}5 = 142{,}5$ m (0,4x0,05 m)

**Korlát**
Hossz/Magasság 141,7 m / 1,2 m
Hossz/Magasság: 6,26 m/ 1,0 m

**FO-2 Vízelvezető folyókaelem:** $95{,}44 + 44{,}8 + 7 \cdot 0{,}8 = 145{,}52$ m
$145{,}52/0{,}4 = 364$ db

**Szivárgócső (DN100)**
Hossz: $95{,}19 + 44{,}7 = 139{,}89 \approx 140$ m
Geodren PEIT 150: $140 \cdot 0{,}314 = 43{,}96 \approx 45\ m^2$

**Ejtőakna**
KG-PVC NA315 Felmenő vezeték $1{,}5 \cdot 2 = 3{,}00$ m
KG-PVC NA160 Kivezetés $1{,}5 \cdot 2 = 3{,}00$ m
Rácsos öntöttvas fedlap 2db

**Előregyártott vizsgáló lépcső (FERROBETON)** 6 db elem

**Erózióvédelemhez alkalmazott juta szövet:** $960\ m^2$

**Cseretalaj**
homokos kavics (folyóka-, alap alatti talaj): $152 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}2 + 144{,}47 \cdot 0{,}1 \cdot 0{,}5 \approx \approx 23\ m^3$

kavics (szivárgótest): $45{,}96 + 17{,}98 \approx 65\ m^2$
M1 minőségű homokos kavics (háttöltés): $1744 - 7{,}22 - 65 \approx 1671\ m^3$