

JEGYZET
ALAPOZÁS
(kézirat szerkesztés alatt)

Összeállította:

Dr. Mecsi József
egyetemi tanár

2009. március

TARTALOMJEGYZÉK

A SÍKALAPOK FAJTÁI, SZERKEZETE

Síkalapok alapozási mélységének megválasztása
Az alap felületének méretezése a teherbírás alapján
Az Eurocode 7 és a korábbi MSZ 15004 szabvány
A teherbírás számítása táblázatos adatokból
A síkalapok méretezése az alakváltozások alapján.
Az épületek viselkedése egyenlőtlen süllyedések esetén
Védekezés káros süllyedések ellen

MÉLYALAPOK

Cölöpalapok
Csoportosítások
A cölöpök készítése
Cölöpök teherbírásának számítása

SZEKRÉNY ÉS KÚTALAPOK

RÉSFALAK

CÖLÖPFALAK

A TALAJOK SZILÁRDÍTÁSA

A szokásos módszerek áttekintése

TALAJHABARCSOSÍTÁS (JET GROUTING)

GEOTEXTÍLIÁK

DINAMIKUS TALAJCSERE

FÚRT, INJEKTÁLT, ELŐFESZÍTETT HORGONYOK

MÉLYTÖMÖRÍTÉSI, MÉLYVIBRÁCIÓS ELJÁRÁS (VIBROFLOTÁCIÓ)

ALAPOK, ALAPOZÁSOK

Az alapozás fogalma. Sajátosságai, igények. Alapozási módok

Az alapok az építményeknek teherhordó, illetve teherközvetítő szerkezeti részei, amelyek **a talajra továbbítják a létesítmények összes terheit.**

Az alapok - a "felszerkezettel" való összehasonlításban - több szempontból is **sajátos helyzetben levő épületrészek**, mert:

- a felszerkezetek sok részlete tipizálható, az alapokat viszont csaknem mindig **egyedileg kell megtervezni**, mert különféle helyi adottságokhoz kell alkalmazkodni velük;
- a "felszerkezet" többnyire a térszín fölött, vagyis aránylag kedvező körülmények között készíthető el, az alapok építését viszont sokszor **kedvezőtlen viszonyok (talajvíz, földnyomás, szomszédos létesítmények közelsége) nehezítik**;
- a felszerkezet számos eleme nagyüzemileg előre gyártható, az alapokat viszont többnyire a helyszínen kell elkészíteni, és ezért megépítésük sokkal kevesebb esetben lehet annyira "szerelés-jellegű", mint a felszerkezeteké;
- a felszerkezet általában hozzáférhető, rendszeresen tatarozható, ill. felújítható, hibái aránylag könnyen kijavíthatók, az alapoknál viszont ez úgyszólván sohasem lehetséges, ezért a létesítmény **egész élettartamára kell biztonságosnak lenniük**;
- az alapok esetleges hibái **az egész létesítményt veszélyeztethetik**, ezért nagyobb biztonsággal és óvatosabb kockázatvállalással készítenődik el.

Mindezek miatt az alapok jelentősége nagyobb, mint az építkezés költségeinek szokásosan rájuk fordított 8-15%-a (folyami hidaknál 15-30%-a, kis hidaknál akár 80-90%-a is).

Megkívánjuk, hogy az alapok feleljenek meg az építmény rendeltetéséből és a helyszíni adottságokból fakadó, valamint az építmény szerkezetéből és anyagából eredő igényeknek.

Ezekon kívül mind az építkezés idején, mind az építmény tervezett élettartama alatt - az altalaj reálisan lehetséges legkedvezőtlenebb állapotában és az erőhatások várható legkedvezőtlenebb csoportosításában is - elégítsék ki a következő feltételeket:

- a) a talaj törésével vagy oldalkitérésével szemben **előírt biztonsággal** továbbítsák az építmény terheit;
- b) megoldásuk olyan legyen, hogy a talaj **alakváltozásaiból** származó elmozdulások, süllyedések, elferdülések ne veszélyeztessék az építmény rendeltetésszerű használhatóságát, szerkezeti épségét, ill. esztétikai megjelenését. Ugyanilyen szempontból ne okozzanak kárt a környező létesítményekben sem;
- c) az alapok - mint szerkezeti elemek — maguk is legyenek a szükséges mértékig **szilárdak és merevek**;
- d) az alapokon nyugvó építmény az előírt mértékig legyen biztonságban elcsúszás, billenés, ill. felborulás és felcsúszás ellen.

A "hagyományos" méretű és anyagú építmények alapjaitól többnyire csak az a, c, d feltételek teljesítését kívánták meg. A modern épületszerkezeteknél viszont egyre hangsúlyosabbá vált, a "mozdulatlan" merev alátámasztás igénye. A különlegesen magas létesítmények (gyárkémények, víztornyok, TV-tornyok) esetében pedig a külpontosságnak és a tömegközéppont eltolódásának mérséklése az egyik fő cél.

Az alapok lehetnek sík- vagy mélyalapok.

- A **síkalapok** - mintegy az építmény kiszélesedő talpaként - "közvetlenül" továbbítják a terheket az altalajra, a talajjal érintkező felületük többnyire (de nem feltétlenül) vízszintes és sík.
- A **mélyalapok** (cölöpök, résfalak, kutak, szekrények) teherközvetítő alapozási szerkezetek, amelyek valamely viszonylag mélyebb - és többnyire a talajvíz szintje alatti - teher-viselő rétegre továbbítják a terheket.

AZ ALAPOZÁSI MÓD MEGVÁLASZTÁSA:

Az alapozási mód kiválasztásához, a gazdaságos tervezéshez és biztonságos kivitelezéshez több körülmény ismerete és mérlegelése szükséges.

Ilyenek:

- a **létesítmény rendeltetése**, mérete, terhei, süllyedéstűrése; szárazsági (szigetelési) igényei; az általa keltett dinamikus hatások, hőmérsékleti hatások (pl. kémények, hűtőházak esetében) stb.;
- a **helyszín adottságai**, domborzat, felszíni vizek, fagybehatolási mélység; környező építmények (közművek stb.) létezése; a helyszín közúti vagy vasúti megközelítésének lehetőségei stb.;
- a **geológiai és talajmechanikai adottságok**, az általános geológiai viszonyok, rengés- és csúszásveszély; az altalaj és talajvíz fizikai (és kémiai) tulajdonságai, rétegződése, ill. szintjei stb.;
- a **környezet szempontjai**: a meglévő építmények és köz-terület óvása; az építkezés mellékhatásaival (zaj, rázkódás) szembeni "tűrőképesség"; a forgalomelterelés, földelhelyezés lehetőségei stb.
- Mérlegelni az építkezés hosszú időn át érvényesülő **mellékhatásait** is (pl. a talajvíz-viszonyok megváltoztatását), ill. azt, hogy ezek károsítják-e a környezetet vagy sem.

Mélyalapozást a következő esetek indokolják:

- ha a teherbíró réteg mélyen van, és a közbenső rétegek gazdaságosan nem szilárdíthatók meg;
- ha a talajvíz (élővíz) magas szintje miatt költséges víztelenítésre volna szükség;
- ha a síkalapot aláüregelés fenyegetné;
- ha az építmény nagyon süllyedés érzékeny;
- ha tudjuk, hogy az építmény közelében a jövőben bevágást nyitnak, vagy mélyen fekvő létesítmény készül.

Figyelembe kell venni:

- a talaj rétegződését és az egyes rétegek terhelhetőségét;
- a hidrológiai adottságokat;
- a szomszédos létesítmények biztonságát és
- a kivitelezés szempontjait.

Az alapozás körülményei és rendeltetése szerint különböző építménycsoport különböztetünk meg.

HIDAK.

Itt rendszerint nagy, igen nagy koncentrált terheket kell élővíz (vagy a talajvíz) színe alatt, többnyire nagy mélységben és kis felületen áthárítani az altalajra. Ezért általában mélyalapozást alkalmaznak, hacsak nincs megfelelő teherbírású réteg a felszín közelében.

VÍZI ÉPÍTMÉNYEK.

Élő vízben vagy a talajvíz alatt kell építeni rendszerint **nagy kiterjedésű** és aránylag kis fajlagos terhet jelentő építményeket, melyek **tartósan ki vannak téve a víz közvetlen hatásának.**

Ezeknek az alapoknak az elkészítésénél a víz kizárása, ill. a munkagödör víztelenítése a fő nehézség. Az aláüregelés ellen nem az alapsík mélyebbre vitelével, hanem szádfalakkal, függönyfalakkal védekeznek.

ÉPÜLETEK ALAPOZÁSA.

Vonalak mentén vagy egyes pontokra koncentrált terheket kell átadni, lehetőleg a felszínhez minél közelebbi rétegre, többnyire különösebb víztelenítési vagy alapgödör-megtámasztási nehézség nélkül. Ebben a csoportban a síkalapozás (sáv-, talp-, lemezalap) a leggyakoribb. Cölöp, réselt fal vagy kútalap főként mozdulatlan megtámasztást igénylő, nagy koncentrált terhek alatt, vagy akkor, ha a víztelenítés nehézségekbe ütköznék.

Ezekon kívül döntő befolyásuk van a kivitelezés **gazdasági és technológiai szempontjainak.**

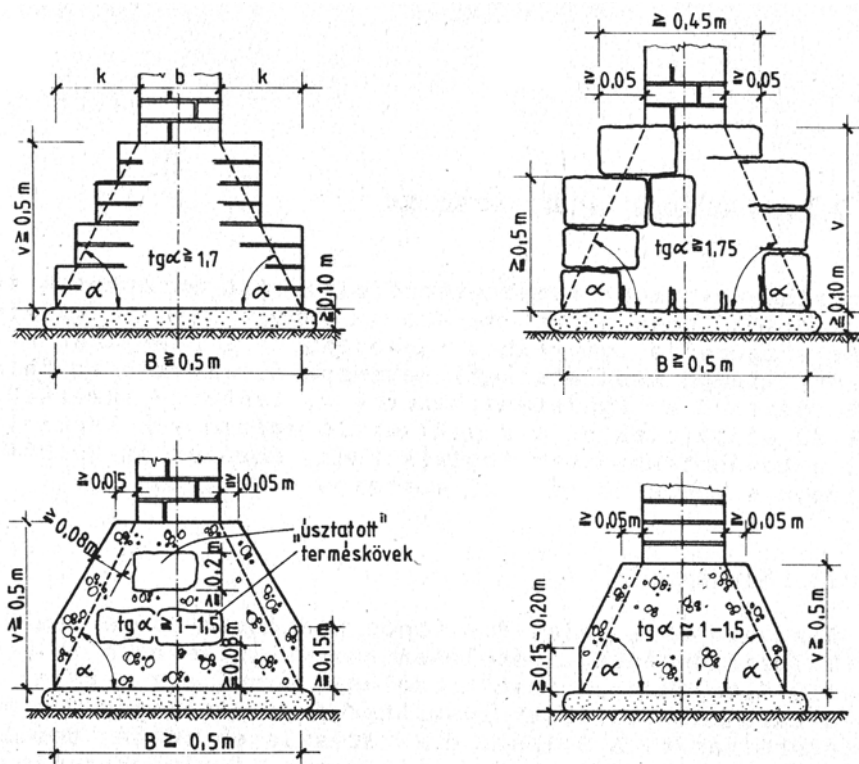
A SÍKALAPOK FAJTÁI, SZERKEZETE

Sávalapok

A sávalapok a falak folytonos alátámasztására készülnek. Talpszélességük kivételesen azonos is lehet a felmenő faléval, általában azonban konzolosan kinyúlnak a falak alól, hogy a talajra áthárított feszültségek ne haladják meg annak teherbírását.

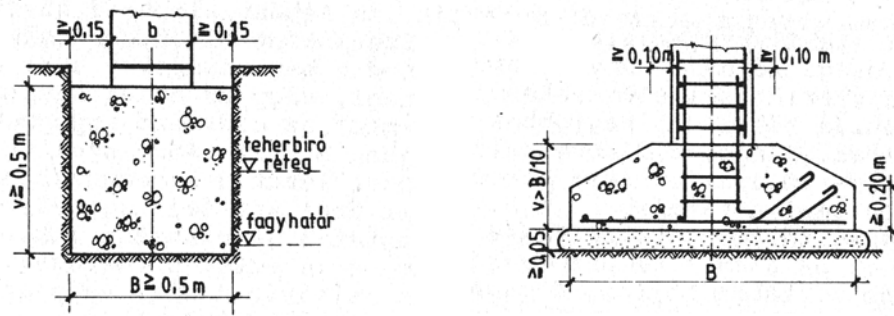
Elég sokszor előfordul, hogy míg az épületek teherhordó főfalait kifogástalanul alapozzák, addig a belső földszinti válaszfalak alatti alapokra kisebb gondot fordítanak. Különösen akkor származik ebből jelentős kár, ha a padozat alatt feltöltés van, és a válaszfalakat erre állítják. Ezért tehát a válaszfalakat is gondosan alapozni kell.

Zárt sorú épületek határfalainak (tűzfalainak) alapjait csak a saját épület alá lehet kiszélesíteni. Ilyenkor a teherátadás külpontos: a talpnyomások eredője nem esik egyvonalba a terhelés eredőjével, és ezért az alaptestről nyomaték adódik át a falakra, illetve az első födémre. Az ilyen alapokat vasbetonból kell készíteni, mert a húzás felvételére alkalmatlan alapok eltörnek, elferdülnek.

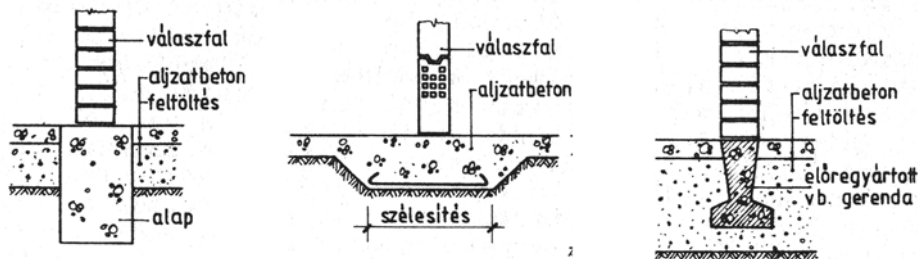


1. ábra. Sávalapok téglából, terméskövből, úsztatott betonból, csömöszölt betonból.

Szerkesztési szabályok



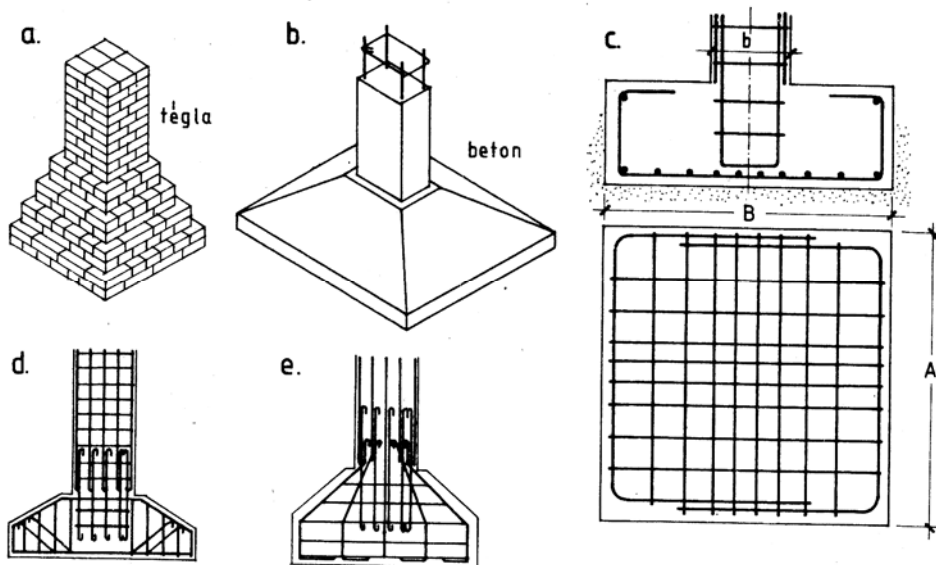
2. ábra. Sávalapok csömöszölt betoneból és vasbetonból



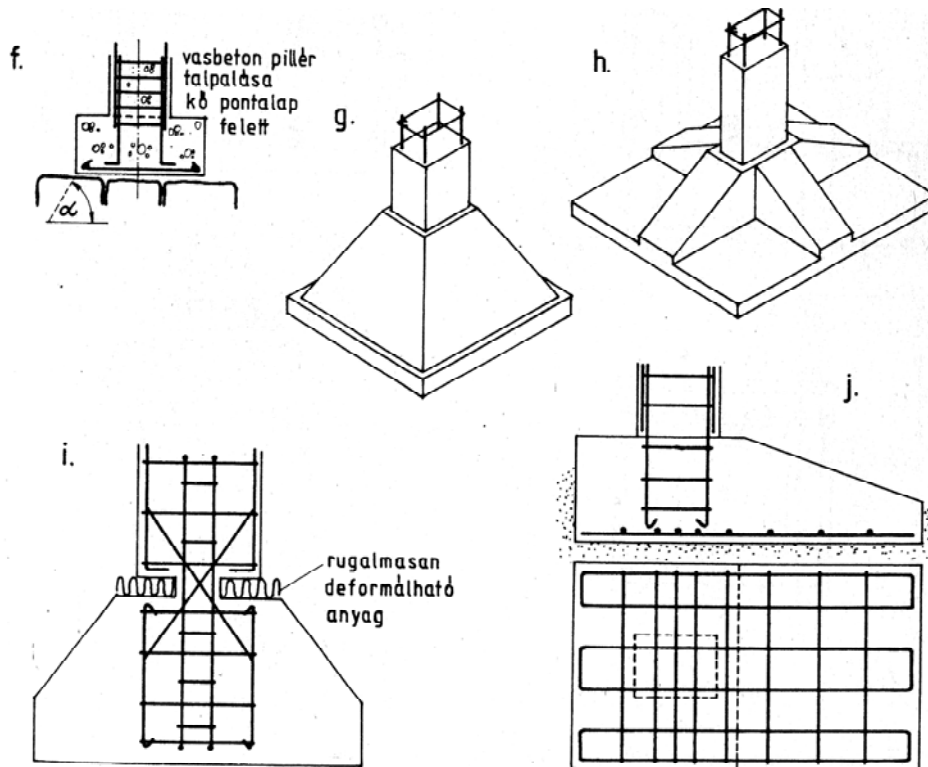
3. ábra. Válaszfalak alapozási lehetőségei. A főfalakhoz hasonlóan alapozva, a betonpadozat vastagításával, kiváltva vasbeton gerendára.

Pillér- (tömb-) alapok

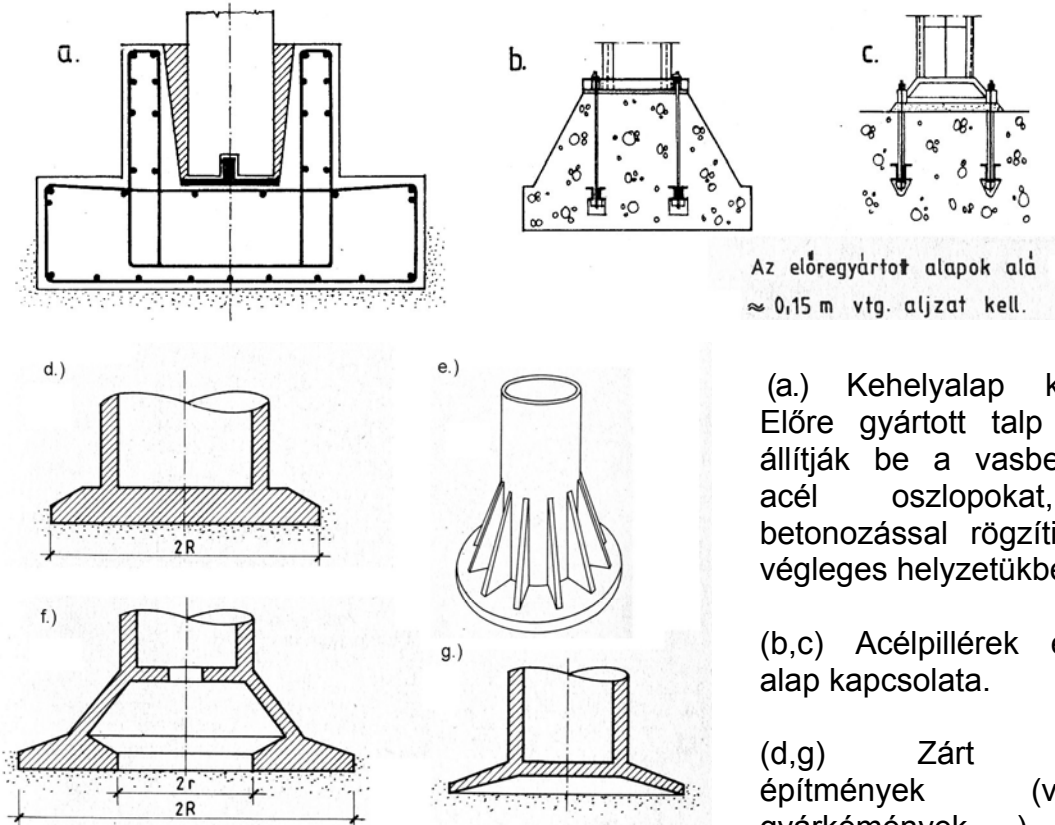
Ezek általában egy-egy pillért, oszlopot támasztanak alá. Alaprajzuk rendszerint négyzet, ritkábban sokszög vagy kör, esetleg téglalap. (Ha az alaptest hosszabbik mérete több mint 3,5-szerese a kisebbik méretnek, akkor sávalapnak tekintjük).



4. ábra. Pilléralapok. Az acélbetétek lehetséges elrendezése és a pillérekhez való csatlakozási megoldásokkal



5. ábra. Pilléralapok kialakításának lehetőségei. (f.) a terméskőalpra épített kisebb teherelosztó vasbeton talppal, (g,h) anyagtakarékos, de munka és zsaluzásigényes tömbalap, (i) nyomatéki csukló kialakítása, (j,k) erősen külpontos, ferde terhelésű tömbalap kialakítása.



Az előregyártott alapok alá $\approx 0,15$ m vtg. aljzat kell.

(a.) Kehelyalap kialakítása
Előre gyártott talp kelyhébe állítják be a vasbeton vagy acél oszlopokat, majd betonozással rögzítik őket a végleges helyzetükben.

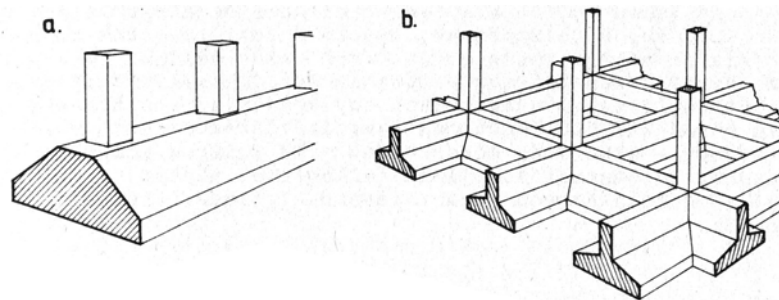
(b,c) Acélpillérek és beton alap kapcsolata.

(d,g) Zárt alaprajzú építmények (víztornyok, gyárcémények) egyetlen tömbként kialakított alaptestei.
(c.) TV torony alaptest

6 ábra. Zárt alaprajzú építmények alapjai

Gerendarács alap

Az egymást metsző szalagalapok együttese, amelyet a csomópontokban terhelnek a pillérek.



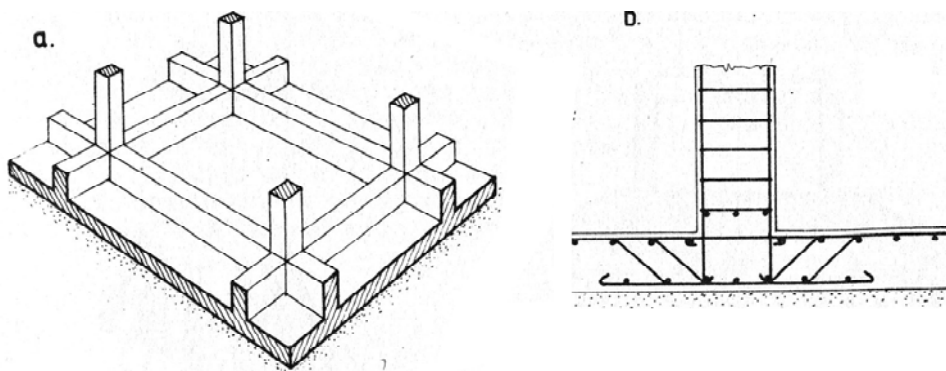
7. ábra (a.) Sáv és pilléralap kombinációja, (b.) gerendarács alap

Lemezalapok

A lemezek tehát rendszerint az egész építmény alatt átmenő, összefüggő, túlnyomóan vasbetonból készült szerkezetek, amelyek pillérek és falakat egyaránt alátámaszthatnak.

Alkalmazásukra akkor kerül sor, ha az építmény terheit csak a teljes alapterületen lehet átadni, mert a többi síkalap alatt a fajlagos terhelés meghaladná az altalaj teherbírását. A viszonylag nagy alátámasztási távolságok és a síkbeli nagy méretük miatt a lemezek hajlékonyak.

Ha a gerendarács elemei közötti földfelületet összefüggő, a teherviselésben részt vevő vasbeton lemezekkel borítják, akkor **bordás lemez** alakul ki.



8. ábra (a.) Bordás lemezalap, (c.) rejtett vasalás a lemezalapban a pilléreknél

DOBOZ ALAPOK

Olyan lemezalapok, amelyek a rájuk épített pincefalakkal és födémrel együtt monolit egészet képeznek.

HÉJALAPOK

A vasbeton lemezalapok sajátos, nagyon anyagtakarékos, és meglehetősen munkaigényes változatai. Lényegük, hogy olyan, matematikailag leírható, egyszeres vagy kétszeres görbületű felületeket alakítanak ki, amelyekben főként normálerők (nyomás vagy húzás) keletkeznek, hajlítás alig. Legegyszerűbbek a forgáshéjak. A körszimmetria miatt nyírófeszültség sem keletkezik bennük.

SÍKALAPOK ALAPOZÁSI MÉLYSÉGÉNEK MEGVÁLASZTÁSA

Az alap (síkalap) alsó támaszkodó felületének (síkjának) szintje és a környező térszín között függőlegesen mért távolság.

Alapsík a síkalapnak ezen a szinten kialakított alsó támaszkodó felülete.

Az alapsík kiválasztásánál mérlegelendő szempontok:

- az alapsík legyen a fagyhatár alatt;
- az alap legyen az építmény szerkezete (pince, mélygarázs stb.) által megkívánt mélységben;
- az alap eléggé teherbíró rétegen álljon;
- térfogatváltozó altalaj esetében az alapok kerüljenek a kiszáradási határ alá;
- az alapsík igazodjon a beépített környezethez.

Figyelembe kell venni a gazdaságossági szempontokat is:

- lehetőleg ne legyen fölösleges földmunka;
- ne használjunk el fölös mennyiségű építőanyagot;
- lehetőleg kerüljük az építés alatti talajvíz szivattyúzás költségeit;
- minél kevésbé "merül" a létesítmény a talajvízbe, annál egyszerűbben oldható meg a szigetelés.

Ezek figyelembevételével kell megkeresni a legkedvezőbb változatot.

Fagyhatár

Fagyhatár a télen 0C° fok alá hűlő talajréteg legnagyobb vastagsága. Elsősorban a terület éghajlati viszonyaitól és a talaj termikus tulajdonságaitól függ. A fagyhatár alatti alapozási mélységgel el lehet kerülni a fagykárt, ami a viszonylag kis terhelésű építményeknek a jégelcsék emelő-feszítő hatása miatti károsodásában mutatkozik meg.

Magyarországon a következő értékekkel kell számolni:

300 mBf alatti terepszintnél homok és kavicsstalaj esetén, ha a talajvízszint 2,0 m-nél mélyebben van 50 cm, más talajoknál 80 cm.

300 mBf feletti terepszintnél homok és kavicsstalaj esetén 80 cm, más talajoknál 100 cm.

A fagy hatásának ki nem tett épületrészeknél (pl. pincékben), ill. a fagytól védett oldalon is legalább 40 cm földtakaró legyen az alaptest alsó síkja fölött.

TÉRFOGATVÁLTOZÓ TALAJOK

A kötött talajok kiszáradásával, ill. telítődésével együtt járó zsugorodás és duzzadás a kis terhelésű házakat veszélyezteti. Ha tehát az altalaj hajlamos az ilyen térfogatváltozásokra, akkor tanácsos az alapsíkot a kiszáradási zóna alatt felvenni. Ez hazánkban 2-2,5 m.

BEÉPÍTETT KÖRNYEZET

A részben alapincézett épületeknél - hacsak nem zsugorodó talajban állnak - megengedhető, hogy egyes alapok magasabban maradjanak. A különböző szinteken levő alapokat lépcsőzetes mélyítéssel kell csatlakoztatni.

RÉGI ÉS ÚJ ÉPÜLET EGYMÁS MELLÉ ÉPÍTÉSE

a padlószintek relatív helyzetétől függetlenül az új épület alapsíkja nem lehet a régi épület alapsíkja fölött:

Ilyen esetben szükség lehet a régi épület alá kiegészítő alapfal építésére.

Ez a művelet azonban igen kényes, és ha kivitelezése szakszerűtlen, akkor **sokkal több a kára, mint a haszna.**

Ezért sok esetben inkább más, műszakilag egyenértékű megoldással (cölöpfallal, szádfalazással, réseléssel, talajszilárdítással, az új épület alapjainak beljebb húzásával stb.) védik meg a régi épületet.

TALAJVÍZ

A talajvíz szintje fölött épült alapok olcsóbb kivitelezésével szemben áll az a tapasztalati tény, hogy az épületek károsodását az esetek 3/4 részében víz okozza, a vízkár pedig annál súlyosabb lehet, minél "szárazabb" talajon áll eredetileg az épület.

A talajvíz szintjének állandó változásait elsősorban az időjárási tényezők (csapadék, hőmérséklet, párolgás), valamint a felszíni vízfolyások vízállásai befolyásolják. Ezért a

feltárás idején észlelt nyugalmi vízszint csak egy a számos lehetséges vízállás közül. Az alapozás építés idején várható szintek ismerete a kivitelezés végrehajtásához, a szigetelések tervezéséhez pedig az ún. "mértékadó" szintet, amelyet az észlelt vízszintingadozás alapján az építmény fontosságától és szárazsági igényeitől függően lehet kiszámítani.

Külön vizsgálatot igényel az áramló víz kiüregelő hatásának kitett alapok (pl. hidak pillérei) alapsíkjának meghatározása. Nemcsak azt kell mérlegelni, hogy a folyó az építés előtti állapotában mélyülő vagy feltöltődő jellegű-e, hanem azt is, hogy az új létesítmény megépülte nem vezet-e új, az áramlás szempontjából kedvezőtlenebb helyzetre.

Tisztázni kell a talajvíz kémiai tulajdonságait is. Az építőanyagok esetében elsősorban a savas kémhatás és a szulfátkorrózió lehetőségét vizsgálják. Ez ellen a szigeteléssel, és eléggé ellenálló anyagok felhasználásával kell védekezni.

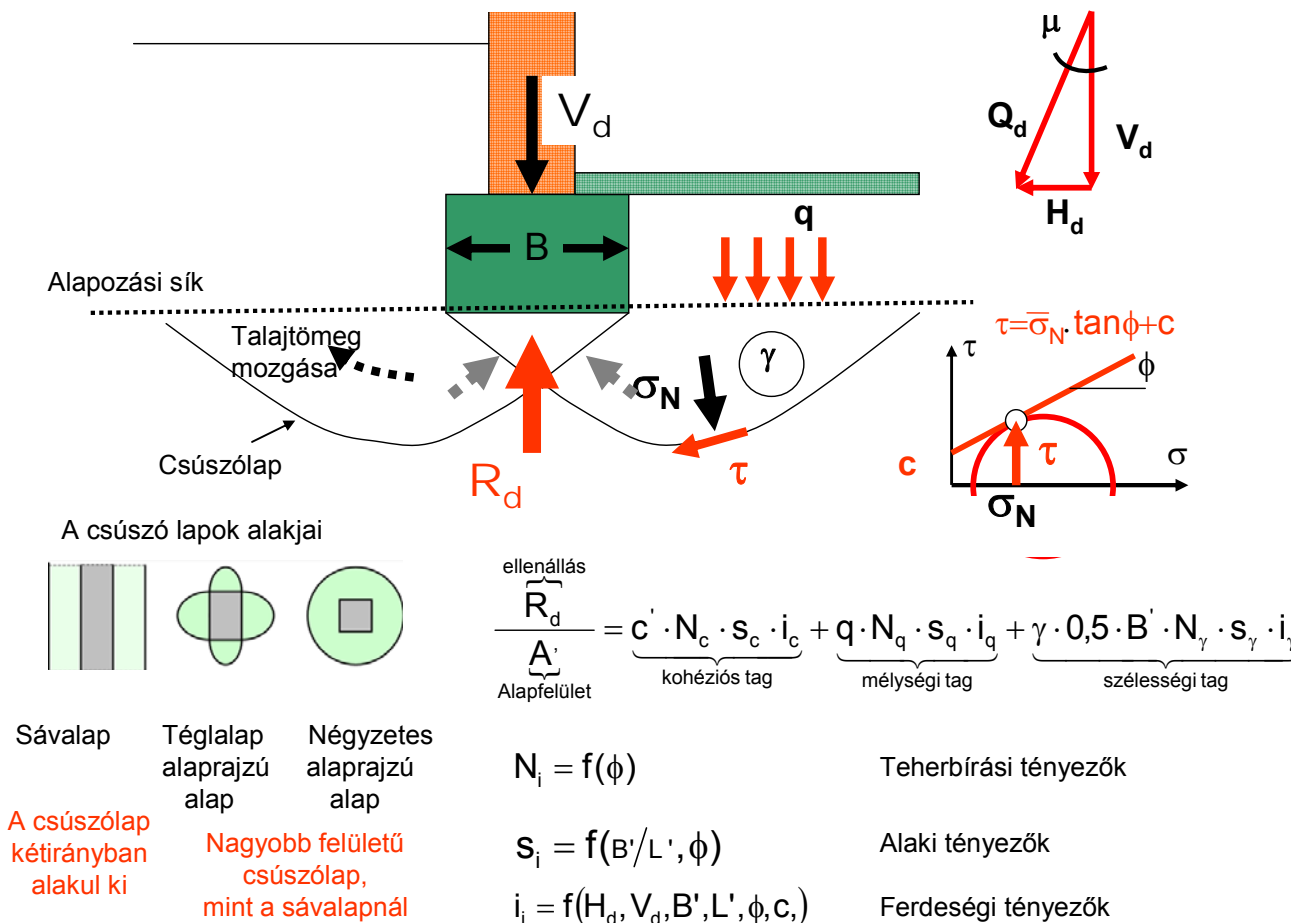
AZ ALAP FELÜLETÉNEK MÉRETEZÉSE A TEHERBÍRÁS ALAPJÁN

Egy alaptest teherbírása többféleképpen is meghatározható:

- elméleti úton, képletekből számítva;
- szabályzatokból, táblázatos adatokból;
- a környezetben már meglévő építményeken szerzett tapasztalatok alapján;
- szondázással meghatározott talajadatokból, ún. félig tapasztalati módszerekkel.

A szomszédos építmények adatait csak akkor használhatjuk fel, ha a méretezésének körülményei ismertek; állapota ellenőrizhető. Rendelet írja elő a készülő alapozási tervek, illetve talajvizsgálatok-dokumentációinak rendszerezett nyilvántartását. Ez az Építési Geotechnikai Adattár (ÉGA) archivumában megtalálható.

Tekintsük át egy sávalap képzeletbeli terhelését, amelyre fokozatosan egyre nagyobb terheket helyeznek. Kezdetben az erővel nagyjából egyenesen arányos süllyedések keletkeznek. Később a benyomódás rohamosan nőni kezd, majd végül egy bizonyos terhelésnél - amit törőerőnek nevezünk - határozott **csúszólap** alakul ki, a környező térszín körben (vagy csak az egyik oldalon) feltorlódik, az alap pedig mélyen befúródik a talajba. Ez a jellegzetes **talajtörés** azért következik be, mert a terhelés által keltett csúsztató feszültségek a csúszólap mentén mindenhol elérték az ott rendelkezésre álló nyírószilárdságot.



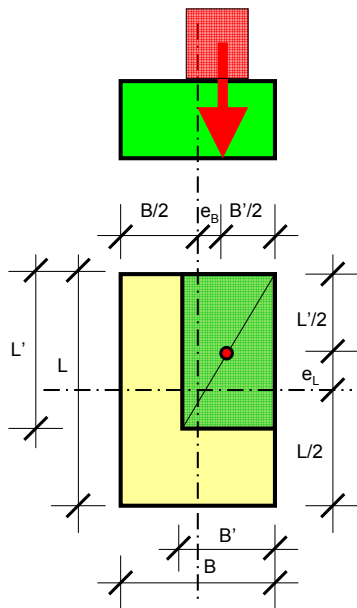
9. ábra Az alap alatti talajtörés kialakulása.

A képlet a feltételezett csúszólap alapján –tehát határállapotban- abból indul ki, hogy az alappal együttmozgó, a talpsúrlódás miatt létrejövő földékre ható erőket határozza meg. Ennek bonyolult levezetését mellőzve egy általánosított képletet kapunk a törőfeszültség értékére.

A számításokban az alap hatékony támaszkodó felületét kell figyelembe venni. Ha a terhelés külpontos, akkor a tényleges felületet redukálni kell. Ezt a támadóerőhöz legközelebbi sarokpontot felhasználva egy olyan idom szerkesztésével érhetjük el, aminek a támadóerő a középpontja.

Az N- mennyiségek az ún. **teherbírási tényezők**. (Ezek a felvett modell alapján levezetett matematikai levezetésből összevonások alapján jöttek létre, és dimenzió nélküli számok.) A talajnál a feltételezett csúszó felületen fellépő súrlódásból származtatjuk, szoros összefüggésben a súrlódási szöggel.

A terhelés külpontosságának hatása



tényleges keresztmetszet

B szélesség

L hosszúság

külpontosság

e_B B irányában

e_L L irányában

dolgozó keresztmetszet

B' szélesség

$B' = B - 2 \cdot e_B$

L' hosszúság

$L' = L - 2 \cdot e_L$

10. ábra. Az excentrikus terhelés figyelembe vétele az alap hatékony alapterületénél.

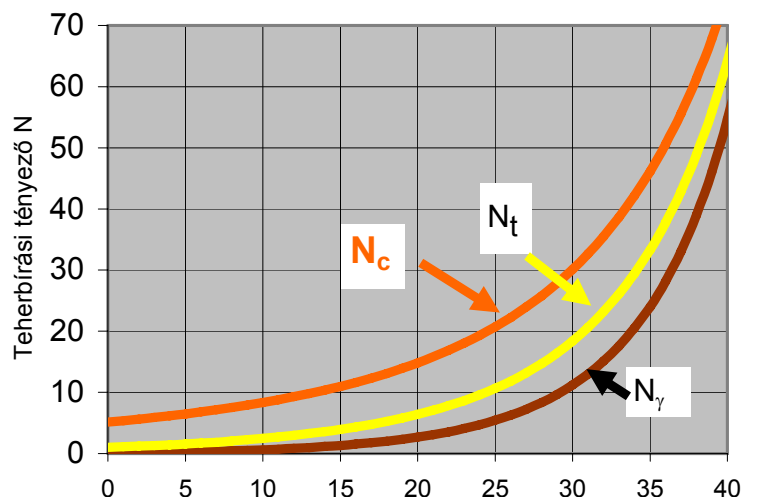
– a talajtörési ellenállás tényezői:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2(45 + \varphi' / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \varphi'$$

$$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi',$$

ha az alapsík érdes $\delta \geq \varphi' / 2$



11. ábra Teherbírási tényezők

A γ_1 az alap alatti talaj mértékadó térfogatsúlyát jelenti. Ha a mértékadó talajvízszint mélysége az alap alatt a feltételezett alapszélesség felénél közelebb van, akkor a felhajtóerővel csökkentett térfogatsúllyal számolunk, ha pedig mélyebben, mint az alapszélesség 1,5-szerese akkor a nedves állapotú térfogatsúllyal. A két mélység között a térfogatsúly értékét interpolálással vesszük fel.

A $q = t \cdot \gamma$ érték az alapozási síknál lévő **függőleges hatékony feszültség értéke**. Az alap különböző oldalánál ez az érték eltérő lehet, de a számításunknál a kisebbik értékkel számolunk.

A képletben az a mennyiségek az alaptest alakjának alakjának a hatását figyelembe vevő korrekciós tényezők. Tulajdonképpen azt veszi figyelembe, hogy mekkora csúszólap felület tud kialakulni. Egy sávalap esetén a csúszólap felület kétirányban, míg egy pontalaplánál négy irányban –minden oldalhosszhoz kapcsolódva- alakul ki.

– az alap alakjának tényezői:

$$s_q = 1 + (B' / L') \sin \varphi' \quad \text{téglalap alakú alaptestek esetén;}$$

$$s_q = 1 + \sin \varphi' \quad \text{négyzet vagy kör alakú alaptestek esetén;}$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 (B' / L') \quad \text{téglalap alakú alaptestek esetén;}$$

$$s_\gamma = 0,7 \quad \text{négyzet vagy kör alakú alaptestek esetén;}$$

$$s_c = (s_q N_q - 1) / (N_q - 1) \quad \text{téglalap, négyzet vagy kör alakú alaptestek esetén.}$$

Az i mennyiségek az alap síkjára ható eredő erő ferdeségét veszi számításba.

– a teher ferdeségének tényezői H vízszintes erő esetén:

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$i_q = [1 - H / (V + A' c' \cot \varphi')]^m$$

$$i_\gamma = [1 - H / (V + A' c' \cot \varphi')]^{m+1}$$

ahol

$$m = m_B = [2 + (B' / L')] / [1 + (B' / L')] \quad \text{ha } H \text{ a } B' \text{-vel párhuzamos;}$$

$$m = m_L = [2 + (L' / B')] / [1 + (L' / B')] \quad \text{ha } H \text{ az } L' \text{-vel párhuzamos.}$$

Ha az erő vízszintes összetevője θ szöget zár be az L' irányával, akkor m a következőképpen számítható:

$$m = m_\theta = m_L \cos^2 \theta + m_B \sin^2 \theta$$

Áttekintve a képletet, megállapítható, hogy az alap alatti talajnál csúszólap kialakulásával járó oldalirányú talajkifordulás miatti talajtörés képletében a legjelentősebb a súrlódási szög és a kohézió értéke.

A régi MSZ 15004 szabvány és az EC7 európai szabvány képletében lényeges eltérés nincs, de a biztonsági filozófiai eltérése miatt már a számítások eltérnek.

Az MSZ szabvány a terhelések oldaláról a **mértékadó terhelést** (a terheléseknek mértéket adó értéket) veti össze a csökkentő tényezőkkel megszorított törőfeszültségekkel.

Ebben a felfogásban a legkedvezőtlenebb tehercsoportosításban az állandó terhek biztonsági tényezőkkel szorzott értékének és a hasznos terhelésnek a biztonsági szorzókkal adja a mértékadó terhelést.

A jó tervezésnek az a feltétele, hogy a mértékadó terhelés megegyezzen a határteherbírással. (Ha a mértékadó terhelés nagyobb mint a határteherbírás akkor gazdaságtalan lehet az alap.)

A talaj határfeszültségét a töréshez tartozó feszültség $\alpha = \frac{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3}{\alpha \leq 0,7}$ csökkentő tényező

szorzatával nyerjük, ahol az egyes tényezők a talajfeltárás, a laboratóriumi vizsgálatok részletességétől, továbbá az élet és vagyoni kockázat mértékétől függenek.

Mindez tehát azt jelenti, hogy az alap töréssel szembeni biztonságát egyrészt a **terhelési igény növelésével**, másrészt a talaj töréssel szembeni **teherbíró képességének a csökkentésével biztosítjuk.**

Az európai szabályozásnál más biztonsági filozófiai érvényesül.

A terhelések (hatások reprezentációs értékeinek (F_{rep}) kombinációját állítjuk elő az igénybevétel reprezentációs értékéből képzett tervezési értékkel. A hatások parciális tényezőit vagy magukhoz az eredeti hatásokhoz (F), vagy a belőlük származó (E) igénybevételekhez szabad alkalmazni.

Ha valamely szerkezeti elem vagy talajzóna törési határállapotát vagy nagymértékű alakváltozását kell vizsgálni (STR es GEO). akkor azt kell igazolni, hogy

$$E_d \leq R_d$$

igénybevétel

ellenállás

a d index a design tervezési értékre utal

E_d **igénybevétel tervezési értéke**, a kifejezésben szerepel:

- γ_F egy hatás (erő) parciális tényezője;
- γ_m az anyagjellemző parciális tényezője;
- γ_E hatások együttesének (erőknek a) parciális tényezője;
- a_d a geometriai jellemzők tervezési értéke

Ezeket az értékeket a Nemzeti Alkalmazási Dokumentum rögzíti

Tehát a mértékadó terhelés helyett a hatásokból képzett **reprezentatív értéket határozzuk meg**, és ezek után összegezve határozzuk meg az **igénybevétel tervezési értékét**.

Ez tehát az igény oldal, melyben különböző tervezési eseteket vizsgálunk, attól függően, hogy a vizsgálatnál milyen bizonytalanságok léphetnek fel.

A terhelések tervezési értékével szemben az **ellenállások tervezési értékei** szerepelnek (R_d).

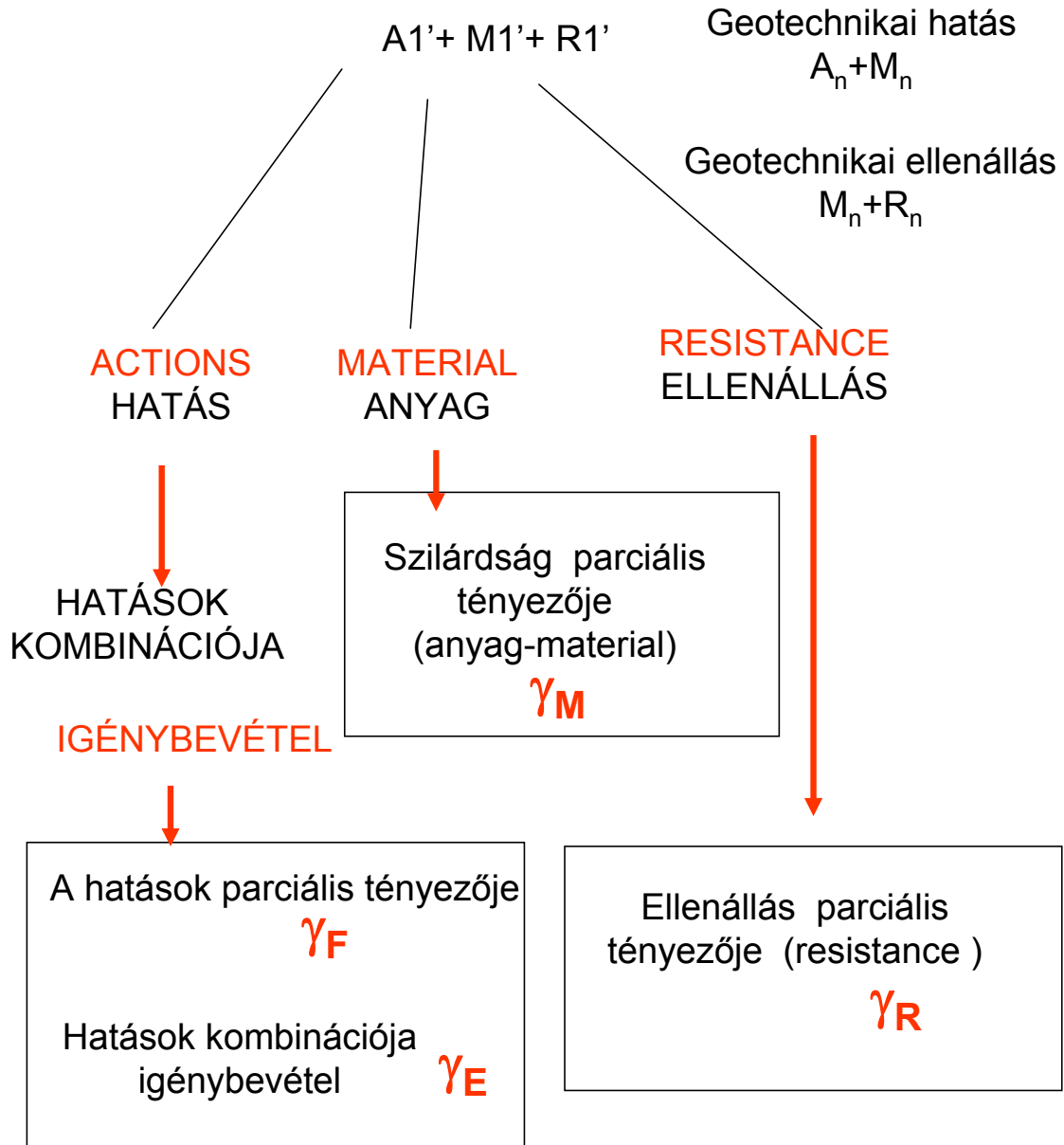
Az ellenállások tervezési értéke az ellenállások karakterisztikus értékeinek a parciális tényezőkkel előállított értékek kombinációjából vezethető le.

A parciális tényezőket vagy az (X) talajjellemzőkhöz, vagy az (R) ellenállásokhoz, vagy egyidejűleg mindkettőhöz szabad alkalmazni.

Az olyan tervezési eljárásokban, amelyekben az igénybevételek felszorozott értékkel szerepelnek, a hatások parciális tényezője 1,0

TERVEZÉSI MEGKÖZELÍTÉSEK

+ kombinálni kell vele



12. ábra Tervezési megközelítések az Eurocode 7 alapján

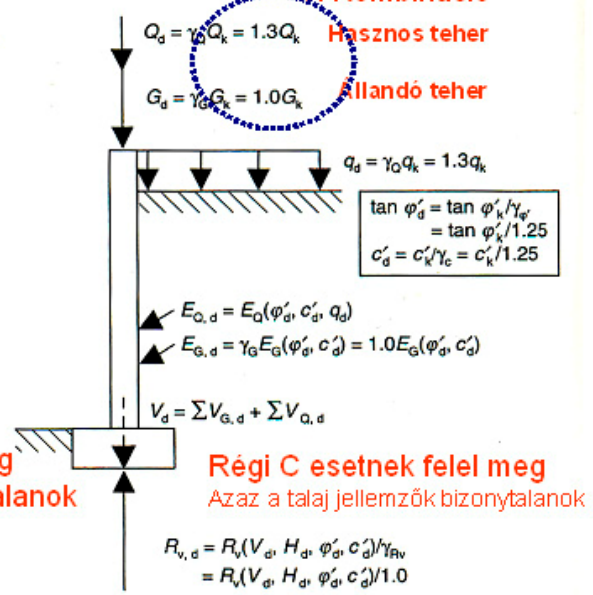
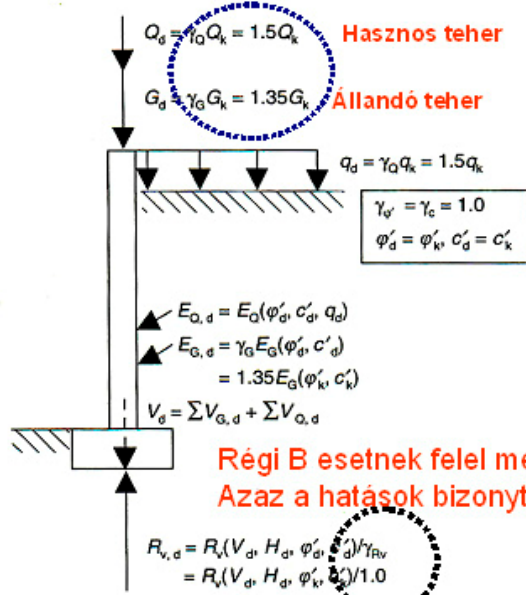
A parciális tényezők összefoglaló táblázata

Paraméter	Jelölés	EQU	GEO/STR		M1	M2	R1	R2
			A1	A2				
Állandó hatások (G)	az állékonyságcsökkentő, kedvezőtlen állandó hatásokra;	$\downarrow_{G,dst}$	1.10	1.35	1.00			
	az állékonyságnövelő, kedvező állandó hatásokra	$\downarrow_{G,stb}$	0.90	1.00	1.00			
Esetleges hatások (Q)	az állékonyságcsökkentő, kedvezőtlen esetleges hatásokra;	$\downarrow_{Q,dst}$	1.50	1.50	1.30			
	az állékonyságnövelő, kedvező esetleges hatásokra.	$\downarrow_{Q,stb}$	-	-	-			
Véletlen hatások (A)	kedvezőtlen	$\gamma_{A, dst}$	1.00	1.00	1.00			
	kedvező	-	-	-	-			
Nyíróellenállási tényező (tan ϕ')		$\gamma_{\phi'}$	1.25			1.00	1.25	
Hatékony kohézió (c')		$\gamma_{c'}$	1.25			1.00	1.25	
Drénezetlen nyírószilárdság (cu)		γ_{cu}	1.40			1.00	1.40	
Egyirányú nyomószilárdság (qu)		γ_{qu}	1.40			1.00	1.40	
Térfogatsúly (γ)		$\gamma\gamma$	1.00			1.00	1.00	
Ellenállóképesség (Rv)		γ_{Rv}					1.00	1.40
Nyírási (csúszással szembeni) ellenállás (Rh)		γ_{Rh}					1.00	1.10
Talaj ellenállás (Rh)		γ_{Re}					1.00	1.40
Talajtörési ellenállás	SÍKALAP	γ_{Rv}						1.40
Elcsúszási ellenállás		γ_{RH}						1.10
Vert cölöpök talpellenállás	VERT CÖLÖP	γ_b						1.10
Nyomott cölöp palástellenállása		γ_s						1.10
Nyomott cölöp teljes/kobinált ellenállása		γ_t						1.00
Húzott cölöp palástellenállása		$\gamma_{s,t}$						1.25
Cölöpök talpellenállás	FÚRT CÖLÖP	γ_b						1.25
Nyomott cölöp palástellenállása		γ_s						1.10
Nyomott cölöp teljes/kobinált ellenállása		γ_t						1.20
Húzott cölöp palástellenállása		$\gamma_{s,t}$						1.25
1. tervezési módszer	Kombináció 1		(A1+M1+R1)		Cölöp és horgony	(A1+M1+R1)		
	Kombináció 2		(A2+M2+R1)			(A2 + (M1 vagy M2) + R4)		
2. tervezési módszer			(A1+M1+R2)					
3. tervezési módszer			(A1 vagy A2) +M2+R3					

a. Kombináció

1. TERVEZÉSI ESET

b. Kombináció

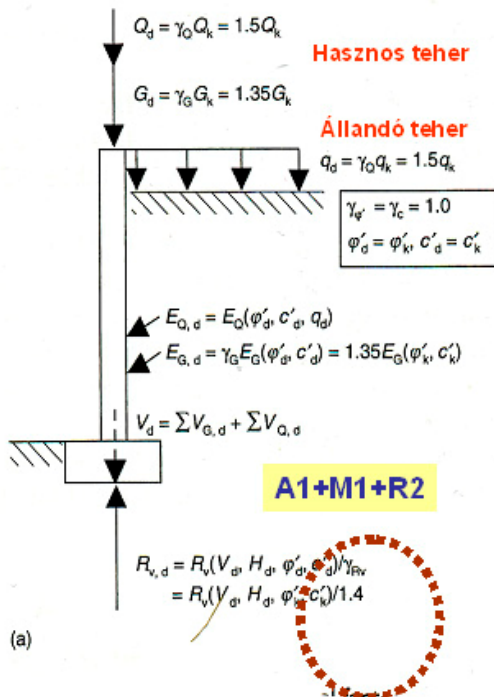


(a) **A1+M1+R1**

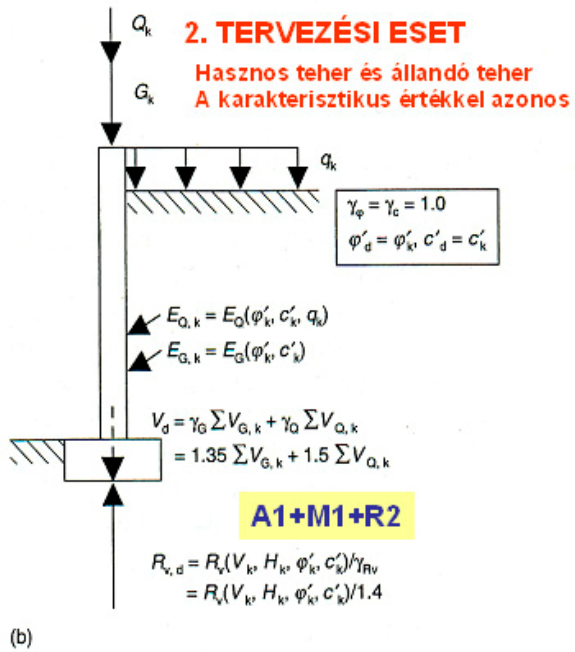
(b) **A2+M2+R2**

$\gamma_{R1} = 1,0$

TALAJTÖRÉSI VIZSGÁLAT



A1+M1+R2



A1+M1+R2

HATÁRÁLLAPOT A TALAJRA ÉS A SZERKEZETRE

13. ábra Tervezési esetek és a parciális tényezők az Eurocode 7 alapján

A TEHERBÍRÁS SZÁMÍTÁSA TÁBLÁZATOS ADATOKBÓL

A korábbi magyar szabvány és az EC 7 is az 1. Geotechnikai kategóriában megengedi, hogy ha a talaj kellően fel van tárva, rétegződése az építmény területén egyenletes és közelítően vízszintes, az alapok alatti első talajréteg pedig "elég" -vastag, akkor:

- előtervezéshez,
- alárendelt jelentőségű vagy
- ideiglenes építmények tervezéséhez

táblázatokból vett határfeszültségek felhasználásával számítsák a síkalapok terhelhetőségét, ill. szélességét. Ez a határfeszültség egy σ_a alapérték, valamint a szélesség, mélység és alak hatását számításba vevő korrekciós tényezők szorzatából adódik. A σ_a alapértéket a talaj nemétől és állapotától (tömörségétől, víztartalmától) függően táblázatok adják meg.

- Nem szabad alkalmazni ezt a számítási módot a következő esetekben:-
süllyedésre érzékeny és/vagy nagy jelentőségű építményeknél;
- folyós, puha, feltöltött, szerves vagy mesterségesen szilárdított talajon;
- csúszásra hajlamos rétegződésnél,
- lejtős terepen vagy ferde terhek alapozásánál.

Határfeszültség értéke szemcsés talaj esetén :

$$\sigma_H = c_1 \cdot c_2 \cdot \sigma_a$$

de maximum:

$$\sigma_H < 3 \sigma_a$$

ahol σ_a = a határfeszültség alapértéke

c_1 = mélységi tényező:

$$c_1 = \frac{t + B}{2}$$

c_2 = alak tényező:

$$c_2 = 1,00 \text{ ha } \frac{B}{L} < 1/5$$

$$c_2 = 1,25 \text{ ha } \frac{B}{L} < 1,00 \text{ egyébként a két érték között interpolálni kell.}$$

A határfeszültség alapértéke szemcsés talajoknál MSZ 15004. 3. táblázata

Jel	Szemcsés talajok nevei	Száraz és földnedves	Nedves	Telített és víz alatt
		Határfeszültség (σ_a) kN/m ²		
a	Durva és finom kavics	650-780	650-780	520-650
b	Homokos kavics vagy iszap nélküki kavics	580-780	580-780	450-600
c	Közepes szemcseméretű homok	480-650	480-650	300-400
d	Finom homok	300-400	300-400	200-250

A határfeszültség alapértéke kohéziós és makroporozus azalajoknál MSZ 15004.

$$\sigma_H = c_3 \sigma_a$$

de maximum: $\sigma_H < 3 \sigma_a$

ahol σ_a = *basic* a határfeszültség alapértéke,

c_3 = mélységi tényező :

$$c_3 = \frac{2 + t + B}{4}$$

Ha a talaj előkonszolidált 50 %-ig, akkor, akkor az alapérték maximum 40 %-al növelhető.

Kohéziós talajok		Plastikus index I_p	Hézag-tényező e	Határfeszültség (σ_a) kN/m ²		
Jel	Név			$I_c > 1,2$	$I_c = 1,0$	$I_c = 0,5$
e	Iszapos homok vagy homokos iszap	1 től 10	0,5	400	350	300
			0,7	300	250	180
f	Iszap, homokos agyag, sovány agyag	10- től 20	0,4	500	400	320
			0,5	420	350	300
			0,7	350	300	200
			1,0	300	200	150
g	Közepes agyag vagy kövér agyag	> 20	0,4	900	750	---
			0,6	720	600	---
			0,8	420	350	200
			1,0	350	250	150

A SÍKALAPOK MÉRETEZÉSE AZ ALAKVÁLTOZÁSOK ALAPJÁN.

A "süllyedés" a létesítmények függőleges elmozdulása valamely (térben és időben értelmezhető) kezdeti helyzethez képest.

Számos ok, körülmény vezethet süllyedésekre: az alapok alatti talaj összenyomódása (kompressziója); rokadás; a víztartalom változása és főleg a zsugorodás; dinamikus hatások; a talajvíz szintjének ingadozása; a feszültségállapot megváltozása; hőmérsékleti hatások; a szerves alkotórészek bomlása, ill. általában a kémiai változások; föld alatti munkák (pl. alagútépítés) stb. Ezek közül csak *néhány* esetre végezhető valamelyest pontos számítás. A többi - esetleg egészen durva károsodásra vezető - süllyedési okot előre el kell hárítani.

A víz okozza az épületkárok kb. 75%-át, és legfeljebb csak az esetek 10%-ában fordul elő az altalaj túlzott összenyomódása miatti süllyedési kár. Ez jórészt azért lehet így, mert a kompressziós süllyedéseket - a meglevő bizonytalanságok ellenére is - előre és kellő óvatossággal ki lehet számítani, míg a vízkár sokszor elháríthatatlan elemi csapásként jelenik meg.

A feszültségek számítása

Az alapok és a talaj érintkezési felületén átadódó terhek (feszültségek) a talajban - mint végtelen féltérben szétterjednek. Az általuk valamely tetszőleges helyzetű pontban keltett feszültségek annál kisebbek, minél távolabb van a pont az erőátadás helyétől. Ez azért van így, mert a talaj képes csúsztató feszültségek felvételére, és így - ezek által közvetítve - az alaptesttől oldalt elhelyezkedő talajtömegekre is "átadódnak" a terhelések. (Ha az alap olyan "közegen" - például különálló rugókon vagy folyadékon - nyugodnék, amely nem képes erre, akkor a z függőleges távolság növekedésével nem csökkennének a közegen keltett feszültségek.) A feszültségek számításának fő törekvése épp az, hogy e csökkenéseket elfogadható pontossággal vegyük figyelembe. A számítások a rugalmasságtani összefüggések felhasználásával táblázatokat szerkesztettek.

Az épület alapincézettisége esetén a pincetömb kiemelése következtében a talaj bizonyos fokig tehermentesül. Kompressziós kísérletet végezve tehermentesítéskor

bizonyos fokú rugalmas expanziót, kiterjedést tapasztalunk, tehát talajfelszín emelkedés következik be.

A talaj önsúlyából származó feszültség geológiai előterhelésnek számít, így ezen feszültség hatásából számítható összenyomódást le kell vonni a teljes összenyomódás értékéből.

A süllyedést okozó feszültség fentiek alapján tehát így számítható:

- a/ meghatározzuk az egyes alaptestek terheléséből származó többletfeszültségeket, ami a geosztatikus nyomás megnövelését jelenti;
- b/ kiszámítjuk a pincetömb kiemeléséből származó feszültségeket /ez negatív, tehát levonásba kerül;
- c/ kiszámítjuk a talaj önsúlyából származó hatékony feszültségeket;
- d/ ezután lehatároljuk a feszültség mélységbeli hatását. A határmélység m_0 ott lesz, ahol a süllyedést okozó feszültség akkora, mint a talaj önsúlyából származó feszültség 0,2 szerese.
Ez a mélység azt jelenti, hogy a talajfeszültség ezen mélység alatt már olyan mértékű, hogy a talajban már összenyomódást nem okoz.
- e/ az alap alatti talajrétegek középvonalában, illetve a számítások finomítása érdekében felvett rétegvastagságok középvonalában kiszámítjuk a talaj önsúlyából származó hatékony feszültségeket;
- f/ a réteg középvonalaknál meghatározzuk a talaj alakváltozására jellemző fizikai adatokból a fajlagos alakváltozásokat;
- g/ a fajlagos alakváltozásoknak az előírható határok közötti "integrálja" adja a keresett süllyedést.

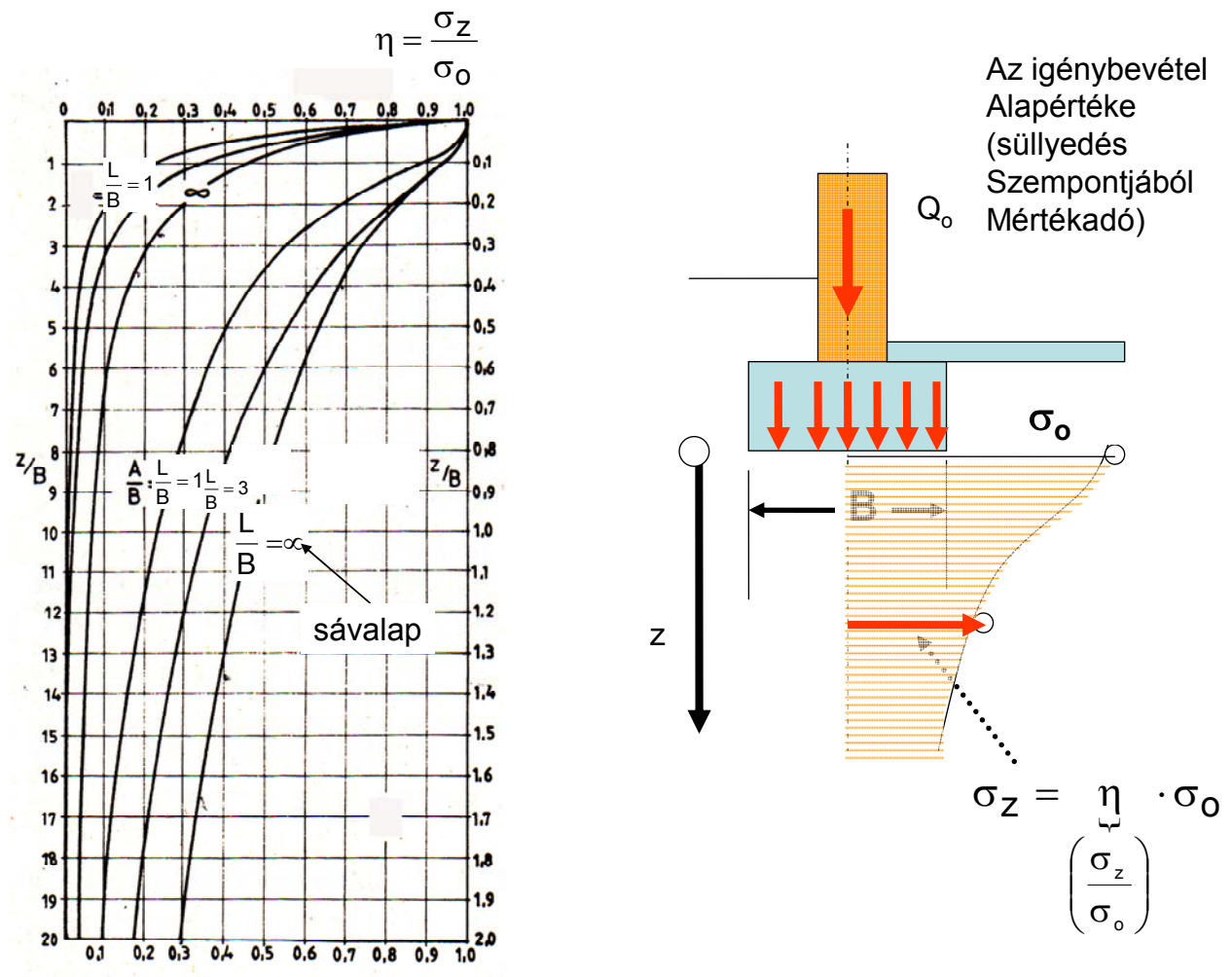
A feszültségek számítását a rugalmasságtani elvek alapján végezzük. Boussinesq francia természettudós alapelveire épül. A bonyolultabb számítások megkönnyítésére diagramokat készítettek, vagy táblázatos formában adják meg a mélység és az alap kisebbik méretének függvényében azt az arányt, ami megadja hogy az alapozás

síkjában működő feszültségnek milyen aránya érvényesül az adott mélységben.

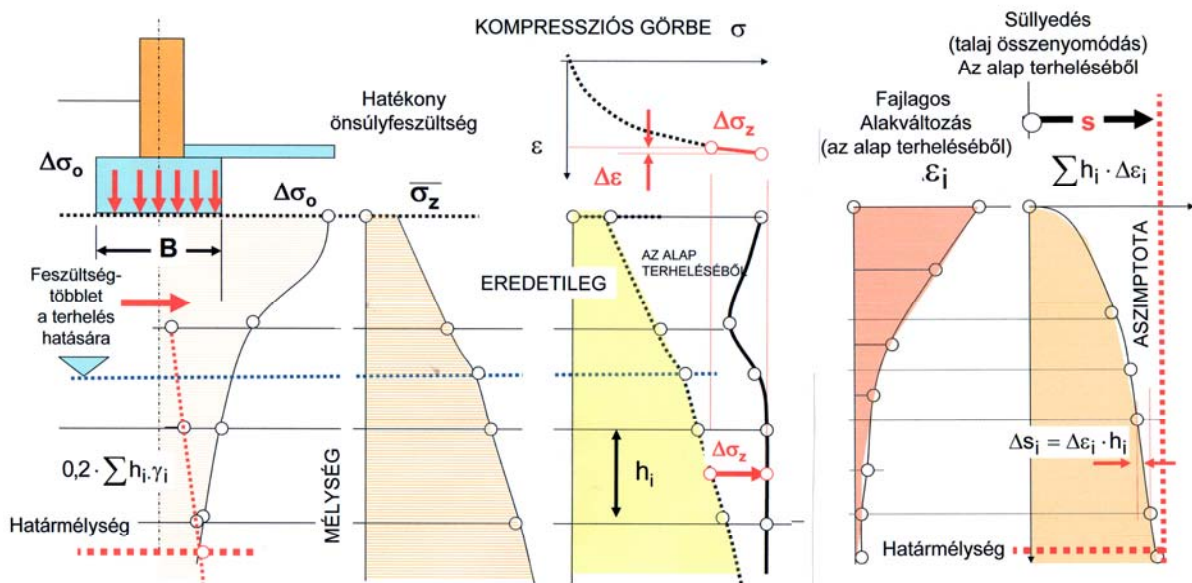
Meg kell jegyeznünk, hogy az alapra adódó terhelésnél a reális (parciális tényezőkkel nem növelt) alapértéket vesszük figyelembe.

A feszültségek mélységbeli eloszlása alapján a geostatikus kezdeti nyomáshoz tartozó feszültségtöbbletet vesszük figyelembe a fajlagos alakváltozások (egységnyi talajréteg összenyomódása) meghatározásához.

Célszerű az egyes rétegek összenyomódását meghatározni és képezni az alapsíktól kezdődően a réteg összenyomódások összegét. Az így megszerkesztett görbének az aszimptotája adja meg közelítésként a süllyedést.



14. ábra. A feszültségek számítása síkalapok alatt.



H

15. ábra. Az alap alatti talaj süllyedésének talaj összenyomódásának számítása. (Mecsi J. 2005)

Ha a süllyedések legvalószínűbb értékeit keressük, akkor a terhek átlagos értékeivel és átlagos talajfizikai jellemzőkkel (Nem a karakterisztikus értékekkel!) kell számolni. A süllyedéskülönbségek vizsgálatánál arra kell ügyelnünk, hogy a terhek és a talajviszonyok is változnak.

A számított süllyedéseket össze kell vetni az engedett süllyedésekkel, amit a károsodások tanulmányozása során leszűrt szakirodalmi adatokból kapjuk.

Általánosan megállapítható, hogy

- 50 mm egyenletes süllyedés általában megengedhető;
- 20 mm süllyedéskülönbség statikailag határozott szerkezeteknél még nem okoz kárt;
- Relatív elfordulásként (ami két pont süllyedéskülönbségének és távolságának az aránya) megengedhető 1:500 elfordulás, de 1:150 elfordulás már kért okoz. Minél alacsonyabb –kisebb merevségű – az épület, annál kevesebb relatív elfordulás engedhető meg károsodás nélkül.

Káros, főként egyenlőtlen süllyedések az alábbi okokból származhatnak.

- a/ A talaj rétegződése egyenetlen, rétegek vastagsága vagy esetleg állapota változó.
- b/ A terhelés egyenlőtlenül oszlik el. Például egyetlen alaptestnél excentrikus terhelés esetén, vagy ugyanazon alapra állított, az építmény jellegéből következően különböző terhelésű részek esetén.
- c/ Az építmény részei alatt különböző alapozási módot alkalmaztak; pl. síkalapozást és cölöpalapozást stb. Ugyan-ilyen hatású, ha az alaptesteket - egyébként azonos körülmények között - különböző síkokon alapozták.
- d/ A nyomások valamely nagyobb kiterjedésű építmény különálló alaptestei alatt vagy szomszédos épületek alaptestei alatt aszimmetrikusan egymásra halmozódnak.
- e/ Meglévő épület eredeti egyensúlyi viszonyait megbontják. Például közvetlen közelében mély alapgyödröt emelnek ki, lesüllyesztik a talajvíz szintjét, stb.
- f/ Egymás mellett álló épületek között egyet elbontanak. Ekkor megnő az oldalkitérés lehetősége és a megmaradt épületek az elbontott felé dőlnek.

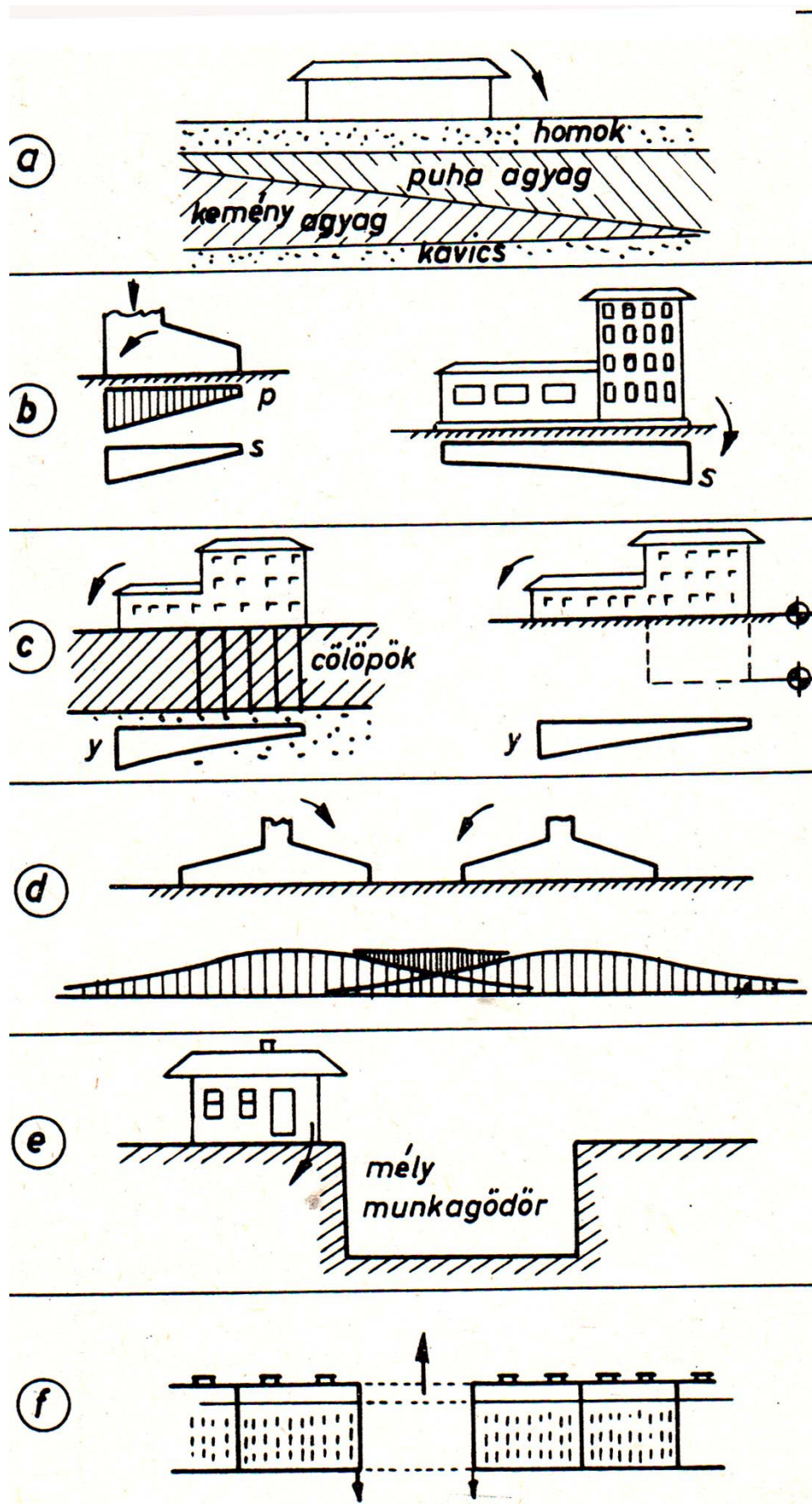
Hogy valamely süllyedés káros-e, az az építmény szerkezetétől, méreteitől és rendeltetésétől függ.

Szerkezetileg a statikailag határozatlan szerkezetek -többszámú tartók, keretek, ívtartók stb. -- azok, amelyekben a támaszok egyenlőtlen mértékű süllyedései káros feszültségeket vagy töréseket okozhatnak.

Méretük szempontjából a magas súlypontú építmények -víztornyok, gyárkémények - érzékenyek a **süllyedéskülönbségekre**.

Rendeltetésük szerint azok az építmények érzékenyek, amelyeknek repedésmentességét biztosítani kell /tartályok, medencék stb./.

Mint látjuk: főként a süllyedéskülönbségek, -vagyis a támaszok egyenlőtlen mértékű lesüllyedései -a veszélyesek, míg az **egyenletes süllyedések** /amikor tehát az eredetileg vízszintes alapsík önmagával párhuzamosan mozdul el/ kevésbé veszélyes. Az ilyen egyenletes süllyedés csak olyan építményeknél nem engedhető meg, amelyeknek - valamilyen oknál fogva -- meghatározott, állandó szinten kell maradnia.

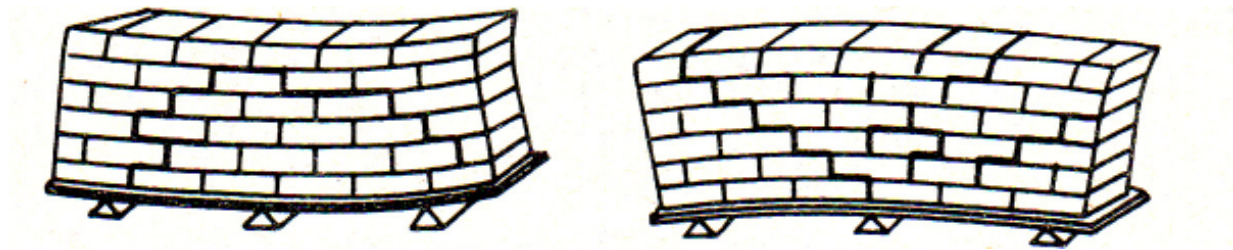


16. ábra Egyenlőtlen alapsüllyedések lehetséges okai

AZ ÉPÜLETEK VISELKEDESE EGYENLŐTLEN SÜLLYEDÉSEK ESETÉN

Az építményeken látható károsodásból, a repedések helyéből és irányából sok esetben pontosan lehet a süllyedéskülönbség okára következtetni. Ezt viszont fontos tudni a további védekezés, illetve a helyreállítás szempontjából.

Egyenlőtlenül süllyedő épület falain kisebb-nagyobb repedések keletkeznek. Ezek nagyságából a süllyedések nagyságára lehet következtetni, irányukból pedig arra, hogy az épületnek mely részei süllyednek nagyobb mértékben. Általános szabály, hogy a repedések a nagyobb süllyedésű hely felé emelkednek. Ez a megfigyelés kísérettel is könnyen ellenőrizhető.



17. ábra Falszerkezetek alakváltozásai, egyenlőtlen süllyedések esetén

A 17. számú ábrán szárazon rakott téglá "fallal" terhelt hajlékony pallók láthatók. A terhelés hatására a palló lehajlik, a falon megjelennek a jellegzetes ferde repedések. Lakóházak falai esetében nem mindig ilyen világos, egyértelmű a helyzet, mert ott többnyire a falak leggyengébb pontjai: ajtók, ablakok sarokpontjai között keletkeznek repedések. Az ilyen házakban azután az ajtók, ablakok nehezen mozgathatók, mert kereteikbe befeszülnek, az ablaküvegek elpattannak, vízvezetékek megrongálódnak stb.

VÉDEKEZÉS KÁROS SÜLLYEDÉSEK ELLEN

Minden építmény süllyed kisebb-nagyobb mértékben. A várható süllyedés kiszámítása után azt kell mérlegelni, hogy az alapok süllyedése, illetve a szomszédos alapok süllyedései közötti különbségek megengedhetők-e vagy sem. Ha a számított süllyedéskülönbségek nem engedhetők meg, akkor valamilyen célszerű, a lehetőségekhez képest gazdaságos védekezési módot kell keresni ellenük.

A káros süllyedések elleni védekezésnek háromféle lehetősége van. Ezek az alábbiak:

A/ Csökkenthető a süllyedés nagysága,

B/ Csökkenthető az építmény süllyedés-érzékenysége,

C/ Az építkezés olyan sorrendben végezhető, hogy azzal a süllyedések okozta károk elháríthatók.

A/ A SÜLLYEDÉSEK CSÖKKENTÉSE

A süllyedések csökkentésére ismét többféle lehetőség van.

Kisebb talpfeszültségek alkalmazása, azaz: a talaj teherbírása szempontjából szükségtelenül nagy felületű alapok építése. A szélesebb felületeken szétosztott terhekből kisebb feszültségek keletkeznek és ez többnyire valóban csökkenti a süllyedéseket, de azért nem olyan mértékben, mint általában gondolni szokták. Részben azért, mert a nagyobb alaptest maga is nagyobb súlyt jelent, főként pedig azért, mert a szélesebb alaptest alatt nagyobb mélységig jutnak el összenyomódást okozó feszültségek. Kivételesen kedvezőtlen esetekben még az is előfordulhat, hogy az alaptest szélesítésével olyan mélyebben fekvő, puha réteget is bevonunk az összenyomódásba, amely egyébként nem játszott volna szerepet a süllyedésekben és az eredmény az, hogy még nagyobb lesz a süllyedés, mint amekkora ellen védekezni akartunk.

Mindig hatásos viszont, ha **az építmény összsúlyát csökkentik** /feltéve, hogy ez egyáltalán lehetséges. Így például az emeletek számának csökkentésével, más, könnyebb építőanyag, illetve szerkezet alkalmazásával stb.

Gyakran alkalmazzák a **talajcserét** is. A puha, erősen összenyomható talajt részben vagy teljes mélységig kiemelik az építmény alól és helyére jól tömörített szemcsés talajt építenek be, amelynek összenyomódása sokkal kisebb, mint az eltávolított talajé. A talajcserét **csak a helyi viszonyok gondos mérlegelése alapján szabad alkalmazni**. Előfordult már az is, hogy az építmény alá épített durva szemcsés jó vízvezető talajtömegben gyűlt össze a talajvíz és a felszínről beszivárgó csapadékvíz is. A szemcsés réteg összegyűjtötte és tárolta a vizet az építmény alatt, az állandó átázásnak kitett alsó réteg -- amely eredetileg kemény, nagy teherbírású volt--lassan

felpuhult. Emiatt végül is nagyobb károk keletkeztek, mintha semmit sem tettek volna a süllyedések ellen.

Ha finom szemcsés talaj /folyós homok/ oldalkitérése okozza a nagy süllyedéseket, akkor ez ellen úgy védekezhetünk, hogy az alap alatti talajtömeget szádfalakkal fogják körül. Különösen akkor hatásos ez, ha a szádpallók végei egy mélyebb fekvésű szilárd rétegbe érnek. A szádfalak közé fogott talajtömeg nem tud elmozdulni és --hacsak nem volt eredetileg nagyon laza állapotban -- kismérvű összenyomódása után az épület további süllyedést nem fog szenvedni.

Hatásosan lehet süllyedési károk ellen védekezni az összenyomódó talaj megszilárdításával is.

B/ AZ ÉPÍTMÉNY SÜLLYEDÉS-ÉRZÉKENYSÉGÉNEK CSÖKKENTÉSE

A legfontosabb szabály az, hogy ne építsünk süllyedés-különbségre érzékeny építményeket olyan területen, ahol a nagy süllyedéskülönbségek nem küszöbölhetők ki. Süllyedésre érzékeny minden sztatikailag határozatlan szerkezet, a többtámaszú tartók, keretek stb. Ezek helyett tehát sztatikailag határozott szerkezeteket kell építeni: kéttámaszú tartót, Gerber tartót, háromcsuklós ívet stb.

Fontos az építőanyag helyes megválasztása is. A fa, téglá és acélszerkezetek ilyen szempontból kevésbé kényesek, mint a beton, vasbeton és kő építmények. Igaz, hogy a tégláépületeken is jelentkeznek az egyenlőtlen süllyedések miatt repedések, de ezek a téglafalak viszonylagos hajlékonysága miatt többnyire nem túl nagyok. A leghelyesebb ilyen esetekben megvárni, amíg a süllyedések nagy része lezajlik, és csak azután vakolni és festeni az épületet.

A hosszú vagy különbözően terhelt épületeket célszerű egymástól elválasztani, hogy részei egymástól függetlenül mozoghassanak. Az ehhez szükséges süllyedési hézag kialakítása rendszerint nem okoz külön nehézséget, mert hézagra a hő-dilatáció miatt 20-30 méterenként amúgy is szükség van.

C/AZ ÉPÍTKEZÉS HELYES SORRENDJE

Akkor helyes az építkezés sorrendje, ha a süllyedésre érzékeny szerkezeti részeket akkor építjük be, amikor a süllyedések nagy része már lezajlott és a még hátralévő

süllyedés már nem káros egyik szerkezeti részre sem.

Amennyiben a süllyedés idejét nem lehet kivárni, lehet előterhelést, túlterhelést alkalmazni. Az alapok és a pince-falak elkészülte után a pinceteret homokkal, vagy más nagy súlyú anyaggal töltik meg. Ennek hatására a süllyedés gyorsított ütemben zajlik le és hamarabb kezdhető a süllyedésre érzékeny elemek beemelése. Az építés közben a terhelő anyagot fokozatosan elhordják. Ezzel a módszerrel kedvezőtlen talajon is lehet nagyterhelésű épületeket alapozni.

Ha a fenti módszerek egyike sem vezet megoldásra, és az altalaj rétegzettsége megengedi, **gazdaságosabb a mélyalapozás.**

MÉLYALAPOK

A technológiai fejlődés több olyan alapozási módszert is létrehozott, amely átmenetet képez a **sík- és a mélyalapok** között, és ezért olykor nehéz szabatosan kijelölni a fő csoportok határát.

Cölöpalapok

A cölöpalap két fő szerkezeti részből áll: a cölöpökből, valamint az ezek fejrészeit összefogó "cölöprács"-ból.

Cölöp az a mélyépítésben használt hosszú - legalább $L/D = 5$ méretarányú oszlopszerű elem, amely

- valamely létesítmény terheit a mélyebben fekvő rétegre továbbítja,
- tömöríti a talajt, és ezzel növeli annak teherbírását, vagy
- egyéb célra szolgál, pl. kihorgonyzó rendszerek húzott vagy hajlított elemeként.

A cölöpalapozás **akkor előnyös**, ha:

- a megbízhatóan teherbíró réteg mélyen fekszik a felszín (illetve a talajvíz szintje) alatt;
- a felszínhez közeli rétegeket kimosás, alüregelés vagy elcsúszás veszélye fenyegeti, és ezért ezeket a cölöpökkel kikapcsolják a teherviselésből;
- a magas (talaj) vízállás miatt a síkalapozás munkagödre nem, vagy csak nehezen, költségesen volna vízteleníthető;
- síkalapozás esetén meg nem engedhető mértékű süllyedések keletkeznének;
- a cölöpalapozás - gépesíthetősége miatt - műszakilag, gazdaságilag jobb vagy biztonságosabb a többi alapozási módnál, illetve jobban függetleníthető az időjárási körülményektől.

CÖLÖPÖK

A cölöp az egyik legősibb alapozási szerkezeti elem, de míg régebben kizárólag vert facölöpök léteztek, addig az újkori ipari fejlődés - és főleg a beton, vasbeton térhódítása - óta szinte megszámlálhatatlan cölöptípust, ill. készítési eljárást dolgoztak ki. Ezek között olykor jelentős a különbség, máskor viszont talán csak annyi, hogy valamely szabadalommal védett technológiát - kis változtatással - lemásoltak. Így az egykor "divatos" módszerek folyamatosan átadják helyüket az újabb - nagyobb teherbírású, esetleg gazdaságosabb, jobban gépesíthető stb. eljárásoknak.

CSOPORTOSÍTÁSOK

A teherátadás módja szerinti csoportosítás

Van függőleges nyomó- vagy húzó- erőt átvevő cölöp, és van vízszintes terhet viselő, kihorgonyzó cölöp.

A vízszintesen terhelt cölöpök befogásuk által adják át a terhelést az altalajra.

Anyaguk szerinti csoportosítás

A cölöp anyaga lehet fa, acél, beton, vasbeton esetleg műanyag.

A készítmódja szerinti csoportosítás

A cölöp lehet előregyártott, és helyben készülő.

Előregyártott minden fa és acél cölöp, és lehet előre gyártani vasbeton cölöpöket is. Az előregyártott cölöpöket veréssel (öblítéssel), vibrálással, csavarással vagy sajtolással - illetve ezek kombinációjával – juttatják a talajba. A helyben készülő cölöp számára fúrással (öblítéssel), veréssel, robbantással, vibrálással lyukat állítanak elő, és ezt betonozzák be.

Akkor előnyös vert (előregyártott) cölöpöket alkalmazni,

ha a felső rétegek lazák, a verési ellenállás kicsi, és a közbenső rétegek tömörítése számottevően növeli a teherbírást. Feltétel még, hogy a teherviselő rétegek helyzete, vastagsága megbízhatóan ismert legyen.

A helyben készülő cölöpök alkalmazása akkor előnyös, ha

- változó talajrétegződéshez kell a cölöpök hosszával alkalmazkodni;
- a cölöpcsúcs átmérőjének növelése vagy a betonnak az érdes talajfelülethez való döngölése által jelentős teherbírás növekedés érhető el;
- a nagy terhelések miatt nagy átmérő és/vagy nagy hosszúság szükséges;
- a cölöpveréssel járó rázkódások nem engedhetők meg.

A CÖLÖPÖK MÉRETEI SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

Rövid cölöpök a 3-5 m hosszú, voltaképpen síkalap helyett készülő cölöpök, amelyek előnye abban áll, hogy velük földmunkát, dúcolást, falazást, víztelenítést lehet elkerülni, és emellett a munka jól gépesíthető. Sikeresen használhatók a zsugorodási károk elhárítására.

Normális átmérőjűnek a hagyományos, 30-40 cm átmérőjű (ill. oldalhosszúságú) vert vagy fúrt cölöpöket nevezik.

Az ennél nagyobb (52 cm-től fölfelé) cölöpöket **nagy átmérőjűnek** nevezzük, és ez akár 1-2 m is lehet.

A **mikrocölöp**, átmérője 80-250 mm, hossza 4-10 m között változhat.

Nem szükségszerű, hogy a cölöp szárának átmérője azonos legyen a talpnál értelmezhető átmérővel. Nagyon előnyös lehet ha a cölöpök palásfelülete **kónikusan keskenyedő méretű**. (a fa-cölöpök "maguktól" is ilyenek), és ezzel az oldalfelületek teherviselése növelhető.

A cölöp fajlagos teherbírása, azaz az egységnyi cölöptérfogathoz tartozó teherbírás a kónikusság $0,5-1^\circ$ értékénél több esetben 25-30%-al is megnövekedhet.

RENDELTETÉS SZERINTI CSOPORTOSÍTÁS

A legtöbb cölöp teherviselésre készül. Általában új létesítmények alapozására szánják őket, de alkalmazhatók meglévő építmények megerősítésére, aláfogására is.

A talajtömörítő cölöpök rendeltetése nem teherátadás, hanem a talaj hézagtérfogatának csökkentése. Ezzel nő a talaj teherbírása — vagy csökken a roskadékonysága - így a

tömörítő cölöpök a talajszilárdítás egyik változatának tekinthetők.

A talajtömörítésnek ez a módja csak előregyártott vert cölöpökkel lehetséges.

A CÖLÖPÖK KÉSZÍTÉSE

Előregyártott cölöpök

Fa cölöpök

Főleg állványokhoz, ideiglenesen használják őket. Véglegesen csak akkor, ha állandóan víz alatt lehetnek. Mivel a betonra káros agresszív víz nem árt nekik, szükség esetén ott is készítenek facölöpöt, ahol a vízszint ingadozása miatt a levegő is hozzáfér. Ekkor telítéssel védik a fát a korhadástól, de élettartama így sem több húsz évnél.

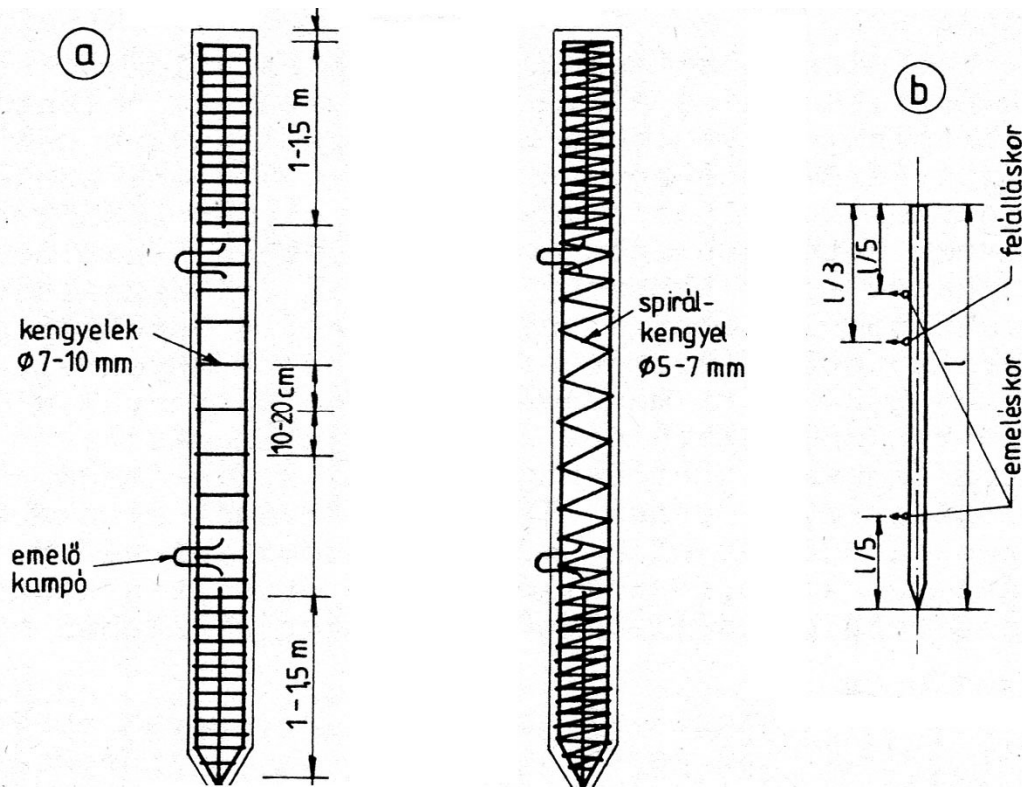
Anyaguk általában fenyő, kivételesen tölgy. A fát mindig gömbfaként használják, a fűrészelt gerenda nem előnyös. A vékonyabb végén meghegyezik és rendszerint acél védősaruval látják el. Végét a hossz tengelyére merőlegesen simára kell fűrészelni és melegen fölhelyezett vasgyűrűvel megerősíteni.

Acél cölöpök

Végleges beépítésükre csak különleges esetekben (pl. erősen agresszív vízben) kerül sor. Az ideiglenes felhasználás szempontjából nagy előnyük, hogy csaknem tetszőleges hosszban készülhetnek, általában visszahúzhatók és többször is felhasználhatók. Hátrányuk a drága anyaguk, ezért elég ritkán kerülnek alkalmazásra. A rozsdásodás ellen védőmázzal védik, végleges beépítésre ajánlatos korrózióálló ötvözetet használni. A végleges rendeltetésű csőcölöpöket általában kibetonozzák.

Vasbeton cölöpök

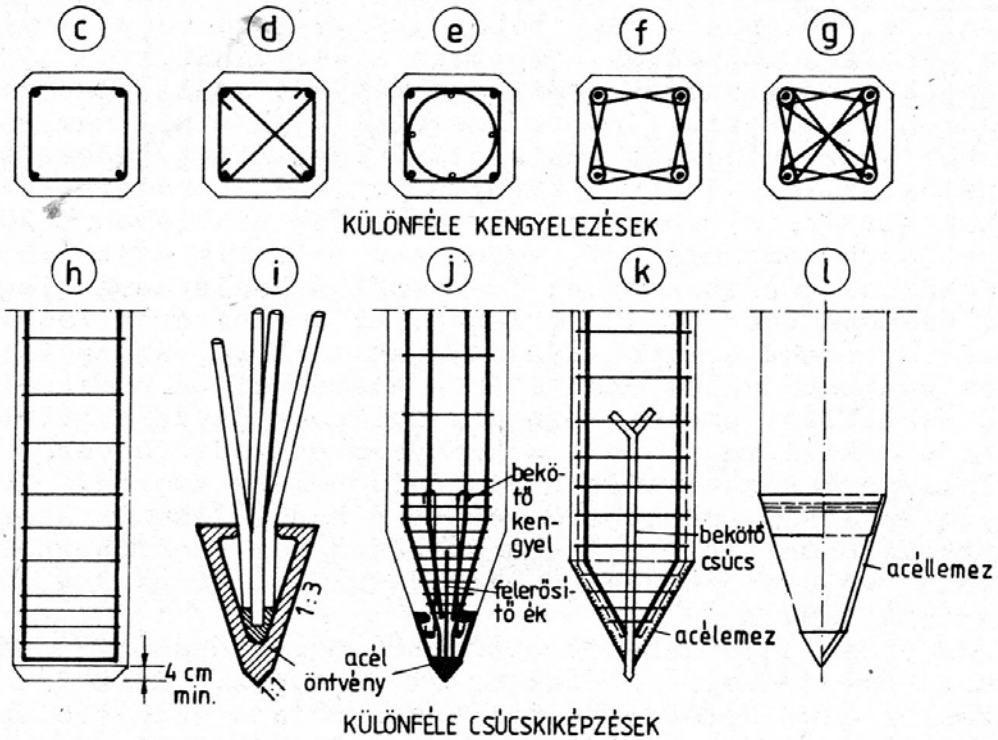
Előnyös tulajdonságaik miatt a leggyakrabban használt cölöpök. Hazánkban 30x30 és 40x40 cm oldalhosszúságú, négyzetes keresztmetszetű előregyártott vb. cölöpök kaphatók. **Előnyeik:** a tartósság (amit nem befolyásol a talajvíz ingadozása), a viszonylag nagy teherbírás és az, hogy általában nehéz verési körülmények között is alkalmazhatók.



18. ábra Előregyártott vert cölöpök kialakítása

Hátrányuk a nagy súlyuk, ami kezelésüket, szállításukat és verésüket megnehezíti. Ezért hosszuk 10-12 m-nél nem lehet nagyobb. Viszonylag kis húzószilárdságuk miatt többször nem használhatók fel. Ezért kizárólag végleges rendeltetésű cölöpöket készítenek vasbetonból. Betonjuk általában C 20, amelyet portlandcementtel, agresszív talajvíz esetén S 54-es cementtel készítenek. Az I. osztályú adalékanyag legnagyobb szemcseátmérője 20 mm lehet. Az acélbetétek legalább B 38.24 minőségű acélból készüljenek. A hosszbetéteket a szállítás, emelés közben a cölöp önsúlyából keletkező hajlításra kell méretezni, a kengyelezés pedig a verés közben fellépő keresztirányú húzás felvételére szolgál. Ez az igénybevétel nem számítható, ezért a kengyelezés gyakorlati tapasztalatokon alapul. A hosszbetétek nem végződhetnek kampóban, végüket egyenesre kell vágni, fölöttük 3-4 cm betontakarás legyen.

A cölöpök mozgatásához - szállításához, emeléséhez - szükséges emelőkampók beépítése (Ezeket a betonozáskor a cölöp oldalfelületének síkjába görbítve építik be, és csak a felhasználásukhoz hajtják ki őket.) A cölöpsarut össze kell hegeszteni a fővasakkal.



19. ábra Az előregyártott vb. Cölöpök kengyelezése és csúcskialakítása.

KÜLÖNLEGES VASBETON CÖLÖPÖK

Az ún. **injektor-cölöp** hossz tengelyébe acélcsövet betonoznak be. A cölöp leverése után ezen keresztül szilárdító anyagot sajtolnak a csúcs környezetébe, az így megnövekedett átmérőjű csúcs nagy teherbírást biztosít.

A **MEGA rendszerű** cölöpöt 60-80 cm hosszú előregyártott darabokból állítják össze. Ezeket hidraulikus sajtóval nyomják be a talajba a már meglévő - de megerősítésre szoruló - épületek alapjai alatt.



20. ábra. A MEGA rendszerű cölöp alkalmazása épület alapjának erősítésére.

HELYSZÍNEN KÉSZÜLŐ CÖLÖPÖK

Az idők során több tucatnyi készítési módot fejlesztettek ki. A változásokat egyrészt az a törekvés szülte, hogy a cölöpök méretei (minden irányban) növekedjenek, betonjuk minél jobb minőségű legyen, ugyanakkor változatos eszközökkel törekedtek a munkafolyamat egészének gépesítésére. Másrészt igyekeztek felhasználni a más eljárásoknál bevált fogásokat. E sokféleségben is hasonló azonban az alapvető tevékenység: furatot készítenek és ezt bebetonozzák. A döntő különbségek éppen e két fő tevékenység módjában jelentkeznek.

BENOTO cölöp

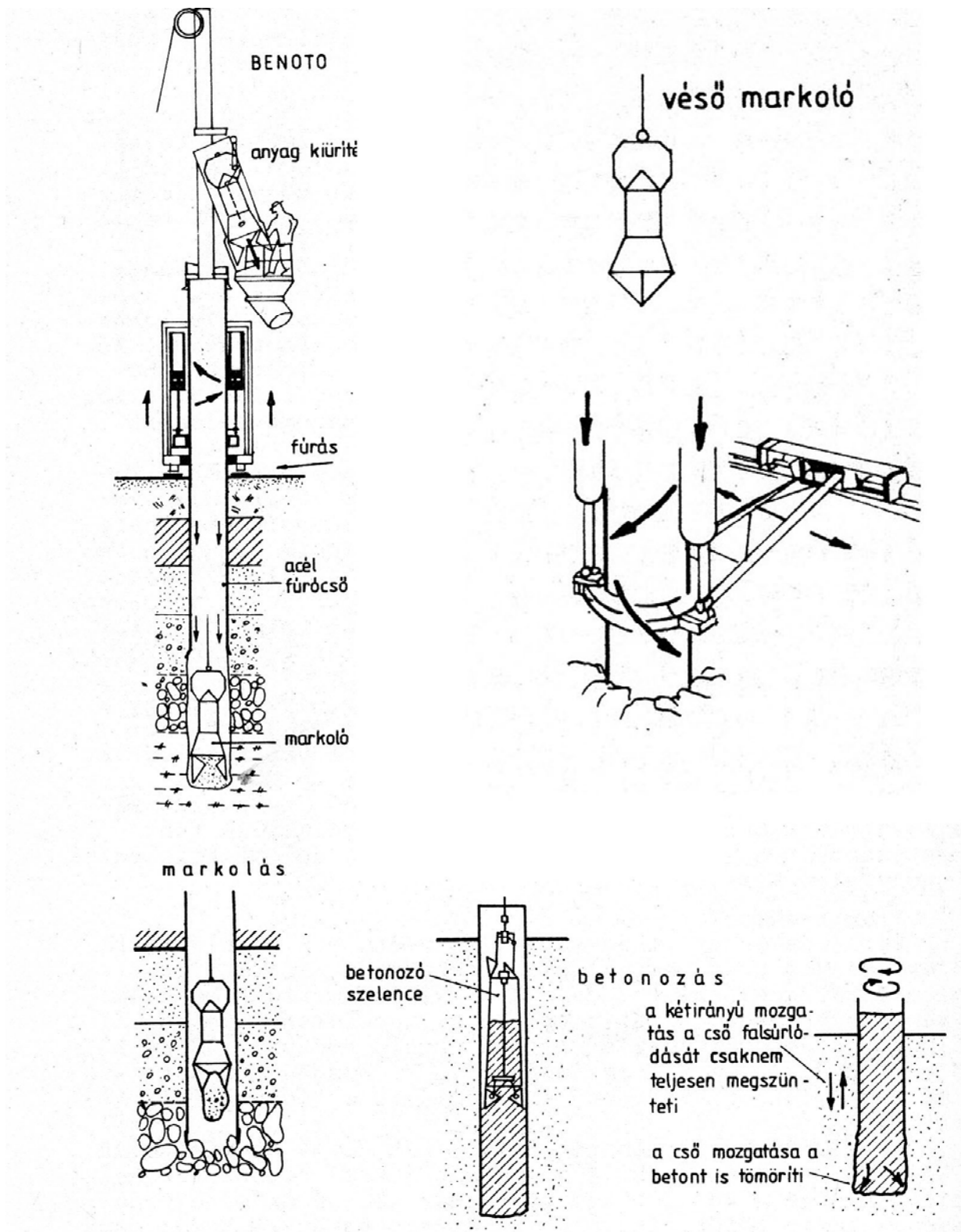
Legalább 88 cm átmérőjű, speciális fúrókoronával ellátott béléscsövet a gép fogókarjaival nyomja a talajba, s eközben hossz tengelye körül ide-oda forgatja is. Egy bizonyos előretolás után - amely a talajtól függően akár 1-2 m is lehet - ejtőmarkolóval emelik ki a csőben levő talajt. A magasról ejtetett súlyos ejtőmarkolóval törmelékeny, görgeteges talaj, vagy akár régi téglafal is átfúrható.

A tervezett mélység elérése után a földmagot a vágóél mélységéig eltávolítják, és a furat kitisztítása után azonnal bebetonozzák a furatot. Miközben fokozatosan visszahúzzák a béléscsövet, egyidejűleg ismét ide-oda forgatják, sőt kismértékben föl-le is mozgatják. Ezáltal tömörítik a betont és egyben szorosan nekifeszítik a furat falának. A legalább C10 minőségű beton beépítéséhez betonozó tölcserő vagy betonszivattyút lehet használni.

A cölöp felső végébe 3-4 m hosszún acélbetéteket helyeznek még akkor is, ha egyébként a cölöp többi része vasalatlan. Ez szolgál a cölöp és a rá kerülő építmény összekapcsolására.

Ezzel a berendezéssel 40 m mélység is elérhető, így a hazai körülmények között úgyszólván bárhol alkalmazható.

A nagy cölöpméretetek általában több ezer kN teherbírást adnak.

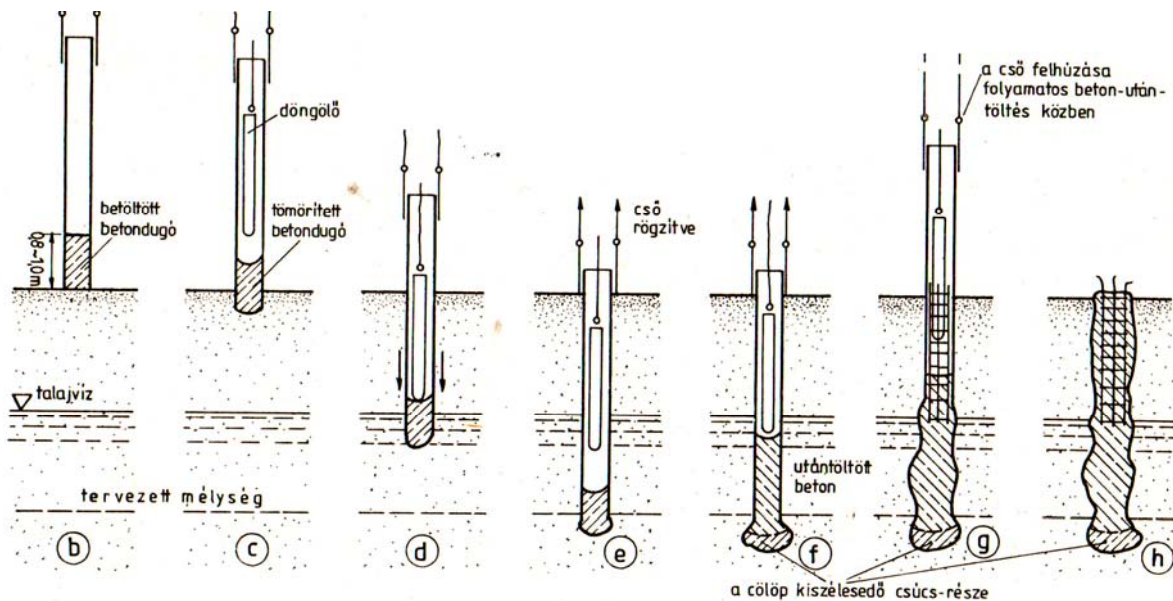


21. ábra. A BENOTO cölöp technológiája.

FRANKI-CÖLÖP

A béléscsőbe először kb. 1 m magasan száraz betonkeveréket töltenek. Ezt a kb. 3 t tömegű kosnak kb. 50 cm-es ejtegetésével addig tömörítik, amíg az ütések hatására kezdi magával húzni a béléscsövet. Ezután az ejtési magasságot fokozatosan 4 m-re növelik, és így a teherbíró réteig úzik a csövet, miközben a betondugó - mintegy a cső talpaként - kizárja a talajvizet. A kívánt mélység elérése után a csövet felkötik a verőállványhoz és erőteljes döngöléssel kiverik belőle a betont. Ha már csak 30-40 cm beton van a csőben, fokozatosan új betonadagokat juttatnak belé, a béléscsövet pedig fokozatosan visszahúzzák. Szükség szerint elhelyezhető vasalás is benne.

A Franki-cölöp előnye, hogy nem vízben készül a beton, így az erőteljes döngöléssel kiválóan lehet tömöríteni. Ez viszont azzal jár, hogy a bedöngölt beton nagyon nekifeszül a talajnak, így a beveréskor már amúgy is tömörített környező talaj tovább tömörödik, a cölöp oldalfelülete pedig rendkívül egyenetlen, érdes lesz, és ezek miatt nagy a köpenysúrlódása. A hagyma alakúra szétvert cölöpfej is növeli a teherbírást, így akár 2-3 MN teherbírás is elérhető.



22. ábra. A FRANKI cölöp technológiája

SOIL-MEC cölöp

A lehajtás közben résiszappal megtámasztott furatot dobfúróval, szükség esetén vésővel és markolóval emelik ki. A hazai körülmények között általában a dobfúró a

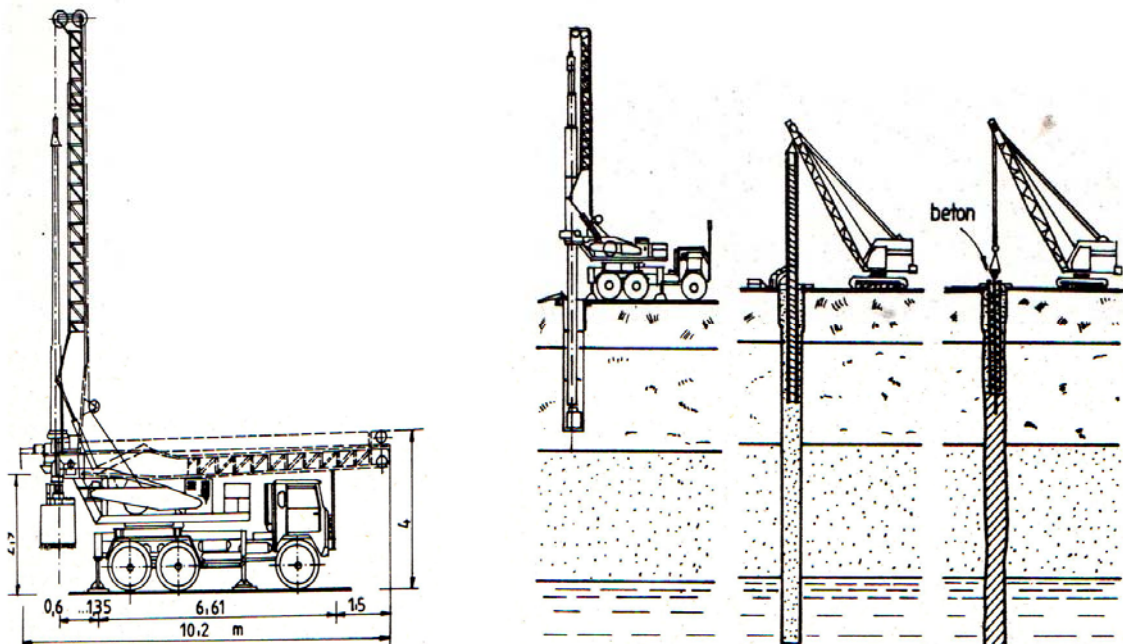
legeredményesebb. Ez egy acélhenger, amelynek le-nyitható fenéklemezén bontóél van. A rudazat forgatásával ez marja le a furat alját, a talaj pedig az acélhengerben gyűlik össze. Ha megtelt: a rudazatot felhúzzák s a fúrót a fenéklemez kinyitásával kiürítik. Ezzel a módszerrel puha agyag, iszap, homok és homokos kavics termelhető ki.

A megtámasztott furat felső végébe 2-4 m hosszú, acél iránycsövet helyeznek, hogy a gyengébb felső rétegek beomlását megakadályozzák.

A kész furatot betonozó tölcserrel, a víz alatti betonozás szabályai szerint töltik meg. A minimálisan C 10 minőségű, folyós konzisztenciájú betonba vasszerelés is elhelyezhető.

Az így elkészített 60-150 cm átmérőjű, akár 40-50 m hosszú cölöpök megengedhető terhelése sok ezer kN is lehet

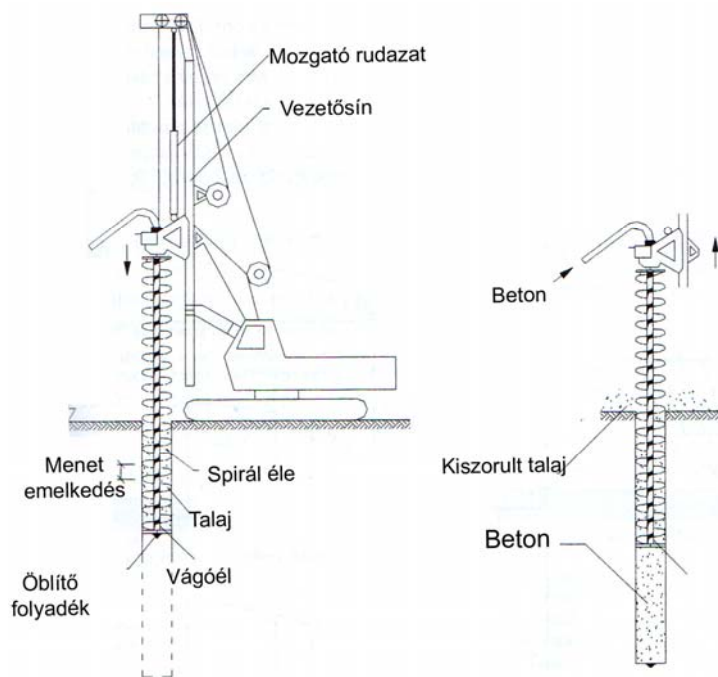
Többé-kevésbé hasonló elvek szerint készülnek a külföldön nagyon elterjedt ICOS, Solétanche, Salzgitter stb. rendszerű cölöpök is. Közöttük elsősorban a furat készítésének módjában, ill. az ehhez használt vezérgép működésében: van különbség.



23. ábra. A SOIL-MEC típusú cölöp

CFA TÍPUSÚ CÖLÖP

A CFA név angol (Continuous Flight Auger), de német nyelvterületeken SOB, francia vidékeken STARSOL néven régóta alkalmaznak hasonló eljárást. Lényege a „végtelen” spirálfúró, mely egyben a betonozó cső is. Lehajtása közben a bennmaradó talajdugó és a spirál élei megtámasztják a furatot. A kívánt mélység elérése után a fúrószáron át betonszivattyú túlnyomással viszi be a betont, miközben a beton feltolja a spirált és a talajdugót, amit húzással is segítik. A vasalást utólag vibrálják a folyós betonba. A cölöp átmérője 30-80 (100) cm lehet, hossza 12-25 m. Az eljáráshoz tartozó monitoring jó támpontot ad a talaj ellenállásáról, a betonozási nyomásokról, így jó ellenőrzéssel a cölöp minőségét tanúsítani lehet.

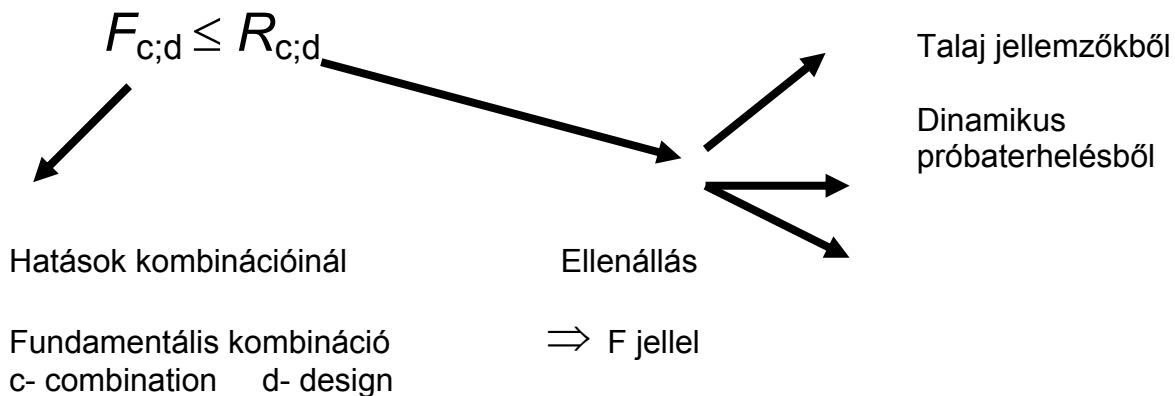


24. ábra. CFA típusú cölöp technológiája

A módszer előnye, hogy a vibrációs és zajhatás minimális, időtakarékos. A számítógépes ellenőrző programokkal és jó mérés technikával a cölöpkészítés fázisai jól ellenőrizhetők és kézbentarthatók. (monitoring)

CÖLÖPÖK TEHERBÍRÁSÁNAK SZÁMÍTÁSA

Annak igazolására, hogy a cölöpalap a teher tervezési értékét a nyomási ellenállásának kimerülésével szemben kellő biztonsággal viseli, a következő egyenlőtlenség teljesülését kell valamennyi teherbírási határállapot terhelési eseteire és teherkombinációra kimutatni: (EC7)



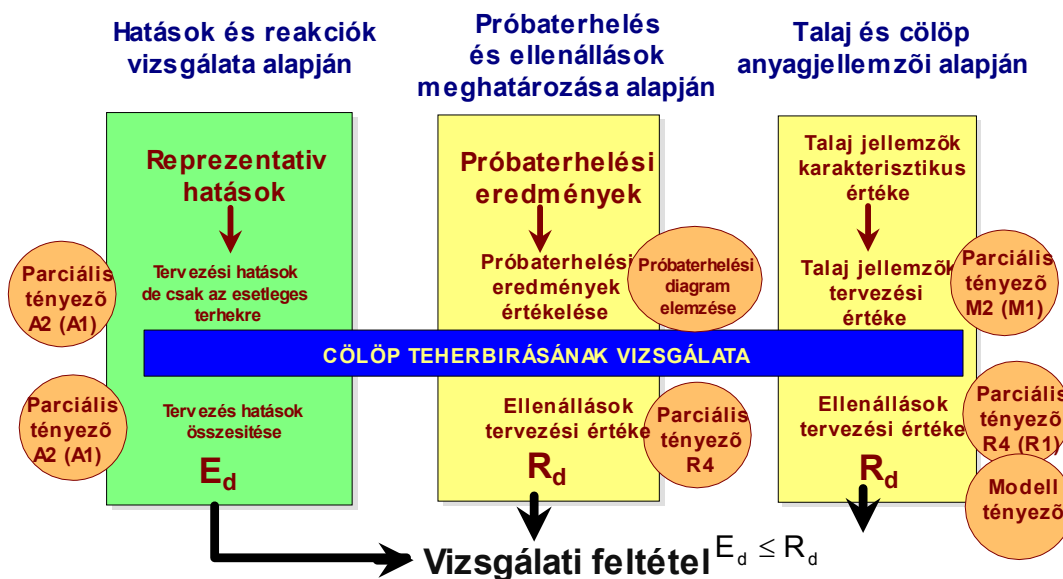
Cölöpcsoportok esetében két törési mechanizmust kell vizsgálni:

- az egyedi cölöpök nyomási ellenállásának kimerülését;
- a cölöpök és a köztük lévő talaj alkotta tömb nyomási ellenállásának kimerülését.

A kettő közül a kisebbet kell az ellenállás tervezési értékének tekinteni.

Cölöp alapozás tervezése

Határállapotra tervezés GEO alapján a tervezés lehetőségei és folyamata



25. ábra A cölöpméretezés Eurocode 7 szerint. (Elvi vázlat.)

A tömbként működő cölöpcsoport nyomási ellenállását általában úgy lehet számítani, mintha a tömb egyetlen nagy átmérőjű cölöp lenne.

Ha a cölöpök merev tartószerkezetet támasztanak alá, kihasználható a tartószerkezet azon képességéből származó kedvező körülmény, hogy a tartószerkezet a cölöpök között elosztja a terhelést. Határállapot ilyen esetben csak akkor következhet be, ha több cölöp egyszerre kerül törési állapotba, ezért az egyedi cölöp törési állapotát nem kell vizsgálni.

Ha a cölöpök hajlékony szerkezetet támasztanak alá, indokolt azt feltételezni, hogy a leggyengébb cölöp nyomási ellenállásától függ a határállapot bekövetkezése.

Különös gonddal kell vizsgálni a szélső cölöpök törési állapotát, melyet az alátámasztott szerkezetről átadódó ferde vagy külponos terhelés okozhat.

Ha a cölöpök által közvetlenül terhelt réteg alatt gyengébb réteg helyezkedik el, akkor a gyenge rétegnek az alapozás nyomási ellenállására kifejtett hatását figyelembe kell venni.

Ha a cölöptalp alatt a négyszeres cölöpátmérőnek megfelelő mélységen belül van gyenge talaj, akkor indokolt a cölöptalp alatti talaj átszűrődésének lehetőségével számolni.

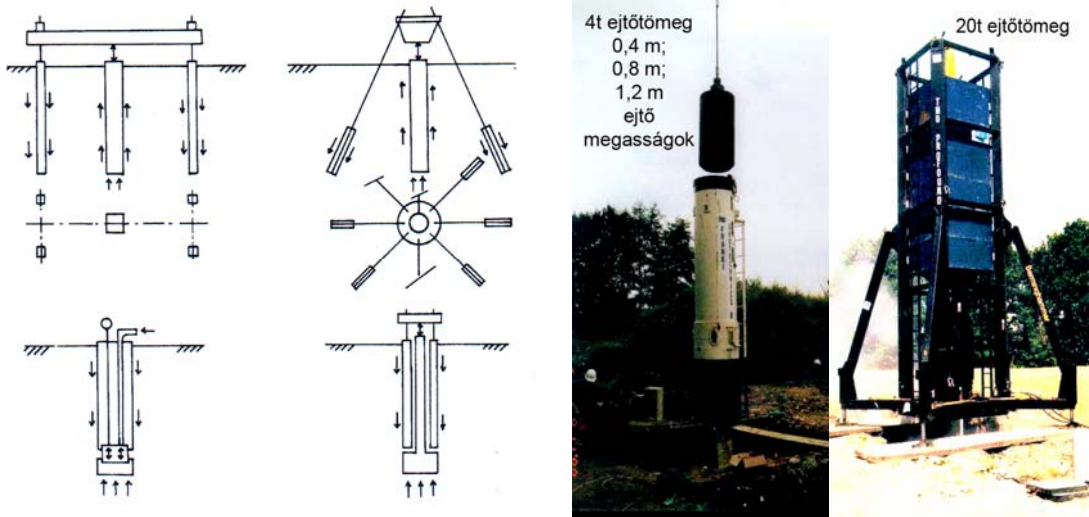
A nyomási ellenállás meghatározása statikus próbaterhelésekből

A statikus próbaterhelés drága, de megbízható módszer az egyedi cölöp teherbírásának meghatározására. A tervezés időszakában és a kivitelezés ellenőrzési céllal is készítik.

Több módszer áll rendelkezésre, alapvető kérdés a megfelelő ellentartás biztosítása a cölöp talajba juttatásakor. Ez a leterhelő erő biztosítható különböző felhordott betontömb, acélelemek együttesével, lehorgonyzó cölöpökkel, talajhorgonyokkal. Nagyátmérőjű cölöpök esetében, mivel ezek ellentartásához nagy erő szükséges az ún. önlehorgonyzó eljárásokat használják. Ez azt jelenti, hogy a cölöp alsó tagját lefelé nyomják, míg a felső részt felfelé.

A terheket lépcsőzetesen kell felhordani, és a konszolidációt ki kell várni, azaz a süllyedések lecsengését.

Az erőt lehetőleg a törőerőig terhelik, de erre a legtöbb esetben nincs mód. **Az EC7 szerint a törőerőnek a cölöpátmérő tizedének megfelelő terhelőerőt tekintik.**



26. ábra Statikus cölöp próbaterhelések a.) terhelőhiddal, b.) lehorgonyzással c.) d.) Önlehorgonyzó cölöpökkel 27. ábra a.) Dinamikus cölöp próbaterhelés b.) Statnamikus cölöp próbaterhelés

A cölöpalapok tervezéséhez meg kell adni a **nyomási ellenállás karakterisztikus értékét**.

Ehhez az ellenállások átlagos és a minimális értékeihez rendelt parciális tényezőket alkalmazunk. ξ_1 ξ_2 a vizsgált cölöpök számától függő korrelációs tényezők, melyek az $R_{c,m}$ -értékek $(R_{c,m})_{mean}$ átlagos, illetve $(R_{c,m})_{min}$ legkisebb értékéhez rendelendők.

A korrelációs tényezőket azért alkalmazunk, mert azt vesszük figyelembe, hogy a vizsgált cölöpnél vagy helynél kedvezőtlenebb lehet a vizsgált területen.

STATIKUS PRÓBATERHELÉS			SZÁMÍTÁS TALAJVIZSGÁLATOK ALAPJÁN			DINAMIKUS PRÓBATERHELÉS		
Próbaterhelések / Talajszelvények száma	Átlagra	Minimumra	Talajszelvények száma	Átlagra	Minimumra	Próbaterhelések száma	Átlagra	Minimumra
	ξ_1	ξ_2		ξ_3	ξ_4		ξ_5	ξ_6
1	1.4	1.4	1	1.4	1.4	≥ 2	1.6	1.5
2	1.3	1.2	2	1.35	1.27	≥ 5	1.5	1.35
3	1.2	1.05	3	1.33	1.23	≥ 10	1.45	1.3
4	1.1	1.0	4	1.31	1.20	≥ 15	1.42	1.25
≥ 5	1.0	1.0	5	1.29	1.15	≥ 20	1.4	1.25
			7	1.27	1.12			
			10	1.25	1.08			

A karakterisztikus értékből származtatható az ellenállás tervezési értéke:

Az ellenállás $R_{C;d}$ **tervezési értékét vagy az**

$$R_{C;d} = R_{C;k} / \gamma_t \quad (\text{itt az ellenállás teljes értékével számolunk})$$

vagy az

$$R_{C;d} = R_{b;k} / \gamma_b + R_{s;k} / \gamma_s \quad (\text{itt az ellenállás összetevőit is ismerjük})$$

összefüggésből kell meghatározni.

A nyomási ellenállás $R_{C;k}$ karakterisztikus értéke származtatható a talpellenállás $R_{b;k}$ és a palástellenállás $R_{s;k}$ karakterisztikus értékeinek összegeként:

$$R_{C;k} = R_{b;k} + R_{s;k}$$

Ezeket az összetevőket származtathatók közvetlenül a statikus próbaterhelési eredményekből, vagy becsülhetők a talajvizsgálatok vagy dinamikus próbaterhelések eredményei alapján is.

A nyomási ellenállás meghatározása talajvizsgálati eredmények alapján

A cölöpalapok nyomási ellenállásának talajvizsgálati eredmények alapján való meghatározására olyan módszereket kell alkalmazni, melyeket cölöp-próbaterhelések és megfelelő összehasonlítható tapasztalatok alapján dolgoztak ki.

A tervezés fázisában legtöbbször ezzel a módszerrel dolgozunk, melynek alapösszefüggése:

$$R_{\text{cölöp}} = \underbrace{R_b}_{\text{talp}} + \underbrace{R_s}_{\text{palást}} = \overbrace{A_b}^{\text{felület}} \cdot \underbrace{q_b}_{\substack{\text{fajlagos} \\ \text{talpellenállás}}} + \sum \underbrace{H_i}_{\substack{\text{réteg} \\ \text{vastagság}}} \cdot \overbrace{K_i}^{\text{kerület}} \cdot \underbrace{q_{si}}_{\substack{\text{fajlagos} \\ \text{palástell.}}}$$

- az R_b talpellenállást az A_b keresztmetszeti terület és a q_b fajlagos talpellenállás,
- az R_s palástellenállást az egyes rétegekbeli palástfelület (a H_i ; rétegvastagság és a K_i ; cölöpkerület szorzata) és a q_{si} fajlagos palástellenállás szorzataként számíthatjuk.

A fajlagos ellenállásokat talajvizsgálati eredmények alapján lehet számítani, mely lehet

- szondázási eredmény, CPT q_c csúcscellenállása,
- laboratóriumi vizsgálattal megállapított nyírószilárdsági paraméter, szemcsés talajok esetében a hatékony feszültségekhez tartozó belső súrlódási szög (ϕ'), kötött talajok esetében a drénezetlen nyírószilárdság (c_u),
- talajazonosító paraméter, szemcsés talaj esetében D_m és C_u , kötött talaj esetében I_p és I_c .

E paraméterekből próbaterhelések alapján megállapított átszámítási módszerekkel lehet a fajlagos ellenállásokat számítani. A legjobban a CPT q_c csúcscellenállásból becsülhető a cölöpteherbírási.

Cölöpök fajlagos ellenállásait a statikus szonda csúcscellenállásából adó szorzó homoktalaj esetén			
készítési mód	típus	talpellenállás a	palástellenállásra q_s/q_c
Talajkiszorítással	előregyártott vert vb. vagy	1,0	0,010
	helyszíni vert (Franki,	1,0	0,014
	előregyártott csavart	0,8	0,012
részleges	vert acélprofil, nyitott cső	1,0	0,0075
Talajhelyettesítéssel	folyamatos (CFA, SOB)	0,8	0,006
	béléscsővel fúrt cölöp	0,5	0,006
	fúrószappal fúrt cölöp	0,5	0,005

A szorzók közepes és finom homokra érvényesek, durva homok esetében 0,75-esetén 0,5-szörös csökkentés ajánlatos.

táblázat

cölöptípus	talaj		tájékoztató fajlagos talpellenállás	tájékoztató fajlagos palástellenállás
	fajta	állapot	q_b MPa	Q_s kPa
előregyártott vert vb. cölöp	homokos	laza	4...5	40...60
	kavics	tömör	8...10	100...120
	közepes agyag	gyúrható	3...4	30...40
		kemény	7...9	70...80
CFA-cölöp	homokos	laza	3...4	30...45
	kavics	tömör	7...9	80...100
	közepes agyag	gyúrható	2...3	25...30
		kemény	5...8	50...70

DIN 1054 fúrt cölöpök fajlagos cölöppenállásainak tapasztalati értékei

relatív süllyedés s/D	fúrt cölöp szemcsés talajban talpellenállás karakterisztikus értéke $q_{b,k}$ MPa			
	ha az átlagos CPT-csúcsellenállás q_c MPa			
	10	15	20	25
0,02	0,70	1,05	1,40	1,75
0,03	0,90	1,50	1,80	2,25
0,10 = s_g	2,00	3,00	3,50	4,00
talpnövelés esetén 75 % redukció				

relatív süllyedés s/D	fúrt cölöp kötött talajban talpellenállás karakterisztikus értéke $q_{b,k}$ MPa	
	ha a drénezetlen nyírószilárdság c_u MPa	
	0,10	0,20
0,02	0,35	0,90
0,03	0,45	1,10
0,10 = s_g	0,80	1,50
talpnövelés esetén 75 % redukció		

átlagos CPT-csúcsellenállás q_c MPa	fúrt cölöp szemcsés talajban palástellenállás karakterisztikus értéke $q_{s,k}$ MPa
0	0,00
5	0,04
10	0,08
> 15	0,12

a drénezetlen nyírószilárdság c_u MPa	fúrt cölöp kötött talajban palástellenállás karakterisztikus értéke $q_{s,k}$ MPa
0,025	0,025
0,100	0,040
> 0,200	0,060

A régi magyar szabvány, MSZ 15005 szerint a próbaterheléssel vagy számítással megállapított P_t törőerőből csökkentő tényezők szorzatával határozza meg a határerőt :

$$P_H = \underbrace{\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3}_{\alpha \leq 0,7} \cdot P_t$$

A **csökkentő tényezők** közül az első a törőerő meghatározási módját veszi figyelembe, a második a talajviszonyok változékonyságát, a harmadik az esetleges károsodás következményeit. A szorzat értéke 0,45-0,6 közötti értékű.

Az MSZ és az EC7 közötti eltérésnél tehát látható, hogy míg az MSZ a cölöp igénybevételénél a mértékadó („mértéket adó” terheléssel) számol, és ezzel hasonlítja össze a cölöp határteherbírását, amit a törőteherbírás csökkentett értékével határoz meg.

Az EC7 alapján a terhelések karakterisztikus értékéből kiindulva a hatások(erők) kombinációból állítják elő az igénybevételek tervezési értékeit, amit az ellenállások karakterisztikus értékeiből kiindulva az ellenállások tervezési értékeivel hasonlítanak össze.

A nyomási ellenállás meghatározása dinamikus próbaterhelésekből

Ha a magában álló cölöp nyomási ellenállásának megítélése végett dinamikus próbaterhelést (kalapácsütést) alkalmaznak [mérve a fajlagos alakváltozás és az ütés hatására bekövetkező gyorsulás időbeli változását], akkor az eredmény érvényességét olyan, az elfogadható teljesítőképességet előzetesen tanúsító statikus próbaterhelésekkel kell bizonyítani, amelyeket azonos típusú, hasonló hosszúságú és keresztmetszetű cölöpökön hasonló talajviszonyok között végeztek.

Dinamikus cölöp próbaterhelés alkalmazása esetén a cölöp verési ellenállását közvetlenül a kérdéses helyszínen indokolt mérni.

A dinamikus próbaterhelés során bevitt energia legyen elegendő ahhoz, hogy a cölöp kellően nagy alakváltozás melletti teherviselő képességét megfelelően értékelni lehessen.

A cölöp nyomási ellenállásának $R_{c;d}$ tervezési értékét az

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma$$

képletből kell számítani, ahol

$$R_{c;k} = \text{Min} \left(\frac{(R_{c,m})_{\text{átlag}}}{\xi_5}; \frac{(R_{c,m})_{\text{min}}}{\xi_6} \right)$$

amelyben ξ_5 és ξ_6 a vizsgált cölöpök n számától függő korrelációs tényezők, és ezek az $R_{c;m}$ értékek $(R_{c;m})_{\text{mean}}$ átlagos, illetve $(R_{c;m})_{\text{min}}$ legkisebb értékéhez rendelvek.

A nyomási ellenállás meghatározása verési képletekkel

Verési képletek csak ismert talajrétegződés esetén használhatók.

Ha a magában álló cölöp nyomási ellenállásának megítélése végett verési képleteket alkalmaznak, akkor a képletek érvényességét olyan, az elfogadható teljesítőképességet előzetesen tanúsító statikus próbaterhelésekkel kell bizonyítani, amelyeket azonos típusú, hasonló hosszúságú és keresztmetszetű cölöpökön hasonló talajviszonyok között végeztek.

Ha egy cölöp nyomási ellenállásának igazolására cölöpverési képletet alkalmaznak, akkor legalább 5, a cölöpözés területén ésszerűen kiosztott és egymástól elég távol levő

cölöpön kellett már próbaverést végezni, hogy hitelesen ellenőrizni lehessen az utolsó ütéssorozatokban elégséges ütésszámot.

Célszerű minden egyes cölöp esetében jegyzőkönyvezni a cölöpcsúcsnak az utolsó ütéssorozatok hatására bekövetkezett behatolását.

Az egyedi cölöpök süllyedése

A cölöpök süllyedése (= **fejrészüik legfelső pontjának függőleges elmozdulása**) elvileg **három tagból tevődik össze**.

- a cölöp - mint nyomott rúd saját rövidülése;
- a teher-viselő közeg ellenállásának mozgósításához szükséges "nyírási" elmozdulás; a cölöp körül és alatt elhelyezkedő talaj kompressziója.

Cölöp csoportok esetében a harmadik tag jelentőssé válhat, mert a nagyobb alaprajzi területre hárított terhek (akárcsak a síkalapok esetében) nagyobb mélységig okozhatnak összenyomódást.

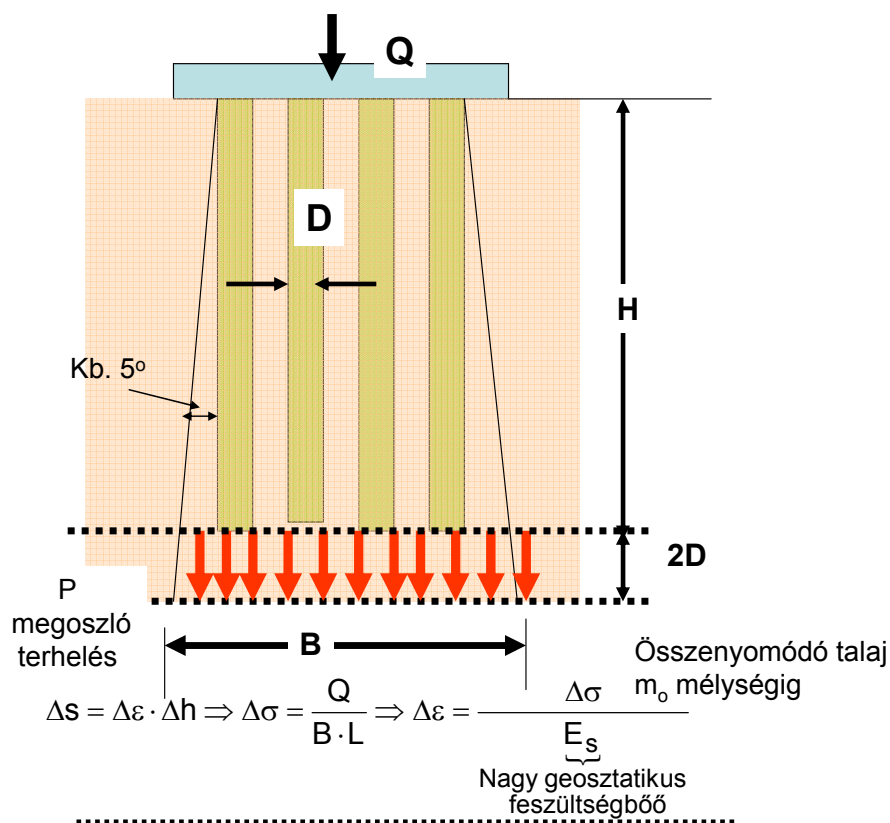
A cölöpök süllyedésénél a csúcs alatti talaj kompressziója csak viszonylag kis tartományt érint (2D-3D), de nagy feszültségtöbbletből alakul ki. A cölöp terhelésével fokozatosan növekvő értékű lehet, ami azzal magyarázható, hogy a terheléssel egyre nagyobb talajtömeg kapcsolódik meg a teherviselésbe, ezáltal az összenyomódó talajréteg vastagság is növekedik.

A cölöp összenyomódása is szerepet játszik a cölöp süllyedésében, mert nagy terhelések mellett több mm-es összenyomódás is kialakulhat. Egyes cölöpök (amelyeknél főleg a palástsúrlódási ellenállás domináns) a palástellenállás már néhány mm elmozdulással mobilizálódik, így a cölöp terhelés-süllyedési diagramjánál progresszív süllyedés érzékelhető. A főleg a talpon támaszkodó cölöpöknél a támaszkodó hatás miatt süllyedés értéke 10 mm-en belül marad.

A próbaterhelési tapasztalatok azt mutatják, hogy az az erő, amelyet üzemi teherként megengedünk, 5-10 mm-nél nagyobb süllyedést nem okoz.

A cölöpcsoport süllyedése már kritikusabb lehet, mert a csúcs alatt szuperponálódó feszültségek nagyobb süllyedést is okozhatnak, különösen, ha esetleg mélyebben, a cölöptalp alatt gyengébb talaj is előfordul. A tapasztalat szerint az egyedi cölöp süllyedésének 5-10-szerese sem ritka.

Vizsgálatára szintén a síkalap-analógia alkalmazható. A cölöptalp alatt $2D$ mélységben lehet a cölöpcsoportra ható eredő erő R alapértékét egyenletesen megoszló p terhelésként felvenni, ahol az alapfelület szélességét (és hosszúságát is) az előbbiek szerint a szélső cölöpök felső, külső szélétől indított, kb. 5° -kal kifelé hajló egyenes jelöli ki. Az ez alatti összenyomódó zóna vastagságát, a határmélységet a rétegződés alapján, a geosztatikus függőleges nyomás 20 %-os értékének és a feszültségtöbbletnek az egyenlősége alapján célszerű felvenni, de meg kell jegyeznünk, hogy a talp alatti geosztatikai nyomás nagy értéke miatt ez a határmélység általában már csak néhány méterre adódik.



28. ábra Cölöpcsoport süllyedésének meghatározása

SZEKRÉNY ÉS KÚTALAPOK

A szekrényeket nem csak alapozási célra építik, hanem földalatti terek (szivattyúház, akna) kialakítására is. **Többféle típusa** ismert:

- az alul-felül nyitott szekrényből víz alatti kotrással emelik ki a földet,
- a felül zárt szekrényből túlnyomással szorítják ki a vizet, s kézi munkával, ill. kisgépekkel dolgoznak benne, ezt hívják keszonnak,
- az alul zárt szekrényeket nyílt vízben úsztatják be és aztán vízfeltöltéssel süllyesztik a fenékre.

A kutak és a szekrények két fő szerkezeti elemből állnak.

A **vágóél** célszerű geometriával van kiképezve, és többnyire acélemezekkel erősítik meg.

A **köpenyfal** általában monolit vasbeton, szakaszosan építik, vastagsága, vasalása olyan kell legyen, hogy elbírja a ráháruló terheket, és a süllyedéshez elegendő súlyt is biztosítson.

A **kivitelezésre** technológiai tervet, süllyesztési programot kell készíteni, melynek legfontosabb eleme az, hogy a súly mindenkor elégséges legyen a köpenyfalon ébredő ellenállások legyőzésére. Ezért a fel mellé ömlesztett gyöngykavicsot vagy bentonit-szuszpenziót juttatnak a köpenyellenállás legyőzésére. Fontos, hogy a szekrény egyenletesen süllyedjen, mert az elferdülés miatt előálló befeszülés nagy gondokat okozhat.

Fontos, hogy a süllyesztés közelében ne következzen be talajlazulás és ebből származó talajmozgás, illetve süllyedés.

RÉSFALAK

A résfalak (réselt falak) vízzárásra, és/vagy függőleges, illetve vízszintes terhek viselésére szánt mélyépítési szerkezetek. A talajba mélyített, viszonylag keskeny, de többnyire hosszú és mély rés bebetonozásával - vagy egyéb erre alkalmas anyag beépítésével - hozzák létre őket.

Résfal készülhet ideiglenes, vagy végleges szerkezet gyanánt. A következő típusok fordulnak elő:

- a) Megtámasztó falak: rendszerint az altalajból kifejtett gödör falának megtámasztására készülnek. Ide tartoznak:
 1. a helyben készülő beton résfalak,
 2. az előre gyártott beton résfalak,
 3. az önszilárduló résiszappal és acélbetétekkel készülő falak,

- b) Megszakító résfalak: melyek rendszerint a tiszta vagy szennyezett talajvíz vagy más folyadék szivárgását hivatottak megakadályozni. Ide tartoznak:
 1. a résiszappal épülő falak (lehetőleg membrán- vagy szádfalbetéttel),
 2. a plasztikus-beton falak.

Alkalmazási kör

A réselt falak előnye, hogy:

- a szilárd kőzetek kivételével gyakorlatilag bármilyen: altalajban elkészíthetők;
- ha hibátlanul elkészülnek, akkor igen jó vízzárást biztosítanak;
- a korrózió nem fenyegeti őket, amíg a felhasznált cement tulajdonságai a talajvizéhez igazíthatók;
- készítésük nem okoz nagyobb rázkódásokat;
- adott esetben gazdaságosabbak lehetnek más megoldásoknál;
- megfelelő méretek, ill. alaprajz esetén önmagukban, megtámasztás (kihorgonyzás) nélkül is állékonyak.

Ezzel a módszerrel tehát ma már számos, korábban kivitelezhetetlen alapozási, munkagödör-határolási és vízkizárási feladat oldható meg.

Készítésükhöz speciális - bár rendszerint nem túl bonyolult - réselőgép (ill. géplánc), a munka sikeréhez pedig szigorú technológiai fegyelem kell.

A résiszapról

A réselte fal készítésének sajátos, mással nem helyettesíthető alapanyaga a bentonitos résiszap. A többi anyag viszont (beton, acél stb.) az egyéb mélyépítési szerkezeteknél általában használtakkal azonos.

A bentonit

A bentonit igen apró szemcséjű kristályok halmaza, üledékes kőzet. Alapanyaga vulkáni törmelék, elsősorban vulkáni hamu, riolit - (esetleg bazalt- vagy andezit-) láva és tufa. Ezekből melegvíz jelenlétében bomlással képződik. Igen változatos formákban fordul elő: lehet nedves, plasztikus vagy kemény, kagylós törésű, esetleg morzsásan széteső, földszerű. Friss állapotban lehet vajsínű, sárgásfehér, zöldessárga, zöld, szürke, barna stb., az egyéb tényezőktől függően. tömegét a montmorillonit nevű agyagásvány alkotja, ez határozza meg jellegzetes tulajdonságait, amellet azonban más agyagásványok is vannak benne.

A résiszap tulajdonságai és készítése

A bentonit és víz keveréke ("szuszpenziója") tixotróp tulajdonságú: nyugalomban megdermed, azonban rázás, keverés hatására ismét megfolyósodik, eközben a szuszpenzió térfogata állandó. Ez a változás akárhányszor megismétlődhet. Elsősorban a Na-bentonitok ilyenek, de az ún. "aktiválástól" - pl. Na_2CO_3 (szóda), vagy vízüveg hozzákeverésétől - a Ca bentonitok szuszpenziója is tixotróppá válik. Az előírt tulajdonságú őrlött, aktivált bentonitot ugyanúgy zsákokban szállítják a gyárból, mint pl. a cementet. A tixotrópia teszi lehetővé, hogy a vízzel elkevert bentonit (vagy esetleg más anyagok is) **nem ülepednek le**; vagyis a szuszpenzió stabil, ill. térfogatsúlya időben állandó. A réselés szempontjából ez a tulajdonság és a bentonit duzzadó képessége a legfontosabb.

A réselőgéppel a földbe vágott üreget (furatot, rést) legfeljebb csak a legfelső szakaszán támasztják meg szilárdan, egyébként a A furatba vagy réstbe került szuszpenzió azonnal elkezd szétszivárogni, és eközben a földfal felületén, ill. ennek közelében fokozatosan kiszűrődnek a szilárd részei, így ott néhány mm vastag, vízzáró hártya kéreg alakul ki, amely azután megakadályozza a további szivárgást. A kialakult kéreg vastagsága talajféleségenként változó. Erre a vízzáró kéregre támaszkodik a résiszap, és ha felszínét megfelelő szinten tartják, akkor képes ellensúlyozni a kívülről befelé irányuló föld- és víznyomást. Ehhez az kell, hogy a benne uralkodó hidrosztatikus nyomás bármely

mélységben nagyobb - vagy legalábbis ugyanakkora - legyen, mint a földnyomás és külső víznyomás feszültségeinek **összege**.

Általában ebből az egyszerű egyensúlyi feltételből számítható a résiszap szükséges fajsúlya, amely az esetek *többségében* $\rho_s = 1,03 - 1,10 \text{ gr/cm}^3$, a szilárd anyag mennyisége pedig:

$$W = \frac{\gamma_b \cdot (\gamma_s - \gamma_v)}{\gamma_b - \gamma_v} \text{ ahol} \quad \gamma_b \text{ a bentonit fajsúlya } 28 \text{ kN/m}^3\text{-re vehető,}$$
$$\gamma_v \text{ pedig a víz fajsúlya, } 10 \text{ kN/m}^3.$$

$$\text{Például: } W = \frac{28 \cdot (10,4 - 10,0)}{28,0 - 10,0} = 0,62 \text{ kN} \Rightarrow 62 \text{ kg tömegű}$$

A tapasztalat bizonyítja, hogy az említett kéreg csak bentonitot tartalmazó résiszaból válik ki. A zsákolt bentonitból készített résiszapnál a keverés hatásosabb, ha mintegy kétszeres töménységű anyagot állítanak elő, amelyet azután szükség szerint vízzel hígítanak fel.

A vízzel kevert bentonit jelentősen megduzzad, maximális térfogatát csak *több* nap után éri el. Az előduzzadás tehát nagy tárolókapacitást igényel a munka-helyen, és ez nem mindig biztosítható. Ilyenkor érdemes a víz melegítésével gyorsítani a duzzadást. A résiszapot lehetőleg géppel kell egyenletes összetételűvé keverni, és csővezetéken szivattyúzni a felhasználás helyére.

Iszapveszteségek

A réselési munkák megkezdése előtt a szükséges résiszap mennyiséget előre el kell készíteni. Az iszapszükségletet **a réstábla mérete határozza meg. A megfelelő biztonság, a váratlan iszapveszteségekből származó szakadások elkerülése érdekében a munkahelynek minden esetben gondoskodni kell tartalék iszap helyszíni tárolásáról.** A résiszap tartalék mértéke függ a talajmechanikai adottságoktól, valamint a természetes- és a váratlan iszapveszteségektől. Vízáteresztő talajokban végzett réselési munkáknál a legnagyobb táblaméret köbtartalmának megfelelő 100 %-os tartalékról, kötött, kis vízáteresztő képességű talajok esetén a tervben rögzített réstábla térfogatának megfelelő 50 %-os tartalék helyszíni tárolásáról kell gondoskodni.

Egy résfal szakasz elkészítéséhez szükséges résiszap mennyisége két részből áll: a résfal térfogatából és a veszteségekből.

A veszteségek általában a résben való elszivárgáskor és tisztításkor, illetve a zagyos földanyag kitermelésekor keletkeznek. Az iszapveszteség nemcsak a talaj minőségétől, hanem a talajvíz és a résben levő résiszap szintje közötti különbségétől, továbbá a résiszap minőségétől is függ.

Az iszapveszteség előzetes tájékozódás, közelítő becslés részére felhasználható értékel

- homoktalajban 0,1–0,3 m³ résfal m² -enként;
- kavicsos homokban 0,2 -0,4 m³ résfal m² -enként;
- homokos kavicsban 0,4-0,6 m³ résfal m² -enként-,
- kavicsban 0,6-0,9 m³ résfal m²-enként.

A minőség ellenőrzése

Réselés közben idegen anyagok (pl. homok) keverednek a résiszaphoz, ennek egy részét ülepitő medencében vagy a tisztító hidrociklonban kiválasztják, és az így megtisztított résiszap újból visszavezethető a résbe. Ezzel együtt azonban az idegen szemcsékre tapadt bentonit egy része is eltávozik, és emiatt a szennyeződés mégis fokozatosan feldúsul. Ez pedig rontja a résiszap tulajdonságait, zavarja a szivattyúk üzemét. Ezért naponta ellenőrizni kell a viszkozitását és fajsúlyát. Ez utóbbi növekedése csak kényszerhelyzetben ellensúlyozható vízzel való hígítással. Helyesebb, ha a minőség leromlása (három-négyszeri körforgás) után új iszapot készítenek. A cirkulációt fenntartó szivattyú nagy teljesítményű legyen, hogy a felaprózott talajtörmelékkel felhozhassa.

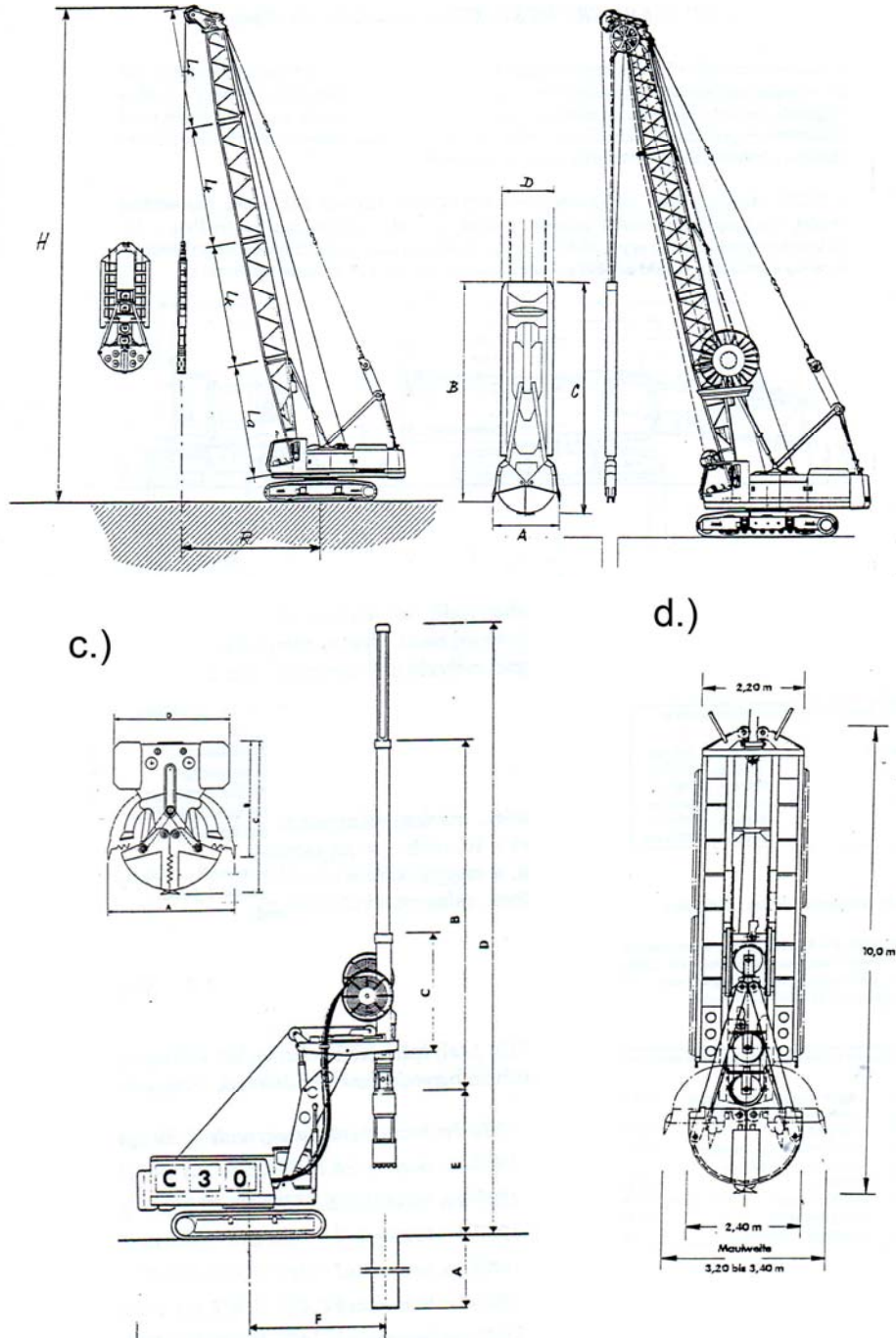
Fontos, hogy mindenkor elegendő tartalék résiszap álljon rendelkezésre, nemcsak a szétszivárgás és a rés mélyülése miatt, hanem arra is kell számítani, hogy egy része ismeretlen helyzetű járatokon (pl. fel nem derített csatornán) megszökhet.

Az elhasznált résiszap (zagy) elszállítása

A víz-talaj-bentonit keveréke sárszerű, csúszós "zagy"-ot képez, amely úgy elszennyezhetné a területet, hogy szinte lehetetlenné tenné a további munkát. Ezért gondoskodni kell összegyűjtéséről és biztonságos elszállításáról. Ez azt jelenti, hogy csak olyan zárt tartályokban, ill. járműveken vihető, amelyek szavatolják, hogy a résiszap nem csorog az utakra, hiszen különben állandósítanánk ezzel a balesetveszélyt.

A réselőgépek

Ma már igen sokféle réselő berendezés van forgalomban, amelyek egyrészt abban különböznek, hogy (a harántolandó rétegek tulajdonságaihoz igazodva) miként fejtik, aprózzák a talajt, másrészt abban, hogy miként távolítják el a felaprózott törmeléket.



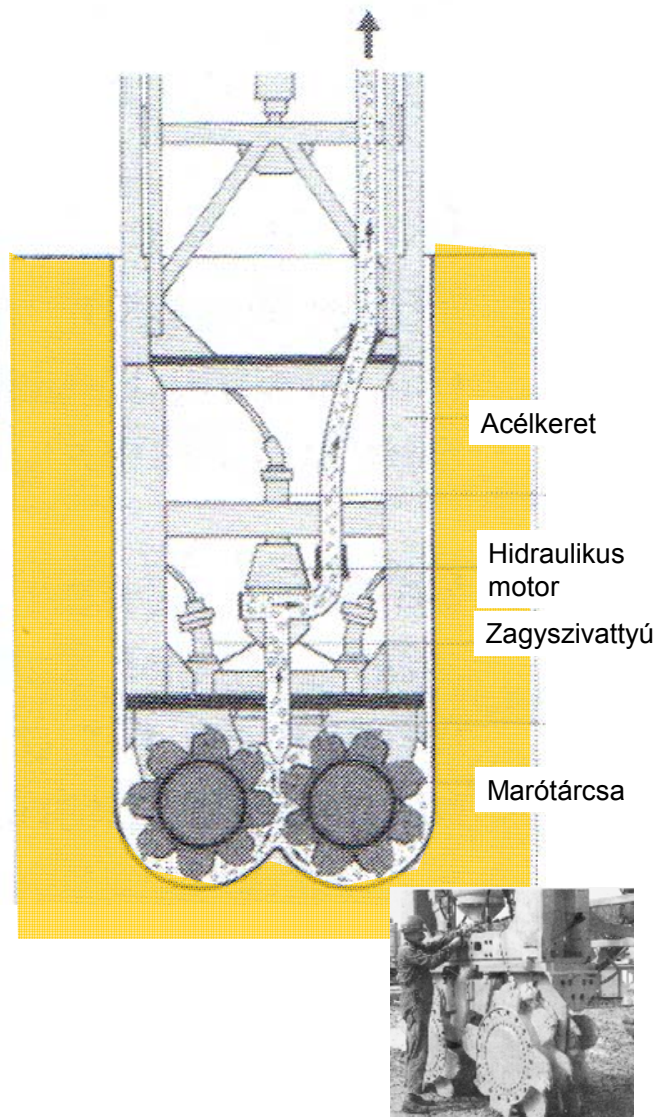
29. ábra.

a.) Liebherr HS 843 HD típusú réselő kotrógép. Hidraulikus köteles kotrógép
Maximális résmélység 40 m.

b.) LIEBHERR HSWG3,2 típusú hidraulikus markoló kanállal. A markoló tömege 13t-14t.

c.) Kelly száras C30 Casagrande típusú berendezés. Max. mélység 25 m,

d.) Stein K410 típusú kötelvezérlésű markolókanál. Markolókanál súlya 11,8-12,2 t, szélessége 400 vagy 600 mm.



Nagy mélységeknél alkalmazott marótárcsás réselő berendezés.

- Előnye: kisebb zaj és rezgés hatás,
- Keményebb kőzetekben is használható,
- Nincs a résben többszörös le-fel mozgatás,
- Jó iránytartást tesz lehetővé (külön is mozgathatók a tárcsák)

Hátrányai:

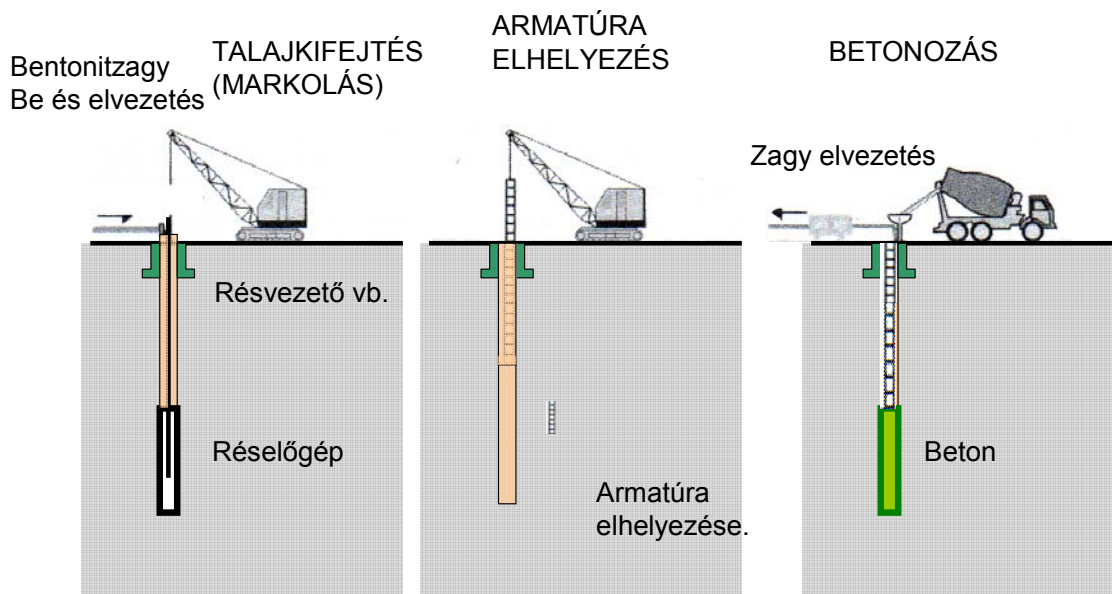
- A réstáblák négyzetes alaprajzi méretűek a csatlakozási felületeknél a vízszintes erőfelvétel kisebb
- Előréselet igényel a nagy mérete miatt

30. ábra. Marótárcsás réselő berendezés

A géplánc többi tagja

A réskészítés több egymáshoz illeszkedő folyamatból áll, az ehhez szükséges gépek egyenletesen azonos teljesítménnyel működjenek együtt. A főbb szakaszok: a résiszap keverése és kezelése; a rés kialakítása; a résiszap keringetése, ill. tisztítása vagy elszállítása; a rés kitöltése betonnal, előregyártott elemmel stb.

A műveletekhez szükséges géplánc a réselés technológiájától és a helyi adottságoktól függően is változik. Mindenesetre a "vezérgép" a réselőeszköz, amelyet a talaj adottságaihoz és a rés méreteihez igazodva kell kiválasztani, a többi gép teljesítményét ehhez kell igazítani.



31. ábra. A résfalépítés munkafázisai

BETONÓZÁS

A réselés befejeztével, de legkésőbb 6 óra múlva kell megkezdeni a rés bebetonozását. Előzőleg ki kell tisztítani a rés alját, és meg kell győződni róla, hogy nincs-e ott a falból véletlenül leomlott laza törmelék.

Betonozás közben rendszeresen mérni kell a beépített beton mennyiségét és a beton felszínének mélységét.

A RÉSEK ÁLLÉKONYSÁGÁRÓL

A réselőgép által vágott rést a résiszap hidrosztatikus nyomása támasztja meg, a felső szakaszt pedig a részvezető gerenda védi beomlástól. A földkiemelés és a réskitöltés szakaszosságából is következik, hogy az egyszerre kinyitott réstábla véges hosszúságú, s ezért a földpart állékonyságában a boltozati hatás is közrejátszik.

Egyébként azonban a résfalat főként a résiszap nyomása tartja egyensúlyban, ehhez az kell, hogy:

- a résiszap szintje legalább 1,5 m-rel haladja meg a mindenkor "külső" talajvízszintet. Ennek érdekében a részvezető gerendák esetleg a térszín fölé is magasíthatók, mert a résiszap szintje legfeljebb 50 cm-re közelítheti meg ezek felső peremét. A résiszap szintjét állandóan az előírt szinten kell tartani, az elfolyásból, szétszivárgásból adódó veszteségeket folyamatosan pótolni kell;
- a résiszap összetétele, ill. sűrűsége a számított értéknek megfelelő legyen.

RÉSTÁBLÁK KIALAKÍTÁSA

A résfal a réstáblák sorozatából áll. Az egyes táblák építési sorrendjét a munkahelyi szervezés körülményei vagy a stabilitási követelmények szabják meg.

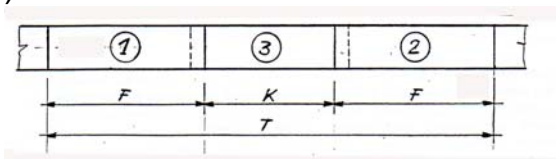
Szögletes markoló szirom alkalmazása

Folytonos, vízzáró bentonit-betonkeverékkel kitöltött résfal készítésénél vagy önálló teherviselő beton illetve vasbeton réspillérek kivitelezésénél használjuk.

Íves markoló szirom alkalmazása

A szakaszolócsöves eljárással készített beton és vasbeton folytonos résfalak réskiemelési sorrendje a kezdő és befejező táblák sorozatából áll.

a.)

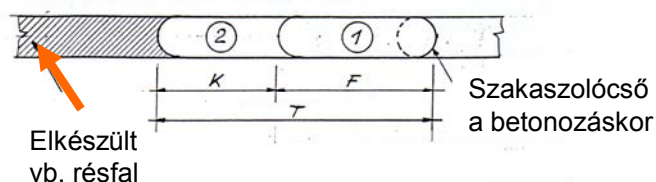


T –réstábla F= fogás vagy függély, K= átharapás

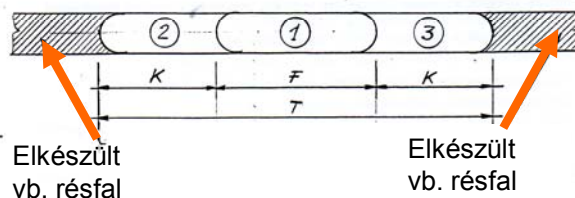
b.)



c.)

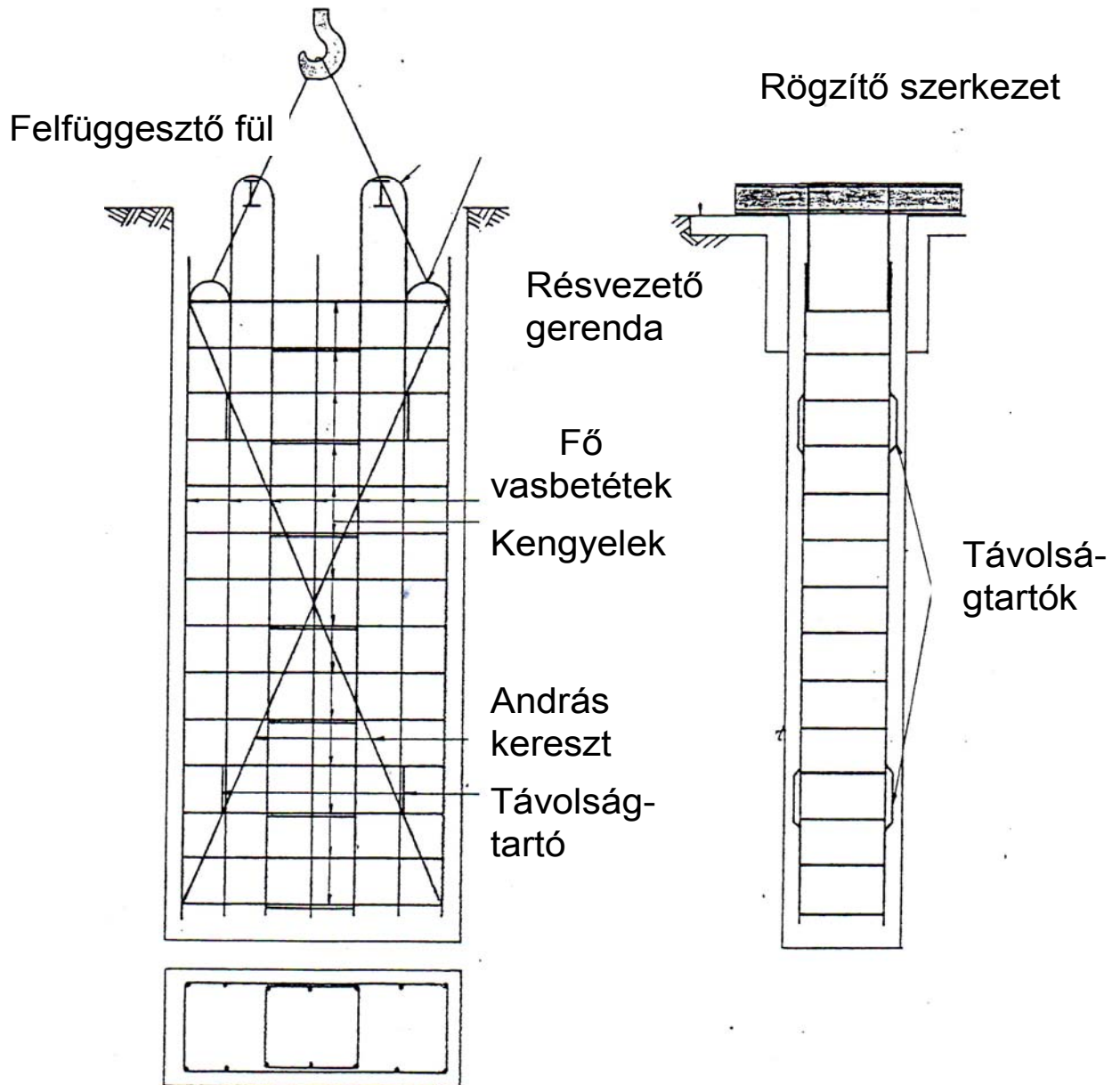


d.)



32. ábra. a.) folytonos, vízzáró résfal készítése átharapásos eljárással
b.) Kezdő réstábla készítése két szakaszolócsöves eljárással.
c.) Közbenső réstábla készítése egy szakaszolócsöves eljárással
d.) Befejező réstábla készítése szakaszolócsövek nélkül.

BETONACÉL ARMATÚRA ELVI ELRENDEZÉSI ÉS RÉSBEN VALÓ ELHELYEZÉSI TERVE



33. ábra. Elvi ábra a résfalakra elhelyezhető armatúra kialakításáról. A betonacél méreteket a szállítási, a résfal melletti talaj kiemelési építési fázisokra, továbbá a végleges üzemi terhelésekre kell méretezni.

A RÉSFALAK TEHERBÍRÁSÁRÓL

A teherviselő elemként (is) használt réselt fal lényegében ugyanúgy adja át a terheket az altalajra, mint a cölöpök. Ha betonozás előtt nem sikerül tökéletesen kitisztítani a rés talpát, akkor ott leomlott laza föld maradhat. Sokáig tartottak attól is, hogy a rés falán megtapadt bentonitos réteg erősen lecsökkenti a köpenysúrlódást, de a próbaterhelések bebizonyították, hogy ez a hatás nem számottevő.

A réselt falak teherbírása - már csak rendszerint jelentős méreteik miatt is - általában igen nagy lehet. Előzetes becslésükhöz kevesebb lehetőség kínálkozik, mint a cölöpök esetében, így pl. a szondázás vagy a verési képletek a résfalaknál nem alkalmazhatók. Ezért különféle statikus képleteket dolgoztak ki, amelyek azonban csak becslésszerű értékeket adhatnak. A teherbírást próbaterheléssel lehet a legmegbízhatóbban ellenőrizni. Ennek körülményei értelemszerűen azonosak a cölöpöknél már megismertekkel. Igen nagy jelentőségűek a már elkészült próbaterhelések tapasztalatai. A résfal-próbaterheléseket ugyanúgy gyűjtik, illetve rendszerezetten közreadják, mint a cölöpökét.

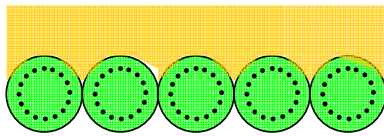
A RÉSFALAK VÍZZÁRÓSÁGÁRÓL

A résfal vízzáró, de nem vízhatlan szerkezet. Ezért a munkagödör oldalhatárolására, ill. víztelenítésére készített résfalakat erre megfelelőnek lehet minősíteni, de ha térhatároló, ill. szerkezeti falként szerepelnek, akkor a mértékadó talajvízszint alatt külön kell gondoskodni a szárazsági követelményektől függő, nyomásálló szigetelésükről.

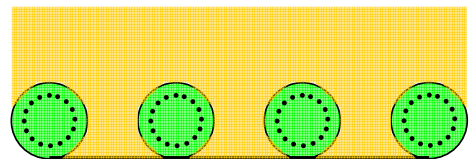
Résfalak csatlakozását a megfelelő vízzáróság érdekében fugaszallagokkal is biztosíthatják. A fugaszallagos kivitelnek előnye, hogy a résfalak csatlakozásainál is vízzárást tud biztosítani. 15-20 m mély résfalméretig megfelelő, de nagyobb mélységeknél a fugaszallag elcsavarodása, deformációja miatt már technológiailag nehezen kivitelezhető.

CÖLÖPFALAK

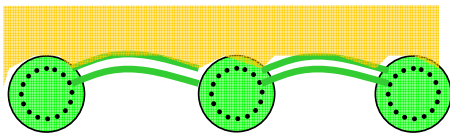
Egymás mellé, sorban, általában fúrással lehajtott cölöpökből a résfalakhoz hasonló földmegtámasztó szerkezet készíthető, mely **sok** esetben **előnyösebb is lehet a résfalnál**. Készítése ugyanis egyszerűbb, kisebb a helyigénye, s a cölöpöző gépek lejtős terepen is fel tudnak állni. A foghíjbeépítéseket illetően pedig az szől mellett, hogy kevésbé veszélyezteteti a meglévő épületek alapjait, mert a cölöpfurat állékonysága könnyebben biztosítható. Víz-zárósági igény esetén viszont a résfal helyezhető előtérbe.



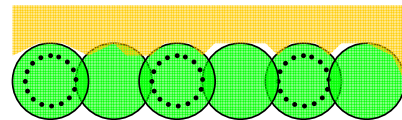
Egymást érintő cölöpökből álló fal



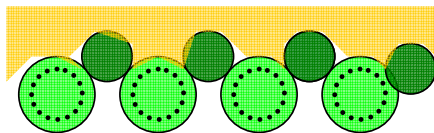
Ritkított cölöpfal belső takarás nélkül



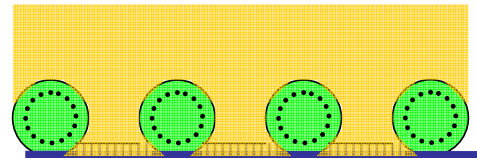
Boltíves lőttbetonnal zárt cölöpfal



Egymásba metsződő cölöpökből álló fal



Kisebb átmérőjű cölöpökkel zárt fal



Ritkított cölöpfal belső zárófelülettel

34. ábra A cölöpfalak kialakítási lehetőségei

A TALAJOK SZILÁRDÍTÁSA

A talajok természet adta tulajdonságait többnyire el kell fogadnunk és alkalmazkodnunk kell hozzájuk. Előfordulhatnak olyan körülmények, amikor azonban érdemes beavatkozni, és a talaj kedvezőtlen tulajdonságait megváltoztatni. Ez a tevékenység a talajszilárdítás, melynek célja, hogy ideiglenesen vagy véglegesen megnövelje a talaj szilárdságát, és lecsökkentse az áteresztőképességét.

A célok és hatásmechanizmusok elég széleskörűen értelmezhetők.

A **megjavításra** irányuló törekvés tekinthető állandó tendenciának, vagyis, hogy ne a „létesítménnyel” alkalmazkodjunk mindenáron a létező, de nem jó talajadottságokhoz, hanem — ha ez az előnyösebb és a műszaki-technológiai feltételek léteznek, megteremthetők — javítsuk meg azokat. E fő tendencián belül nyilvánvaló az eszközök, eljárások fejlődése, tökéletesítése.

Alkalmazási területe

- az építmények alatti talaj teherbírásának növelése, ill. összenyomhatóságának csökkentése;
- az építmények utólagos biztosítása melléépítés, alap-mélyítés vagy épületkár esetén;
- munkagödrök körülzárása talajfolyás, kiüregelődés stb. megakadályozására;
- vízzáró függönyfalak építése;
- akna- és alagútépítésnél folyós rétegeken való áthatoláshoz, hátúr kitöltéséhez;
- rézsűk védelme;
- sziklafalak, mállott rétegek megerősítése;
- cölöpök vagy cölöpcsoportok teherbírásának növelése;
- utak, térburkolatok létesítésénél ágyazati réteg ki-alakítása (talajstabilizálás).

A SZOKÁSOS MÓDSZEREK ÁTTEKINTÉSE

A felsorolt célok elérésére igen sokféle módszert dolgoztak ki, közülük a műszaki lehetőségek és a gazdaságosság alapján választanak.

Mechanikai szilárdítások

Általában a talaj állapotának javításán alapulnak. Szemcsés talajok szilárdsága egyszerű vibrálással növelhető.

A vibro flotációs (flotáció = ülepités) eljárás hatékony talajjavító eljárás.

A vibrátort a csövön levezetett nagynyomású vízszugár és vibráció segítségével a kívánt mélységig lejuttatják, majd erőteljes vibrálás közben lassan felhúzzák. A felszínen kialakuló roskadási tölcserbe talajt (esetleg javító vagy szilárdító anyagokkal kezelt talajt) töltenek vissza.

Laza, szemcsés talajokban előnyösek lehetnek a talajtömörítő cölöpök. A térfogatuknak megfelelően lecsökkent hézagterefogat következtében így pl. elkerülhető, hogy az alapsíkot mélyebbre (a talajvíz szintje alá) helyezték. Ugyanilyen hatása lehet a fúrt lyukakban végzett robbantásnak is. Ezzel a lösztalajok roskadékonysága is hatékonyan csökkenthető.

A kötött talajok legegyszerűbb szilárdítása az, ha szivárgók, kőbordák, tárok stb. segítségével csökkentjük víztartalmukat. A drénező gép - mint egy óriási varrógép - egy merev rudazatot sajtol (vagy ver) a talajba, amely eközben maga után húz egy porózus vászon tömlőt, vagy polietilén-csíkot, az ún. Geodrain-t. A rudazat visszahúzása után ezeket felül elvágják, a lefűzött rész a talajban marad. A vászontömlőbe a szöveg hézagain, a Geodrainbe a papíron keresztül behatol a víz, és onnan - ha túlnyomás alatt áll - a felszínre juthat. Így a pórusvíznyomás

Szilárdítások hőkezeléssel

Szilárdításoknak különleges esetei a hőkezelési eljárások, a fagyasztás és az égetés. Az égetésnél a roskadás veszélyes löszöket és a vízzel telített lágy iszapokat, agyagokat lehet szilárdítani.

Szilárdítások idegen anyagokkal

A talajhoz szilárdító anyagot: cementet, meszet, bitument kevernek. Így egy nem túl vastag, felszín közeli, átglyúrt réteg alakul ki, amelyre különböző burkolatok kerülnek. Ebből következik, hogy a talajstabilizálás főleg az út-építés területére tartozik.

Cementet tartalmazó anyaggal

Cementpépet (vagy cementtejet) használhatunk, ha a repedés 0,1 mm-nél szélesebb, vagy ha a talaj 1 mm-nél durvább szemcséjű homok. Erre a célra ajánlatos nagy

szilárdságú portlandcementet használni, mert ez finom őrlése és jó vízáteresztő képessége miatt kis ülepedési sebességű. Felhasználhatók konzisztenciajavító szerek: mész, plasztifikátorok, bentonit.

A betöltendő hézagok méretétől függ az injektált anyag sűrűsége is: minél kisebbek ezek, annál hígabb anyag kell. Ennek ellenére kell bizonyos nyomás a besajtoláshoz, és ha ez valamilyen ok miatt lehetetlen, akkor az eljárás rendszerint nem használható.

Ha a meglévő falazat (alagút fala, műtárgy alaplemeze) mögé kell bejuttatni az anyagot, akkor előre elkészített vagy utólag fúrt lyukakat és kapcsolatokat kell biztosítani az injektáló vezeték számára. A talajba viszont fúrt (vagy bevert), perforált injektáló csöveken juttatják a szilárdító anyagot. E csöveket egymástól 50-100 cm-re helyezik el.

Az anyag keverésére és benyomására besajtoló készülékek szolgálnak. A besajtoló nyomásnak folyamatosan növelhetőnek kell lenni, ehhez különleges injektáló szivattyúk szükségesek. Addig kell folytatni a besajtolást, amíg a talaj hézagai, vagy az üregek megtöltődnek anélkül, hogy szerkezetük megbomlana.

Bentonit injektálása

Homokok tömítésére, vízzáróságának javítására való. Ebből a szempontból nagy szerepe van a bentonit duzzadó- és vízlekötő képességének. Ha a duzzadás kezdetén sikerül a hézagokba juttatni a bentonitrészecskéket, akkor azok ott duzzadnak meg, és elzárják az átszivárgás útját. Ezért a bentonit-injektálás lényeges következménye az, hogy az általában 6-12% bentonitot tartalmazó zagyot a keverés után minél gyorsabban a talajba juttassák. Ha a besajtolástól szilárdságnövelést is várunk, cement adagolható a keverékbe.

MÓDSZER	ALAPELV	LEGINKÁBBMEGFELELŐ TALAJTÍPUS / FELTÉTEL/	MAX. GAZD. MÉLYSÉG	GAZD. TERÜLET NAGYSÁG	SPECIÁLIS ANYAG SZÜKSÉGET	SPECIÁLIS GÉPESZÜKSÉGELET	EREDMÉNYES-SÉG	ELŐNYÖK, KORLÁTOK	RELATÍV KÖLTSÉG
Előterhelés	Előterhelés	Normál konszolidált agyag, iszap szerves feltöltés	-	1000m ²	Talaj vagy más anyagból feltöltés kavics drén paplannal.	Talajmozgató gépek v. nagy viztartály piezométerek az ellenőrzéshez	Viztartalmat csökkenteni növeli a szilárdságot	Könnyű kivitelezés, elmélettel követhető nagy időigény /homok v. kavics-cölöp lecsökkent az időt	Magas /mérésélt függ. drénekkal.
	Tűterhelés	Normálisan konszolidált lágy agyag iszap, szerves feltöltés.	-	1000m ²	Talaj vagy más anyagfeltöltés Homok vagy kavics paplannal	Talajmozgató gépek elmozdulás mérők piezométerek /ellenőrzéshez/	Viztartalmat redukálja szilárdságot növelő kisebb tüzermódosítás	Gyorsabb mint az előterhelés. Az elmélettel követhető. Függ. drénekekkel a konz. idő csökken.	Mérésélt.
Dinamikus Konszolidáció	Nagy energiájú tömeg ejtegetése. Pórusvíznyomás nő, megfolyósodás Utószilárdulás	Telítetlen Finomszemcsés talaj feltöltés, szemét	20 m	Nagy alapterület.	Nincs.	Döngölő tömeg 10-40' nagy kapacitású daru	Viztartalom csökken kisebb összenyomódás szilárdságnövelő	Gyorsabb mint az előterh. gazdaságos nagy alapterületen kevésbé uniform mint az előterhelés	<Előterhelés +
Elektro-ozmózis	Egyenárammal vízáramoltatás az anódtól a katódig	Normálisan konszolidált iszap. Agyag	10-20m	Kis alapterület.	Anód rendszerint alumínium Katód	Egyenáramú telep, vezetékek mérőrendszer	Viztartalmat csökkenteni elektrokémiai szilárdítást eredményez	Zárt terület igényel relatívan gyors nem alkalmas magas ind. talajban	Magas
Helyben kevert cölöp v. fal. mix-in-place	Mész, cement bejuttatása a fúroszáron keresztül speciális helyben Keverés	Minden lágy vagy laza. szervetlen talajban.	20 m	Kis alapterület	Cement, méz, v. aszfalt kémiai stabilizáló plasztifikáló	Fűrőgép, vágó, keverő feji, adagoló berendezés	Szilárdított cölöp v. fal relatív magas szilárdság	Oldalkitérés talaj kiemelésnél lecsökkenti nehéz a minőségi kontroll	Köze-pesen magas
Szalagokkal, membránnal erősített talaj	vízszintes erősítő csíkok műanyagrácsok rétegenként beépítve	Kohézió Nélküli talajok	kis mélység	kis alapterület	Acél vagy műanyag szalagok	Talajmozgató gépek Tömörítő gép	Megnöveli a teherbírást	Megnöveli a talaj teherbíró képességét töltéseknek alkalmazható	Mérésé-kellen magas
Vibro kavics Cölöp vibroprotáció	Lyak kialakítás kitöltő anyag rétegenként	Lágy talaj, agyag üledékek	20 m	1500m ²	Kavics zúzottkő	Vibroflot vibrocat Vizszivattyú	Megnöveli a teherbíró képességet lereduálja a süllyedést	Gyorsabb mint az előterhelés víztelenítés mint drénekekkel behatárolt teherbírást	Köze-pesen magas

TALAJ ERŐSÍTÉSSEL

ELŐZETES TERHELÉSSEL

MÓDSZER	ALAPELV	LEGINKÁBB MEGFELELŐ TALAJ-TÍPUS / FELTÉTEL	MAX. GAZD. MELYSEG	GAZD. TERÜLET NAGYSÁG	SPECIÁLIS ANYAG SZUK-SÉGLET	SPECIÁLIS GÉP SZUKSÉGELET	EREDMÉNYES-SÉG	ELŐNYÖK, KORLÁTOK	RELATÍV KÖLTSEG
Robbanítás	Lökészerű hullámok és vibráció következtében talaj megfolyósodás, átrendeződés	Telített homok részben telített elárasztott homok, iszap	?	Kis területet gazdaságosan tömöríteni	Robbanóanyag fojtóanyag	verő vagy fúrógép	Relatív tömörség 70-80 %	Gyors, egyszerű, veszélyes a beépített terület közelében	Alacsony
Vibrációs szonda	Tömörítés vibrátorral túlterhelés miatt talajmozgás	Telített és száraz homokok	20 m Nem gazdaságos <4,0m	1500 m ²	nem kell	Vibro cölöpverő és 750 mm nyitott acélcső	Relatív tömörség 80 %	Gyors, egyszerű. Víz alatt is alkalmazható.	Mérsékelt
Vibro-henger	Tömörítés vibrátorral, talajelmozdulás a henger súly + vibráció következtében	Kohézió nélküli talajok	2-3 m	bármely	Nem kell	Vibrohenger	Néhány dm-es rétegekben igen nagy tömörség	A legjobb módszer kis rétegvastagságokban	Alacsony
Tömörítő cölöp	Tömörítés a cölöp térfogati behatolása és vibrációs ütés miatt	Laza homok talajok, részben telített kötött talajok, lösz	20 m	Kis területtől közepesig	Cölöp töltőanyag / Gyakran homok+cement keverék/	Cölöpverő	Nagy tömörség jó	Finomszemcsés talajoknál jó ellenőrzés könnyebb A felső 1-1,5 m tömörítése korlátozott	Közepes
Nehéz tömeg ejtegetése (Dinamikus konszolidáció)	Nagy intenzitással ismételt ütések a talajfelszínre	Kohézió nélküli talajoknál a legjobb de más talajban is	30 m	Nagy terület	nincs	Nagy kapacitású daru, tömörítő súly	Nagy tömörség, elfogadhatóan homogén	Egyszerű, gyors több talajtípusnál is megfelelő, víz alatti rétegeknek is	Vibroflotációval közel azonos
Vibroflotáció.	Tömörítés vibrációval és a töltőanyag besajtozásával.	Kohézió nélküli talajok 20 %-nál kevesebb finom frakcióval	30 m	1500 m ²	Szemcsés, kavicsos töltőanyag.	Daru vibroflot	Nagy tömörség, elfogadhatóan homogénizált	Használható telített, telítetlen talajokban. Cölöp univerzális	Kb. fele mint a tömörítő cölöp vagy vb. Cölöp költségének

DINAMIKUS ÉS VIBRÁCIÓS HATÁSOKKAL

MÓDSZER	ALAPELV	LEGINKÁBB MEGFELELŐ TALAJ-TÍPUS / FELTÉTEL	MAX. GAZD. MÉLYSÉG	GAZD. TERÜLET NAGYSÁG	SPECIÁLIS ANYAG SZUK-SÉGLET	SPECIÁLIS GÉPISZÜKSÉGE LET	EREDMÉNYESSÉG	ELŐNYÖK, HÁTRÁNYOK	RELATÍV KÖLTSÉG
Fűtés	Száritás magas hőmérsékleten átalakulás az anyagnál 400-600 C°-on Fűző 1000 C°-on	Finomszemcsés talajok, telítetlen agyag, iszap, lösz	15 m	Kis alap-területen	Üzemanyag	Üzemanyag tartály Egőfej + berendezés	Lecsökkenti a víztartalmat, szilárdságnövelő	Irreverzibilis szilárdítás Stabilizáláshoz forró gáz kell	Mérsékelt magas
	Fagyasztás nedves, telített talajban, szilárdság merevség növelése	Minden talajban	Jelentős mélységben is	Kis alapterületen	Fagyasztó folyadék	Fagyasztó rendszer	Megnöveli a szilárdságot, merevséget, csökken az átteresztő képesség	Nem alkalmazható előnyösen áramló talajvízbe. Hőhátartást	Magas
Helyi szilárdítás	Szilárdító -kitöltő anyag bejuttatása a talaj hézagaiba	Közepes- durva szemcséjű homok, kavics	Meghatározatlan	Kis terület	Injektáló anyag, víz	Mixer, szivattyú	Igen magas szilárdság, a cementadagolás miatt	Magas a szilárdító anyag ára, nagy szilárdság nehezen becsülhető előre	Drága,
Kémiai szilárdítás	Két vagy több kémiai reagens folyadék bejuttatása a talaj hézagaiba	Közepes iszap és durvább szemcséjű talajok	Meghatározatlan	Kis terület	Injektáló anyag, víz	Mixer tartály, szivattyú	Igen nagy szilárdság, megszünteti a megfolyósodást	Magas viszkozitás ellenőrizendő a gélesedési idő, magas ár, nehezen becsülhető előre	Drága, nagyon drága
Injektálás mésszel	Mész injektálás kis nyomáson	Expanziós anyagok	Meghatározatlan Gyakori 2-3 m	Kis terület	Mész, víz	Injektáló gép tároló tartály	A mész betokosítja a gyökér-csatornákat	Gyors és gazdaságos szilárdítás kis terhelésű szerkezetek alatt	Közepesen drága
Jet grouting injektálás (Soil crete)	Magas viszkozitású injektáló anyag radikálisan talajba injektálva nagy nyomáson	Lágy finomszemcsés talajok, alapok alatti talaj	Meghatározatlan, de kis mélység gyakori	Kis terület	Talaj, bentonit, cement, víz	Sok alapelemű berendezés, nagygyomlású és nagy szállító-képességű szivattyúk.	Az injektált habarcs és tömörített talaj	Jól korrigálhatók a különböző elmozdulási mezők.	Kevés anyag sok drága inj.
Elektro kinetikai injektálás	Stabilizáció a kémiai oldat elektroózmotikus áramoltatásával	Telített iszap, iszapos agyagok	ismeretlen	Kis terület	Kémiai stabilizáló szer	Egyenáramú telep. anód, katód	Megnöveli a szilárdságot, csökkenti az összenyomhatóságot	Nem megfelelő nagy konduktív ellenállású talajban	Drága

HŐHATÁSSAL

INJEKTÁLÁSSAL

MÓDSZER	ALAPELV	LEGINKÁBB MEGFELELŐ TALAJ-TÍPUS /FELTÉTEL/	MAX. GAZD. MÉLYSÉG	GAZD. TERÜLET NAGYSÁG	SPECIÁLIS ANYAG SZÜKSÉGSÉGLLET	SPECIÁLIS GÉPESZÜKSÉGELET	EREDMÉNYES-SÉG	ELŐNYÖK, KORLÁTOK	RELATÍV
Talaj-csere	Talaj kiemelés keverés v. szárítás újratömörítés	Szervetlen talajok	10 m ²	Kis területen	Nincs, esetleg stabilizáló anyag	Talajkiemelő tömörítő gépek esetleg viztelenítő berendezés	Növeli a szilárdságot és merevséget.	Uniform Az ellenőrzés az újra tömörítésnél fontos.	Magas
Nedvesedés meg-gátálása	A víz hozzáfutását az alap alatti talajhoz megakadályozzák.	Expanziós talajok.	5 m	Kis területen	Membrán, kavics, mész	Talajkiemelő árkölo gépek tömörítő gép	Megfelelő izoláció	Legjobb kis épületeknél, szerkezeteknél nem 100%-osan hatékony	Alacsony
Elárasztás elő-nedvesítés	A talajba a becsült későbbi állandó víztartalmat állítják be.	Expanziós talajok.	2-3m	Kis területen	Víz	Nincs	Lecsökkent i a duzzadási képességet	Alacsony ár, legjobb kis területen, könnyű szerkezeteknek	Alacsony
Szerkezeti Feltöltés	Szerkezeti feltöltéssel terhelés a lágy talajon	Használható lágy agyag feltett szerves talajban.	-	Kis területen	Homok, kavics nehéz anyagokkal	Tömörítő gépek	Ágyazat a szerkezet i teherbíró fe lőtésnek.	Magas szilárdság jó terhelési elosztás a lágy talajok felett.	Alacsony[ó], magasig

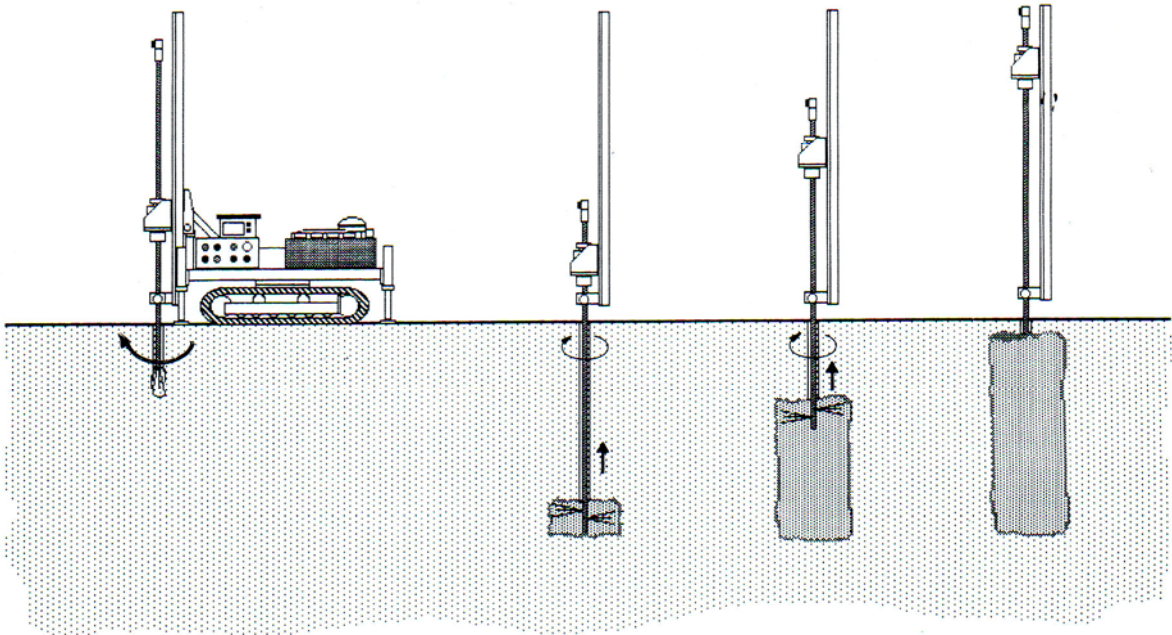
ÖSSZEÁLLITOTTA: Dr. Mecsi József
FORRASMUNKA:

I.K. Lee, W. White and 0.6. Ingles, Pitman Geotechnical engineering 9 Chapter so il treatment

A táblázat /Mitchell personal coimunication/

TALAJHABARCSOSÍTÁS (JET GROUTING)

A talajhabarcsosítási eljárás a talaj vagy gyenge kőzet felaprózásából és egy kötőanyaggal való összekeveréséből, és azzal való részleges helyettesítéséből áll; a felaprózást nagy energiájú folyadéksugár idézi elő, amely lehet maga a kötőanyag is.

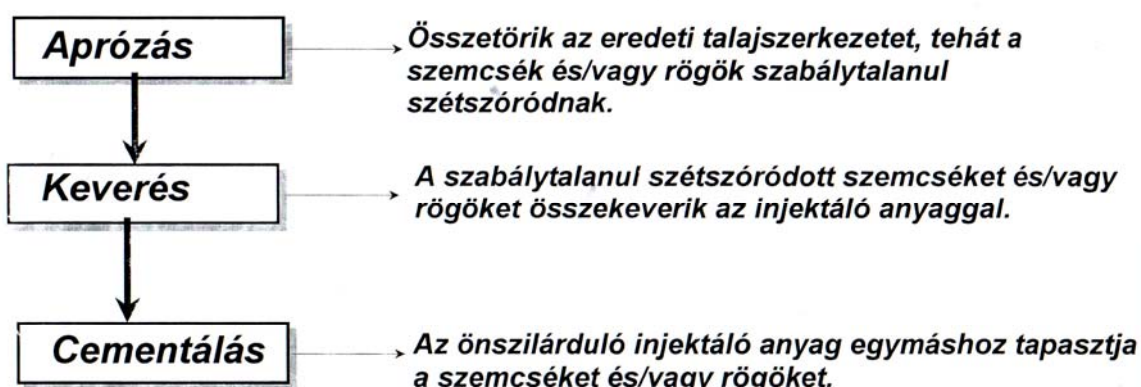


35. ábra A talajhabarcsosítás munkafázisai



36. ábra A kilövelt levegő és habarcs a fúrószárból. (Soletance-Bachy) A szilárdított jet oszlopok. (Pacchiosi)

A jet-grouting eljárás elvi vázlatja:



Vegyí szilárdítás:

A kémiai anyagbevonat megőrzi a talajrög természetes szerkezetét, és az injektálás nyújtotta szilárdság növelés csupán a vegyi anyag gélesedéséből származik.

Nagyobb gél-szilárdságú vegyi anyag nagyobb szilárdságot eredményez, de a használatos anyagok -kivéve az uretán fajtákat nem ilyenek.

"Áztatásos" átítatásos injektálás:

A szilárdítást nem lehet biztonsággal a kívánt rétegre vagy tömbre összpontosítani.

A szilárdságot nem tudjuk biztonsággal szabályozni, a talaj áteresztő képességétől is függ az eredményesség.

Maradhatnak meg-nem-szilárdult szemcsék, rögök a megszilárdított tömbben, amik csökkentik az egész tömb szilárdságát.

Sugárral belövelt injektáló eljárás:

A mechanikus keverési módszerrel ellentétben majdnem minden talajfajtnál lehet alkalmazni, beleértve a kavicsot is.

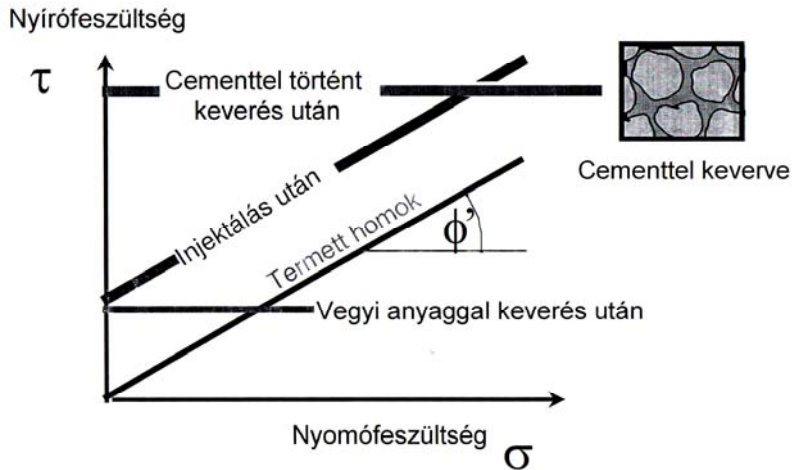
Kavicsnál az injektáló sugár nem töri össze a nagyobb szemcsék szerkezetét, de az áramlás körülöleli, befolyik mögéje, és összeszilárdítja (cementálja) a nagyobb szemcséket is.

HABARCSOSÍTOTT TALAJTEST

Az egyetlen furaton keresztül habarcsosított talajtömeg.

A legelterjedtebb alakzatok:

- a habarcsosított oszlop , ami egy habarcsosítással kialakított henger habarcsosított faltest
- a habarcsosítással kialakított sík alakzat



37. ábra A nyírószilárdsági paraméterek változásának elvi ábrája a különböző szilárdítási módszereknél.

HABARCSOSÍTOTT SZERKEZET

habarcsosítással kialakított talajtestek részben vagy egészen összekapcsolódó együttese.

A leggyakoribb ilyen szerkezetek:

- habarcsosított zárófal
- egyedi elemekből álló fal
- habarcsosított lemez, lényegében függőlegesen végzett habarcsosítással létrehozott vízszintes szerkezet
- habarcsosított boltozat
- vízszintesen végzett habarcsosítással kialakított szerkezet a habarcsosított tömb, egy térbeli szerkezet

EGYSUGARAS RENDSZER

talajhabarcsosítási eljárás, amely egyetlen folyadéksugár, rendszerint cementhabarcs nagy energiájú kilövellésével aprózza fel és köti meg a talajt

KETTŐS (LEVEGŐS) RENDSZER

A talaj felaprózását és cementálását egyetlen folyadék sugár (rendszerint cementhabarcs) nagy energiájú kilövellésével végzi, melyet második folyadékként befűjt levegőburok segít

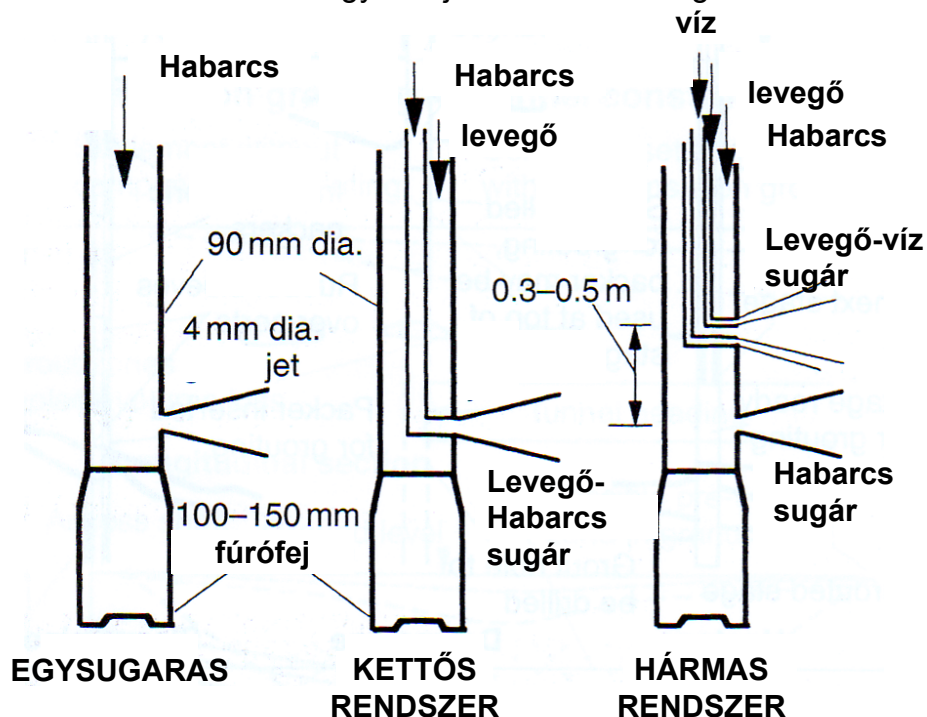
KETTŐS (VIZES) RENDSZER

Nagy energiájú vízszugár aprózza fel a talajt, a cementálást pedig egy egyidejűleg külön belövellt habarcssugárral érik el

HÁRMAS RENDSZER

Egy légsugárral körbeburkolt nagy energiájú vízsugár aprózza fel a talajt és ennek cementálásához egyidejűleg egy külön habarcssugarat lövellnek be talajhabarcsosítási paraméternek tekintendő:

- a folyadék(ok) nyomása a rudazatban;
- a folyadék(ok) áramlási sebessége a rudazatban;
- a belövellt anyag összetétele;
- a rudazat forgási sebessége;
- a rudazat visszahúzásának vagy lehajtásának sebessége.



38. ábra A különböző jetes eljárások

ELŐLAZÍTÁS

valamely elem habarcsosítását könnyítő, víz és/vagy más folyadékok általi előzetes felaprózó művelet.

széles körben ismert előöblítés (prewashing) vagy elővágás (precutting) néven is.

Különösen figyelni kell a következő geotechnikai adottságokra:

- kemény vagy merev kohéziós rétegek vagy lencsék;
- nagy szervesanyag-tartalom;
- térfogatváltozó talajok;

- érzékeny vagy nagyon érzékeny szerkezetű agyagok;
- cementálódott rétegek vagy lencsék;
- a talajvízszint(ek) helyzete;
- artézi vagy nyomás alatti talajvíz;
- nagy hidraulikus gradiensek;
- agresszív talaj vagy víz;
- a szemcsés rétegek tömörsége;
- görgetegek és/vagy kötömbök;
- üregek vagy nagy áteresztőképesség;
- vegyi hulladékok vagy lerakók.

A jet-grouting eljárás eredményességét befolyásoló főbb tényezők:

1. Az eróziós hatás (feltétel a speciális szelepek és felszerelések) **Hidraulikus energia**

$$E = \mu^2 \frac{V \text{ (liter/perc)} \cdot p \text{ (Mpa)}}{60}$$

Hatékonyági tényező általában 0,9
Levegővel körülölelt sugár esetén 35 % növekmény

Áramlási sebesség
100-300 liter/perc!

Áramlási nyomás
Biztonság szempontjából 50 Mpa-al nagyobb nyomást kell bírni a berendezésnek!
Általában 300-400 Mpa

2. Víz/cement tényező és egyéb adalékanyagok

v/c értéke 1:1 és 1,5:1 közötti. Lehetséges 1,5-1,8 % bentonit adagolása is.

3. A rudazat kihúzási sebessége (a cementálás időtartama) és a forgási sebesség

10-15 cm/perc és a forgási sebesség 5-10 fordulat/perc.

4. Talaj tulajdonságai

Kavicsban: nagyobb mint 20 MN/m² szilárdság, Homokban 5-10 MN/m² szilárdság, míg agyagban 2-5 MN/m² szilárdság érhető el.

A szilárdított cölöp átmérője a technológiától is függ:

Tömör homokban: 1,60-3,0 m, iszapos-agyagos homokban 1,1-18 m,

Homokos kavicsban 1,4-2,8 m iszap és keményebb agyagban 1,0-1,6 m.

Rendszerint víz és cement keveréket alkalmaznak.

Cementen kívül más hidraulikus kötőanyagok is használhatók.

A víz/cement keverékekben a víz és a cement tömeg szerinti aránya célszerűen 0,5 és 1,5 között legyen.

Megengedhető, hogy vízigény-csökkentő, stabilizáló, pasztifikáló, tömítő vagy vízkicsapódást gátló adalékszereket adjanak a víz/cement keverékhez.

Ha bentonitot használnak a keverékhez, úgy célszerű víz/bentonit szuszpenziót készíteni a cement hozzáadása előtt.

TERVEZÉSI SZEMPONTOK

Általános elvek

A talajhabarcsosítás mind ideiglenes, mind végleges művekhez különféle célokra alkalmazható. Például:

- építendő szerkezetek alapozására
- meglévő szerkezetek aláfogására
- kevésbé áteresztő zárófalak létrehozására ;
- teherviselő vagy támasztó szerkezetek létrehozására;
- egyéb geotechnikai munkák kiegészítésére;
- valamely földtömeg erősítésére.

ALAK ÉS MÉRETEK

Egy habarcsosított talajtest keresztmetszeti méretei nem csak a kiválasztott habarcsosítási rendszertől és az alkalmazott paraméterektől függenek, hanem a talaj fajtájától és heterogenitásától is.

SZILÁRDSÁGI ÉS ALAKVÁLTOZÁSI JELLEMZŐK

Aláfogásra való alkalmazás esetén számításba kell venni az alap alatti habarcsosított oszlopnak a megkötése előtt érvényesülő átmeneti állékonysági és alakváltozási állapotát.

HABARCSOSÍTOTT OSZLOP KÉSZÍTÉSÉNEK A MÓDSZERE

A kivitelezés lépései általában a következők:

- előre megállapított hosszúságú furat készítése;
- a rudazathoz kapcsolt monitor lebocsátása a furat aljára. Előfordul, hogy ez a művelet nem külön lépés, midőn magát a rudazatot és csúcsot használják a fúráshoz.
- az aprítást és szilárdítást végző folyadék(-ok) belövellése a monitoron keresztül - egyidejűleg visszahúzza és forgatva a rudakat előre megszabott forgatási és emelkedési sebességgel - , továbbá minden egyes folyadékra megállapított szivattyúnyomással és fajlagos mennyiség bejuttatásával.

HABARCSOSÍTOTT FALTEST KÉSZÍTÉSÉNEK A MÓDSZERE

A kivitelezés lépései azonosak a habarcsosított oszlopok esetére írottakkal, azzal a különbséggel, hogy belövellés és visszahúzás közben nem forgatják a rudakat. Egy

másik változat esetében megszabott szögelfordulási határok között forgathatók a rudak. Az ennek eredményeként kialakuló faltest a fúrás-tengely síkjába illeszkedik, avagy két vagy több darabból alakul ki, a fúrás tengelyében metsződő síkokon.

A KIVITELEZÉSI MÓDSZER VÁLTOZATAI

Ha a talaj adottságai azt kívánják, más kivitelezési módszerek is alkalmazhatók mind az oszlopok, mind a faltestek készítésére. A leggyakoribb változat az előlazítás. Valamely elem elkészíthető fokozatosan, lépésekben is: először a furat pereme alatt egy adott hosszon végzik el a műveleteket és kivárik, hogy az anyag kellően megszilárduljon. Ezután újra átfúróják a már kezelt anyagot és az előbbi műveletet megismétlik egy mélyebb szinten, és így tovább, mígnem elérik a habarcsosítás tervezett hosszát.

FELSZERELÉS

A habarcsosító felszerelés rendszerint a következőkből áll:

- a fúróberendezés;
- a habarcsosító felszerelés (többnyire maga a fúróberendezés) a habarcsosításhoz szükséges rudazattal, a monitor, valamint azok az eszközök, amelyek lehetővé teszik a rudazatnak az előírt mozgatási és forgatási sebességgel való lehajtását,
- a keverő- és szivattyútelep a habarcsosító folyadék(ok) szolgáltatásához;
- a szivattyút a habarcsosító rudazattal összekötő nagynyomású csővezetékek;
- a nyomásnak, a bejuttatott folyadék mennyiségének és hozamának, a forgatás és visszahúzás ütemének, valamint a mélység folyamatos mérésének az eszközei.

A TALAJHABARCSOSÍTÁS PARAMÉTEREINEK ÉRTÉKTARTOMÁNYAI

A talajhabarcsosítási paramétereknek a különböző rendszerek esetében szokásosan elfogadott értékei a következő határok között vannak:

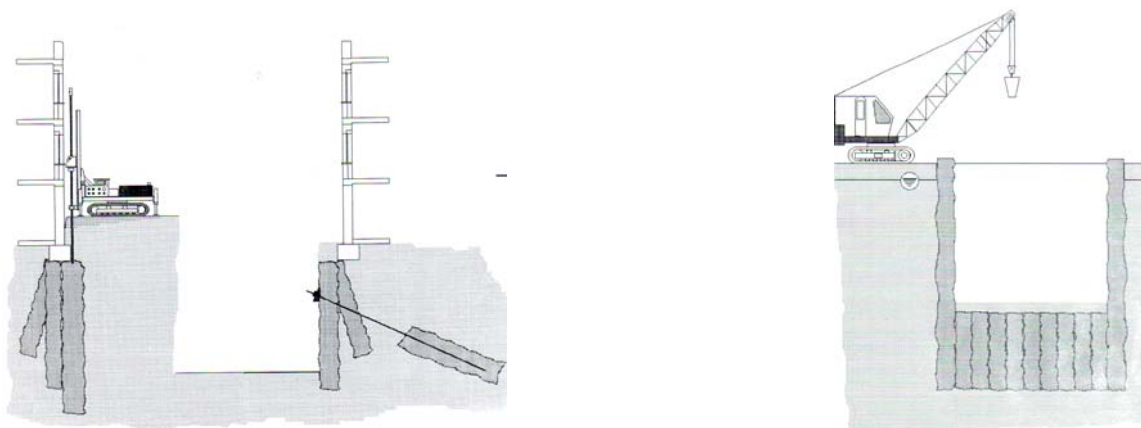
Talajhabarcsosítási paraméterek	Egy folyadék	Kettős folyadék [levegő]	Kettős folyadék [víz]	Hármas folyadék
Habarcsnyomás (MPa)	30-50	30-50	>2	>2
Fajlagos habarcs-szállítás (l/perc)	50-450	50-450	50-200	50-200
Víznyomás (MPa)	N/A	N/A	30-60	30-60
Fajlagos vízszállítás	N/A	N/A	50-150	50-150

(l/perc)				
A levegő nyomása (MPa)	N/A	0,2-1,7	N/A	0,2-1,7
Fajlagos levegőszállítás (m ³ /perc)	N/A	3-12	N/A	3-12
N/A Nem fordul elő				

A talajt megbontó hatás a kilövellt sugár nagy sebességéből adódik, ami főleg az aprításra használt folyadék nyomásától függ: a habarcsétól az egy- és kettős folyadékos (levegős) rendszerek esetében, a víztől a kettős (vizes) és a hármás rendszerekben.

Az egy-folyadékos és a kettős (levegős) folyadékos rendszerek esetében a habarcs nyomása rendszerint a 30 MPa és 50 MPa közötti értéktartományban van, amint az előbbi tábla mutatja. Kivételesen kisebb, 10 MPa-ig terjedő nyomásokat is alkalmaznak, például a nagyon laza talajokban készülő kis átmérőjű habarcsosított oszlopok esetében.

A legújabban kifejlesztett szivattyúkkal elérhető a kilövellt folyadék 70 MPa nyomása



39. ábra Jellemző alkalmazás – alap alatti talaj erősítése, fenékszárás biztosítása. Fénykép alapmegerősítésére. (Pacchiost prospektus alapján)

GEOTEXTÍLIÁK

A geotextíliákat a talajerősítés sajátos változataként kb. két évtizede kezdték felhasználni. Azóta is folyamatos *térhódítása* a következőkben nyilvánul meg:

- 1.) az alkalmazási kör — olykor próbálkozás, kísérletezés jellegű — kiterjesztése a védelem ill. stabilitásnövelés céljaira;
- 2.) a gyártmányok (anyagok, méretek, tulajdonságok) választékának rohamos bővülése, **valamint** ezzel összefüggésben a tulajdonságok —és ezek vizsgálatának, ellenőrzésének -- egységesítése, szabványosítása;
- 3.) az előbbi kettőhöz kapcsolódva: viselkedés— és tulajdonságvizsgálatok, szokványos, kivételes és rendkívüli körülmények között.

AZ ALKALMAZÁSI KÖR. FUNKCIÓK, FELHASZNÁLÁS.

a/ **Szemcsemozgások megakadályozása**, talajrétegek (és/vagy zúzottkő, kavics, hulladékanyagok stb.) anyagának tartós külön tartása úgy, hogy eközben a vízmozgást ne akadályozzák;

b/ **A talajfelszín (partok, medrek, stb.) védelme** mechanikus kártételek (víz— és/vagy szélerózió, élőlények...) ellen.

c/ **Húzóerő felvételére alkalmassá tétele** olyan földtömegekben (töltésekben, rézsűknél, terhek alatt), amelyek enélkül nem viselnék el a nyírási igénybevételeket. Ilyen helyzetekben a geotextíliák húzott membránként működnek közre.

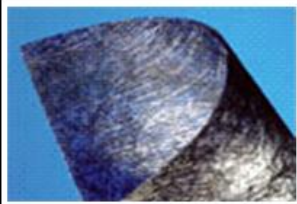
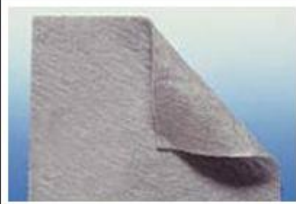


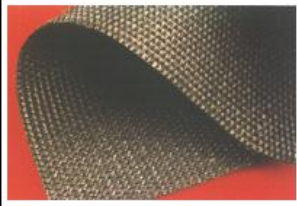
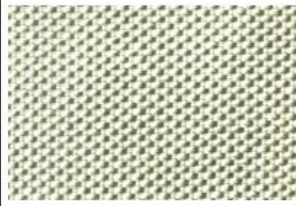
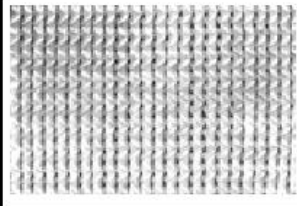


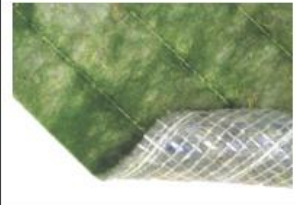

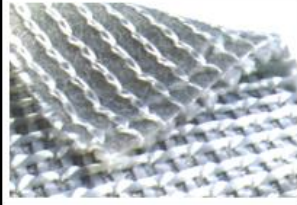
A GEOTEXTÍLIÁK JELLEMZŐI

A szőtt és nemezelt (csak mechanikusan, vagy termikusan ill. kémiai hatásokkal rögzített) és a filc. vatta szerű kivitel ismert.

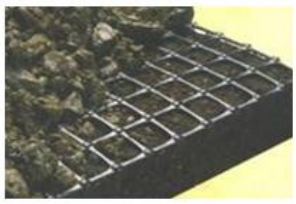







A geotextíliák anyagának elég sok követelményt kell kielégítenie. Legyen: vízáteresztő; szűrőképes; fagyálló; + 160 C⁰-ig hőálló; könnyű; vegyileg és fizikailag is ellenálló; legyen bizonyos húzószilárdsága bizonyos (előírt) szakadási nyúlás mellett. E követelményeknek a polieszter, polipropilén vagy poliamid anyagú geotextíliák felelhetnek meg. Előfordul ezek bizonyos arányú keveréke is. Különlegességnek számítanak a vegyes anyagú

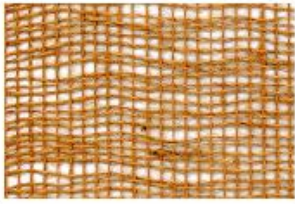
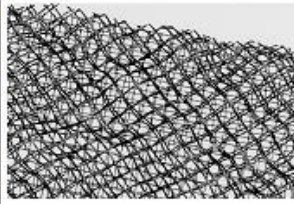



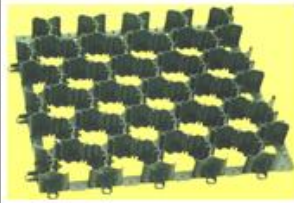

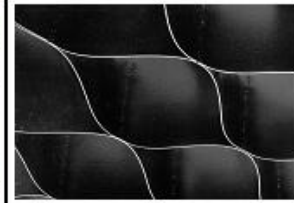








(réteges) textíliák. Ilyen például a bentonitbetétes, vagy gumiréteges magyar gyártmány; vagy a fűmaggal gyártott rézsűvédő anyag. Készülnek olyan kifejezetten ideiglenes rendeltetésű geotextíliák, amelyek az atmoszferiliák és a biológiai tényezők hatására bizonyos idő elteltével elbomlanak, és készülnek olyanok is, amelyeket víztaszító anyagokkal impregnálnak.

A nagyobb gyártó cégek termékcsaládokat bocsátanak ki, amelyek egyes tagjai anyagukkal és/vagy valamely méretükkel, illetve tulajdonságukkal különböznek a többiektől. A tulajdonságok közé tartoznak az egymás mellé helyezett textíliák csatlakozási lehetőségei is. Ez a céltól és az anyagi tulajdonságoktól függően lehet egyszerű átfedés, összevarrás, hegesztés, ragasztás.

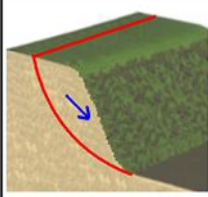
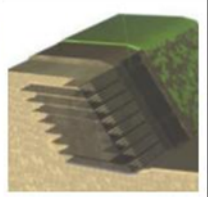
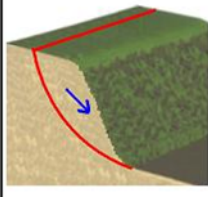
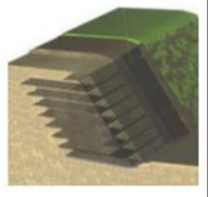
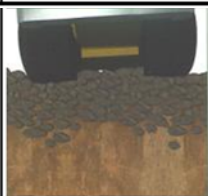


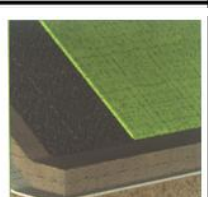
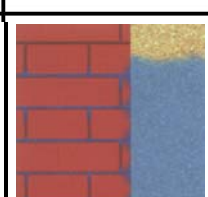
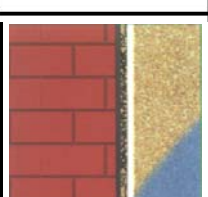
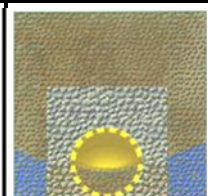
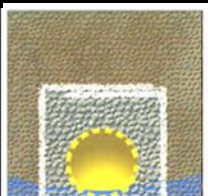


			
nemszött (hőkezelt) geotextília	nemszött (tűzött) geotextília	többrétegű (nemszött) geotextília	többrétegű (nemszött) geotextília
			
(szalagokból) szőtt geotextília	(fonálból) szőtt geotextília	(fonálból) hurkolt geotextília	többrétegű (nemszött-szött) geotextília
			
nemszött, (lyukasztott) geotextília	erősített, fűmagos nemszött geotextília	erősített, szőtt geotextília	többrétegű, hurkolt-nemszött geotextília

40. ábra. A különböző geotextíliák

			
lyukasztott lemezből két- irányban extrudált georács	lyukasztott lemezből egy- irányban extrudált georács	egy fázisban, kétirányban extrudált, georács	extrudált, többrétegű kétirányú georács
			

			
geopokróc	georácsból készített geoszőnyeg	geoszálból préselt geoszőnyeg	geocella
			
geocella	geocella	georácsból szerelt geocella	geomembránból készített geocella
			
perforált geocső	HDPE geomembrán	geoszintetikus agyagszigetelő	geokompozit szalagdrén
			
geokompozit drénháló	geokompozit drénháló	geokompozit drénszőnyeg	geokompozit drénlemez

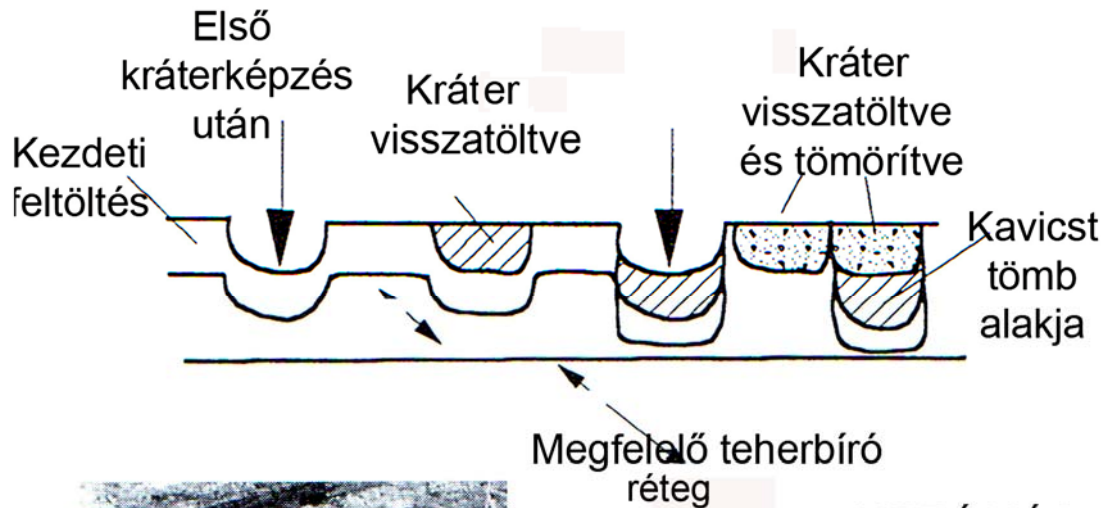
41. ábra Geoműanyagok

Funkció	Viselkedés		Definíció	Ajánlott geoműanyag	Magyarázat
	geoműanyag nélkül	geoműanyaggal			
Erősítés			Húzófeszültség kölcsönzése a talajnak	Geotextília Georács Geokompozit Geocellák	A georács húzószilárdságot kölcsönöz a talajnak, így pl. a nyírószilárdság által megengedettnél meredekebb részsű sem csúszik meg.
Erősítés			Talajjal érintkező felület mechanikai védelme	Geotextília	A geotextília meggátolja, hogy a szemcsés anyag sérülést okozzon a csatlakozó szerkezet felületén
Elválasztás			Különböző talajok keveredésének meggátolása	Geotextília	A geotextília meggátolja a durva- és a finomszemcsés talajok keveredését, ezzel az utóbbi megőrzi kedvező tulajdonságait.
Erózió-védelem			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.
Drénezés			Folyadék szállítása	Geotextília Geoháló Geodrén Geokompozit Geocső	A geoműanyag síkjában elvezeti a vizet, így az nem gyűlik össze, nem okoz nyomást, elnedvesedést.
Szűrés			Folyadék átengedése, talajszemcsék megállítása	Geotextília	A szivárgó kavicstestét és a dréncsővet a víz által bemosott finom szemcsék nem tömítik el, így a drénezés tartós lesz.
Szigetelés			Folyadék-(gáz)mozgás megállítása	Geomembrán Geoszintetikus agyagszigetelő	A hulladékon átszivárogva szennyezetté váló víz nem szivárog be a talajba, ill. a talajvízbe, így az tiszta marad.

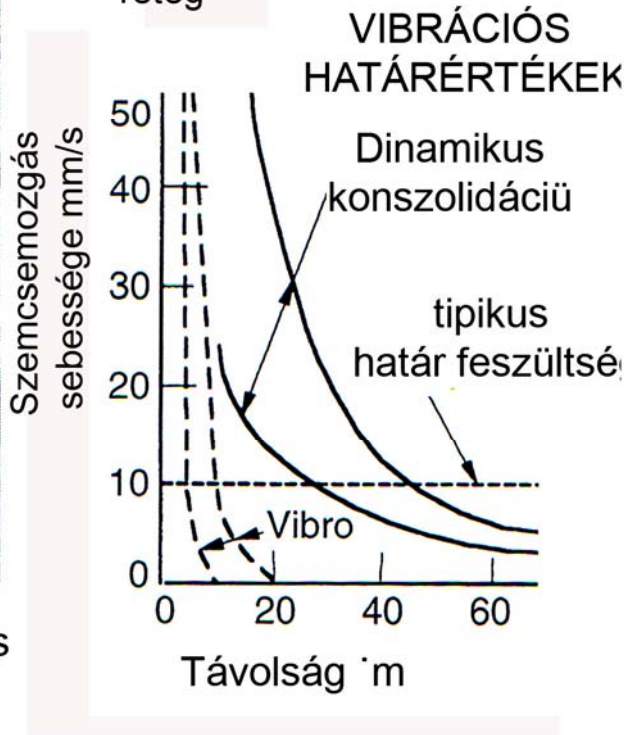
42. ábra Geoműanyagok alkalmazási lehetőségei, előnyei.

DINAMIKUS TALAJCSERE

Tipikus méretei: tömzsátmérő 3,5 m,
 tengelytávolság 5,0 m,
 0,75 m vastag terítőréteg 4,0 m vastag lágy rétegbe
 dinamikusan tömörítve



Az első kráterképzés utáni kép

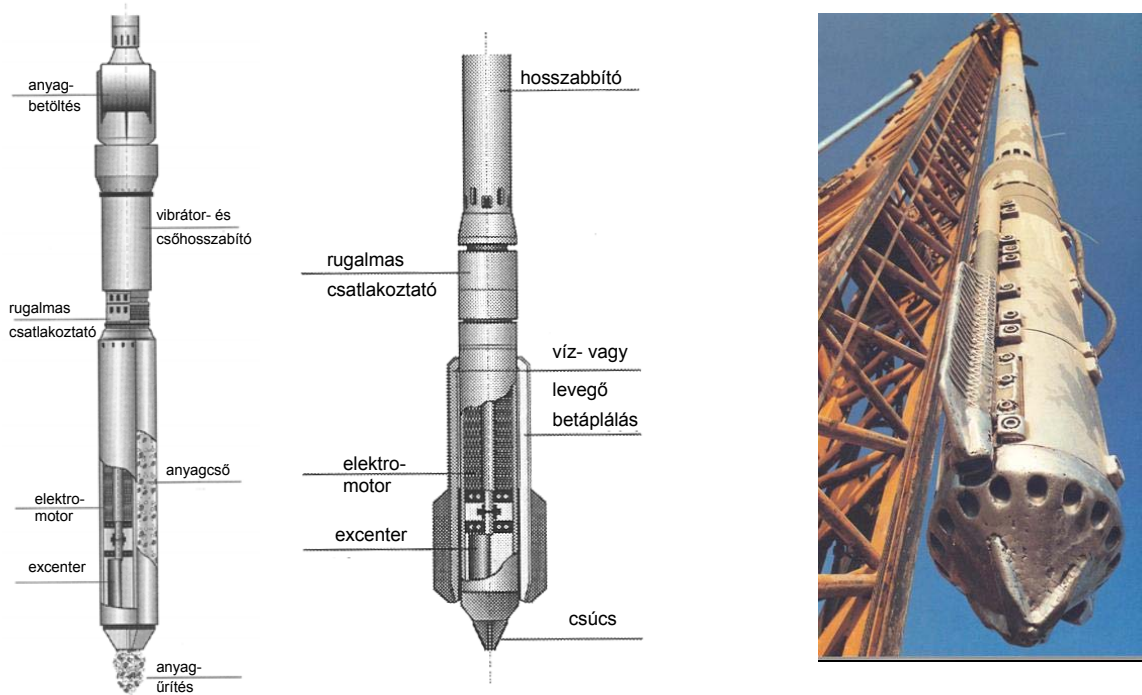


43. ábra Dinamikus talajcsere végrehajtása, fontosabb paramétereit.

MÉLYTÖMÖRÍTÉSI, MÉLYVIBRÁCIÓS ELJÁRÁS (VIBROFLOTÁCIÓ)

A mélyvibrációs, mélytömörítési eljárás **alapegysége** a darura felszerelt rezgékeltő, nagy tömörítő hatásra képes henger "vibrátor fej", amelyet a talajba juttatáshoz a **henger** végén lévő csúcsnál nagynyomású víz, besajtolásához szükséges **kiegészítőkkel** látnak el.

A kívánt tömörítési hely fölé állított berendezés először az intenzív vízbesajtolás és vibrálás együttes hatására a talajba hatol.

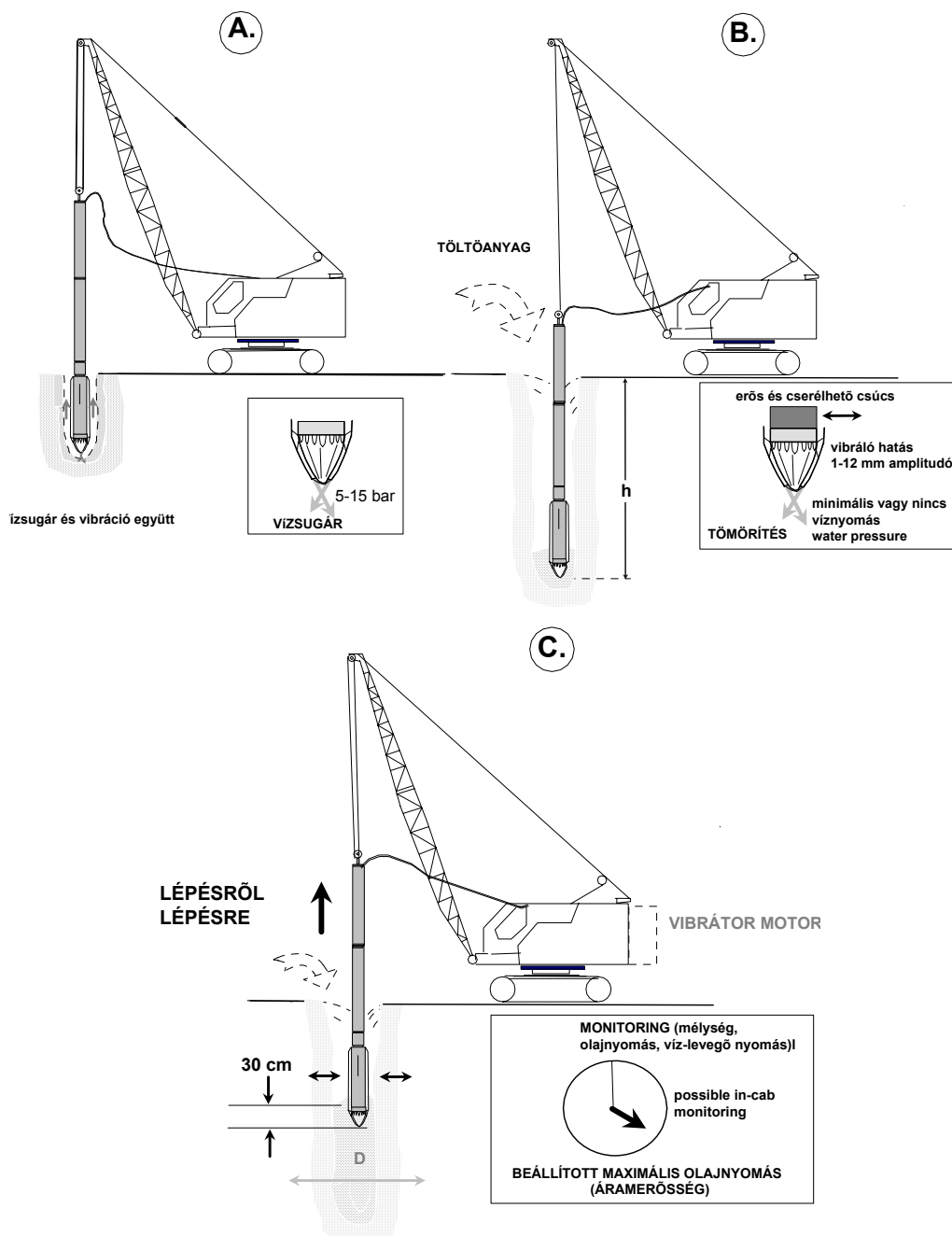


44. ábra A mélyvibrációs eljárás alapgépei. A.) belső anyagöltős, b.) külső anyagöltős vibrátor. C.) A vibrátor fényképe

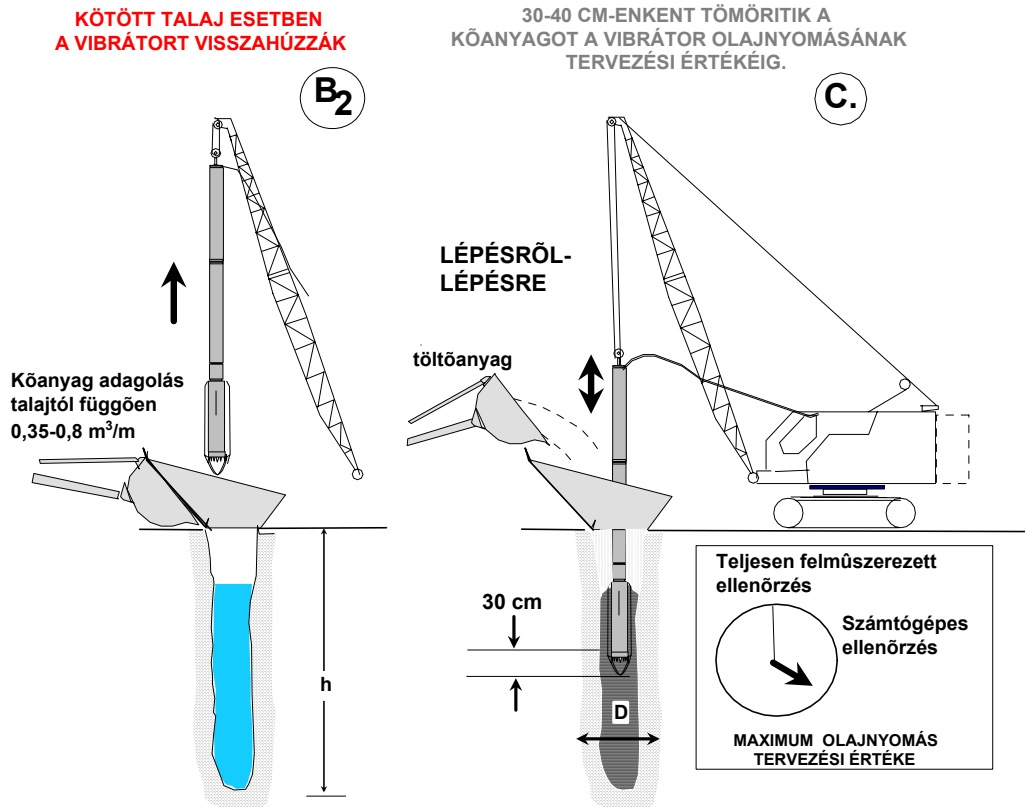
A kívánt mélység elérése után a henger palástjához juttatott töltőanyag / kavics, kőtörmelék, eredeti szemcsés talaj / a **vibrátor** részhez **jutva** igen nagy **erőhatással** / max. 400 KN, 0-12 mm amplitudóval és változtatható frekvenciával a talajba préselődik. **A tömörítés során a vibrátor hidraulikus motorjának olajnyomása** (hidromotoros meghajtás esetén, elektromos meghajtásnál az áramerősség felvétel), jelzi a tömörítő préselő hatást.

Szemcsés talajoknál a **környezeti** tömörítő hatás **dominánsabb**, míg kötött talajban - ahol a **vibrációs** hatás lényegesen kisebb - a talajba préselt kő vagy kavicsanyagú cölöptest alakul ki.

SZEMCSÉS TALAJOKNÁL ALKALMAZOTT MÓDSZER



45. ábra A mélyvibrációs-mélytömörítési eljárás munkafázisai. A.) a vibrátor talajba juttatása vibrációval és egyszerre egy pontra irányított vízszugárral. B.) és C.) szemcsés talajoknál a vibrátort nem húzzák vissza. Saját talajanyagával is lehetséges a tömörítés.



46. ábra. Kötött talajban alkalmazott kavicscölöpös eljárás.



47. ábra. Összekapcsolt vibrátorokkal végzett tömörítési eljárás. Japán –Osaka repülőtér építése.

HORGONYZOTT FÖLDMEGTÁMASZTÓ SZERKEZETEK

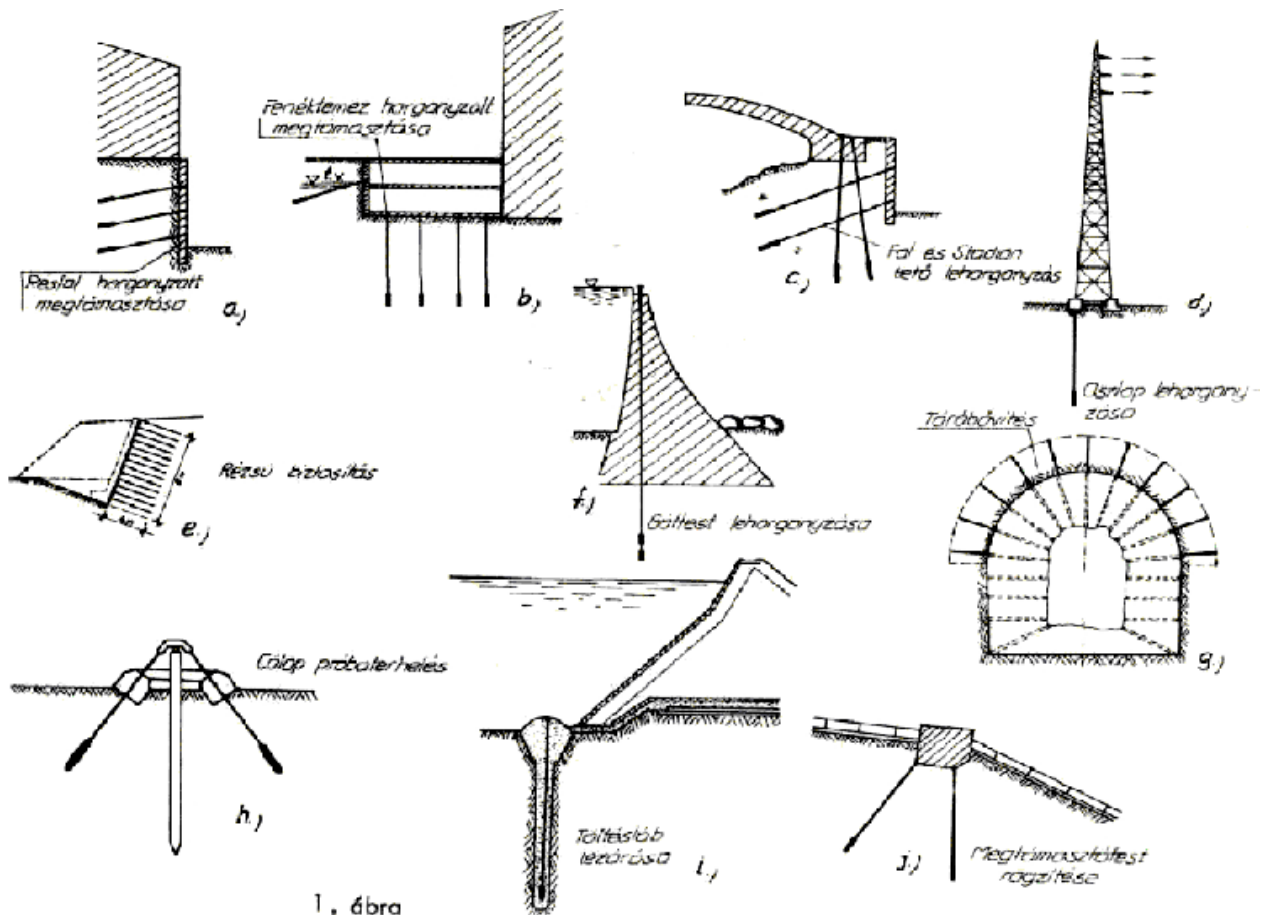
A horgonyzott szerkezetek működési elvének az a lényege, hogy horgonyokkal az aktív csúszólap mögötti talajzónára hárítjuk a megtámasztó falra ható föld és víznyomást.

A horgonyzás alapvetően különbözik a talajvasalástól és a talajszegezéstől, mert a horgonyok

- első szakasza nem érintkezik a talajjal,
- mérete jóval nagyobb, 12-20 m hossz és 10-20 cm átmérő a jellemzőjű
- teherbírása közel egy nagyságrenddel nagyobb,
- általában előfeszítik, így nemcsak a talajmozgások után kezdenek dolgozni.

FÚRT, INJEKTÁLT, ELŐFESZÍTETT HORGONYOK

A horgonyok alkalmazási lehetőségeit a 48. ábra mutatja be.

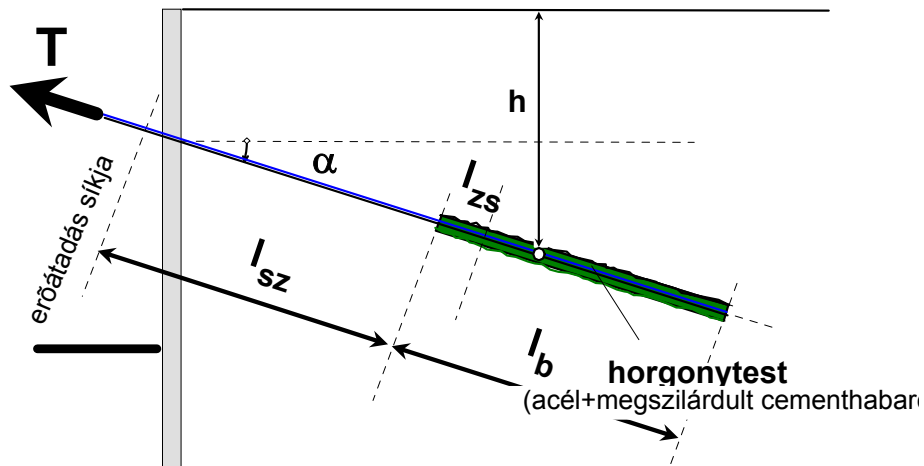


1. ábra

48. ábra Az injektált talajhorgonyok alkalmazási lehetőségei

Lehetnek ideiglenes, vagyis 2 évnél rövidebb ideig használt horgonyok, és tartós horgonyok.

Abban különböznek, hogy tartós horgonyt fokozott korrózióvédelemmel kell ellátni



49. ábra Az injektált taljhorgony főbb részei

A befogási szakasz

elméletileg henger alakú, és ennek hosszában kapcsolódik a horgony acélszerkezete a beinjektált cementhabarcs segítségével a talajhoz.

A befogási tartomány feladata az acélszerkezet által közvetített erő átadása a talajnak megfelelő biztonsággal.

A szabad szakasz:

ezen a szakaszon a beépített acélszerkezet az erő hatására szabadon elmozdulhat, megnyúlhat.

A szabadhossz feladata, hogy a megtámasztott szerkezet és a befogás között a szükséges erőt közvetítse.

Horgonyfej:

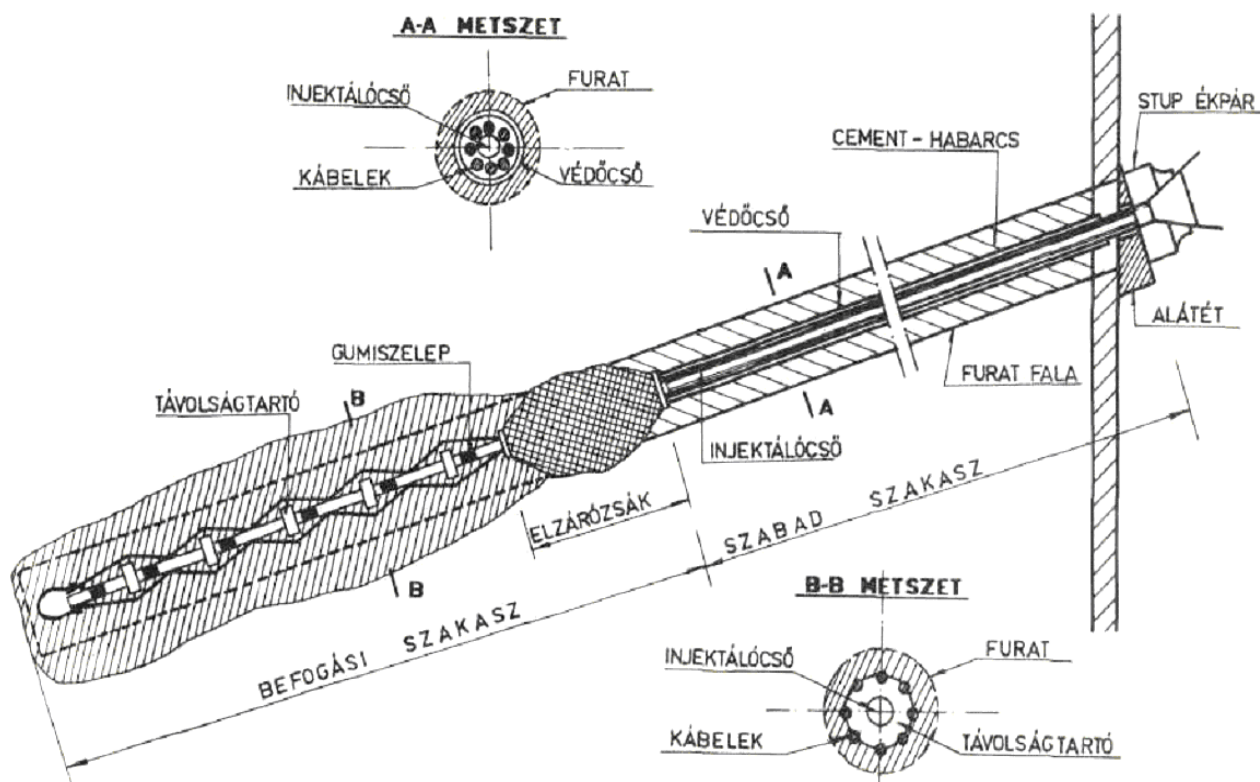
egy megfelelő hajlásszögű acél alátétlemezből és a horgony acélszerkezetének rögzítésére szolgáló elemből áll.

Feladata a horgony és a megtámasztandó szerkezet aktív kapcsolatának biztosítása.

Az IRP típusú horgony terjedt el Magyarországon, ami jól megfelel a hazai talajviszonyoknak, jól igazodik a változó terhelési igényekhez.

Technológiája pedig olyan, hogy az injektálást többször, a horgony üzembe helyezése előtt vagy után lehet elvégezni.

Ezt fejezi ki az IRP elnevezés is, mely az "Injektion renouvelable sous pression" francia kifejezés rövidítése, magyar fordításban "ismételhető injektálás nyomás alatt".



50. ábra. Az IRP típusú taljhorgony hosszmetsete

A TECHNOLÓGIA

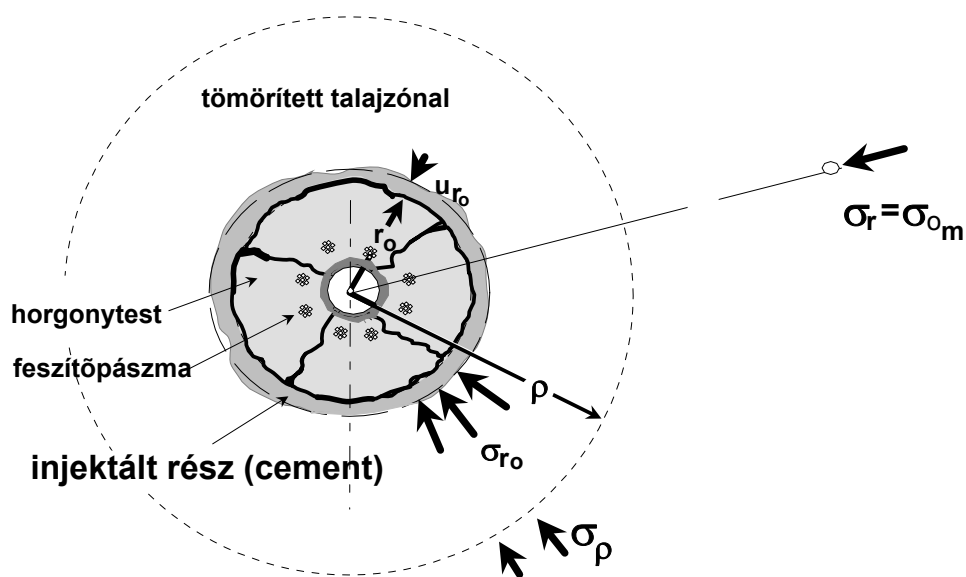
- Talajfurat készítése a horgony kiválasztott hajlásszögében. $\alpha=10-25^\circ$. A talajfurat hossza függ a horgony szükséges szabad és befogási szakaszok hosszától.
- A fúrószapot lecserélik cementhabarcsra. Ez a horgony hatékony taljafeszítését segíti elő.
- Elhelyezik a furatba az előre összeszerelt acél armatúrát;
- Az elzárózsákat, ami a szabadon elmozduló szakasz folytatásában van feltöltik cementhabarccsal. Az elzárózsák feladata, hogy az injektálásnál a cementhabarcs hosszirányú szétterjedését megakadályozza.
- Az injektálást a horgony végétől kezdik, 30-50 liter injektáló habarcsot juttatnak

be a kialakított szelepeken keresztül. A szelepek távolsága 40-50 cm.

Az injektálási nyomás 6-15 bar, de a későbbi injektálásnál a nyomás lényegesen nagyobb lehet. (20-25 bar). A nagy nyomás felszakítja a már megszilárdult habarcsrostet, a habarcs cement térfogata biztosítja a tartós és hatékony befeszülést a talajba.

- A befogási szakasz megszilárdulása után következik a horgony előfeszítése, az ún. blokkolási horgonyerőre, aminek meghatározásánál figyelembe veszik az ún. ékcsúszási erővesztéséget.

A HORGONY KERESZTMETSZETE



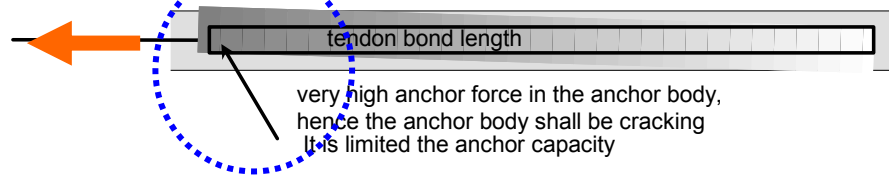
EGY FÚRÓLYUKBAN TÖBBSZÖRÖS BEFOGÁSI HOSSZÚ HORGONYOK

A hagyományos injektált taljhorgonyoknál a befogási szakasz kezdeténél nagy horgonyerők léphetnek fel, ekkor a mértékadó az acélszálak és a megszilárdult habarcsrostet közötti tapadás lesz.

Kedvező erőjátékú horgonyokat készítenek az egy fúrólyukban többszörös befogási szakaszú horgonyokkal, ahol az acélszálak meghajlításával és acélidom beépítésével a horgony a végénél nyomott erőjátékú lesz.

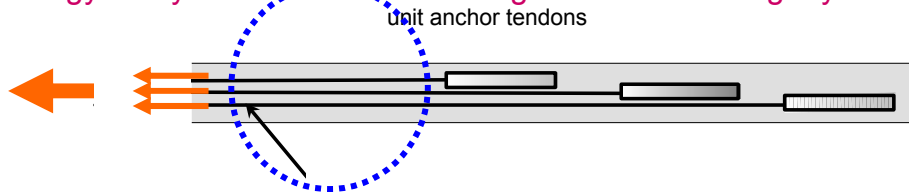
Hagyományos horgony

Traditional soil anchor



Single bore multiple anchor

Egy fúrólukban többszörös befogási szakaszú horgony



51. ábra Egy fúrólukban többszörös befogási szakaszú horgony kialakítása.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

G E Barnes Soil Mechanics Principles and practice ISBN 0-333-77776002x
Palcrave 2000

Dörken Dehne :

Grundbau in beispielen Teil 1. Teil 2, Teil 3 Werner Verlag ISBN 3
8041 5047-0 2004-2005

Varga László: Geotechnika IV. (Alapozás)

Nemzeti Tankönyvkiadó 5. kiadás 2003.

Kézdi Árpád Geotechnika

Tankönyvkiadó 1980

Szepesházi Róbert Geotechnika Egyetemi jegyzet Harmadik korszerűsített kiadás .
Széchényi István Egyetem

AJÁNLOTT IRODALOM

Atkinson, J.: The Mechanics of Soils and Foundations. Taylor and Francis, London, 2007.

Craig, R. F.: Craig's Soil Mechanics. Spon Press, Taylor and Francis Group, London,
2004.

Dulácska E., Fekete S., Varga L.: Az általaj és az építmény kölcsönhatása. Akadémiai
Kiadó, Budapest, 1982.

Farkas J.: Alapozás. Egyetemi jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem. Tankönyvkiadó.
Budapest, 1992.

Hajnal G.: Városi hidrogeológia. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2007.

Hartai É.: A változó Föld. Miskolci Egyetemi Kiadó és a Well-PRESS Kiadó, Miskolc, 2003.

Kabai I.: Talajmechanika. Egyetemi jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem. Tankönyvkiadó.
Budapest, 1992.

Kézdi Á.: Talajmechanika 1. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

Kézdi Á.: Talajmechanika II. Tankönyvkiadó, Budapest, 1975.

Kézdi Á.: Talajmechanikai Praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest, 1971.

Kézdi Á.: Talajmechanika. Példák és esettanulmányok. Tankönyvkiadó, Budapest,
1978.

Kézdi Á., Markó L: Földművek - Vízelenítés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.

Kézdi Á.: Földművek. Egyetemi jegyzet. Budapesti Műszaki Egyetem. Tankönyvkiadó,
Buda-pest, 1992.

Kleb B.: Mérnökgeológia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.

Kovácsné F., Balázs B., Kovácsné P.: Támfalak és partfalak. Akadémiai Kiadó,

- Budapest, 1985.
- Lancelotta, R.: Geotechnical Engineering. Balkema. Rotterdam, Brookfield, 1995.
- Mitchell, J. K. Fundamentals of soil behaviour, John Wiley and Sons, New York, 1976.
- Pálóssy L., Scharle P., Szalatkay I.: Földtámfalak. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1985.
- Palotás L. szerk.: Mérnöki kézikönyv I-III. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982-89.
- Rétháti L.: Talajvíz a mélyépítésben. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974.
- Rétháti L.: Altalaj eredetű épületkárok. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1977.
- Rétháti L.: Alapozás kedvezőtlen altalajon. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1995.
- Rózsa L. szerk.: Az alapozási kézikönyve. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- Smoltczyk, U. szerk.: Geotechnical Engineering Handbook. Ernst & Sohn, Berlin, 2003.
- Smoltczyk, U. szerk.: Grundbau-Taschenbuch Teil 1-3. Ernst und Sohn Verlag. Berlin, 1990-92
- Szepesházi R.: Geotechnikai II. Talajmechanika. Főiskolai jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- Szepesházi R.: Geotechnikai példatár. Főiskolai jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
- Terzaghi, K., Peck, R.: Soil mechanics in engineering practice. John Wiley and Sons, New York, 1943.
- Varga L.: Geotechnikai III. Földművek. Főiskolai jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992.
- Varga L.: Geotechnikai IV. Alapozás. Főiskolai jegyzet. Tankönyvkiadó, Budapest, 1999.

SZABVÁNYOK

- MSZ EN 1997-1:2006 EUROCODE 7-1: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok.
- MSZ EN 1997-2:2008 EUROCODE 7-2: Geotechnikai tervezés. 2. rész: Talajfeltárás és geotechnikai vizsgálatok.
- MSZ EN 1536:2001 Speciális mélyépítési munkák. Fúrt cölöpök. MSZ EN 1537:2004 Speciális mélyépítési munkák. Talajhorgonyok. MSZ EN 1538:2001 Speciális mélyépítési munkák. Résfalak. MSZ EN 12063:2001 Speciális mélyépítési munkák. Szádfalak.
- MSZ EN 12699:2001 Speciális mélyépítési munkák. Talajkiszorításos cölöpök. MSZ EN 12715:2001 Speciális mélyépítési munkák. Talajszilárdítás.
- MSZ EN 12716:2001 Speciális mélyépítési munkák. Jethabarcosítás. MSZ EN 14199:2006 Speciális mélyépítési munkák. Mikrocsölöpök.
- MSZ EN 14475:2007 Speciális mélyépítési munkák. Talajerősítés. MSZ EN 14679:2005 Speciális mélyépítési munkák. Mélykeverés.
- MSZ EN 14731:2005 Speciális mélyépítési munkák. Mélyvibrálás. MSZ EN 15237:2007 Speciális mélyépítési munkák. Független drénezés.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-1:2006 Geotechnikai vizsgálatok.

- Talajok laboratóriumi vizsgálata. 1. rész: A víztartalom meghatározása.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-2:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 2. rész: Finom szemcséjű talajok térfogatsűrűségének meghatároz.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-3:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 3. rész: A szemcsék sűrűségének meghatározása. Piknométeres mérés.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-4:2006 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 4. rész: A szemeloszlás meghatározása.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-5:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 5. rész: Kompressziós vizsgálat lépcsőzetes terheléssel.
- MSZE EN ISO/TS 17892-6:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 6. rész: Ejtőkúpos vizsgálat.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-7:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 7. rész: Finom szemcséjű talaj ok egyirányú nyomóvizsgálata.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-8:2004 Geotechnikai vizsgálatok.
Talajok laboratóriumi vizsgálata. 8. rész: Konzolidálatlan, drénezetlen triaxiális vizsgálat.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-9:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 9. rész: Konzolidált triaxiális nyomóvizsgálat telített talajokon.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-10:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 10. rész: Közvetlen nyíróvizsgálat.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-11:2004 Geotechnikai vizsgálatok.
Talajok laboratóriumi vizsgálata. 11. rész: Áteresztőképességi vizsgálat.
- MSZE CEN ISO/TS 17892-12:2006 Geotechnikai vizsgálatok.
Talajok laboratóriumi vizsgálata. 12. rész: Az Atterberg-határok meghatározása.
- MSZ EN ISO 14688-1:2003 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 1. rész: Azonosítás és leírás.
- MSZ EN ISO 14688-2:2004 Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 2. rész: Osztályozási alapelvek.
- MSZ EN ISO 14689-1:2003 Geotechnikai vizsgálatok.
Szilárd kőzetek azonosítása és osztályozása. 1. rész: Azonosítás és leírás
- MSZ 14043-2:2006 Talajmechanikai vizsgálatok.
Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból.
- MSZ EN 13249:2001 Geotextíliák és rokon termékeik.
Az utak és más közlekedési területek vasutak és aszfalt beépítésének kivételével) szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői.
- MSZ EN 13250:2001 Geotextíliák és rokon termékeik.
A vasutak szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői.
- MSZ EN 13251:2001 Geotextíliák és rokon termékeik.
A földmunkák és az alapozások során, valamint a gyűjtőszerkezetekben való alkalmazás előírt jellemzői.
- MSZ EN 13252:2001 Geotextíliák és rokon termékeik.
A vízvezető rendszerekben való alkalmazás előírt jellemzői.
- MSZ EN 13253:2001 Geotextíliák és rokon termékeik.

Az eróziót szabályozó munkákban (partvédelem, partvédő művek) való alkalmazás előírt jellemzői.

MSZ EN 13254:2000 Geotextíliák és rokon termékeik. A víztározók és gátak szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői

MSZ EN 13255:2000 Geotextíliák és rokon termékeik.

A csatornák szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői

MSZ EN 13255:2000 Geotextíliák és rokon termékeik. Az alagutak és föld alatti műtárgyak szerkezetében való alkalmazás előírt jellemzői

MSZ EN 13257:2001 Geotextíliák és rokon termékeik. A szilárd hulladéklerakóban való alkalmazás előírt jellemzői

MSZ EN 13267:2005 Geotextíliák és rokon termékeik. A folyékony hulladéklerakó létesítményekben való alkalmazás előírt jellemzői

MSZ EN 918:1998 Geotextíliák és rokon termékeik. Dinamikus átszakításvizsgálat. (Kúpos ejtővizsgálat)

MSZ EN ISO 964-1:2005 Geotextíliák és rokon termékeik. A vastagság meghatározása előírt terhelésekkel. 1. rész: Egyes rétegek.

MSZ EN 965:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A területi sűrűség meghatározása.

MSZ ENV 1897:2001 Geotextíliák és rokon termékeik. Nyomás alatti kúszási tulajdonságok meghatározása.

MSZ EN ISO 9862:2005 Geoműanyagok. Mintavétel és a próbadarabok készítése.

MSZ EN ISO 9863-1:2005 Geoműanyagok. A vastagság meghatározása előírt terhelésekkel. 1. rész: Egy-rétegűek.

MSZ EN ISO 9863-2:1998 Geotextíliák és rokon termékeik. Vastagság meghatározás előírt terheléssel. 2. rész: Többrétegű termékek egyes rétegeinek vastagság meghatározása.

MSZ EN ISO 9864:2005 Geoműanyagok. Geotextíliák és rokon termékeik. Vizsgálati módszer geotextíliák és rokon termékeik területi sűrűségének meghatározására.

MSZ EN ISO 10318:2005 Geoműanyagok. Szakkifejezések és meghatározásuk.

MSZ EN ISO 10319:1998 Geotextíliák. Szélessávú szakítóvizsgálat

MSZ EN ISO 10320:2000 Geotextíliák. Helyszíni azonosítás.

MSZ EN ISO 10321:1998 Geotextíliák. Kötések/varratok szakítóvizsgálata széles sávú módszerrel.

MSZ EN ISO 10722-1:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. Eljárás telepítéskor bekövetkező sérülések szimulálására. 1.rész: Telepítés szemcsés anyagokon.

MSZ EN ISO 11058:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A síkra merőleges, terhelés nélküli vízáteresz-tő képességi jellemzők meghatározása.

MSZ EN 12224:2001 Geotextíliák és rokon termékeik. Az időjárással szembeni ellenállás meghatározása.

MSZ EN 12225:2001 Geotextíliák és rokon termékeik. Módszer a mikrobiológiai ellenállás meghatározására elásási próbával.

MSZ EN 12226:2001 Geotextíliák és rokon termékeik. Általános vizsgálatok a tartóssági vizsgálatot köve-tő kiértékeléshez.

MSZ EN ISO 12236:1998 Geotextíliák és rokon termékeik. Statikus átszakítás vizsgálat (CBR-vizsgálat) MSZ EN 12447:2002 Geotextíliák és rokon termékeik. Vizsgálati módszer a hidrolízissel.

MSZ EN ISO 12956:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A jellemző szűrőnyílás meghatározása.

- MSZ EN ISO 12957-1: 2005 Geoműanyagok. A nyírási jellemzők meghatározása. 1. rész: Közvetlen nyíróvizsgálat
- MSZ EN ISO 12957-2:2005 Geoműanyagok. A nyírási jellemzők meghatározása. 2. rész: Lejtős síkú vizsgálat.
- MSZ EN ISO 12958:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A vízáramlás meghatározása a termék síkjában.
- MSZ EN ISO 13426-1:2003 Geotextíliák és rokon termékeik. A belső kapcsolatok szilárdsága. 1. rész: Geocellák.
- MSZ EN ISO 13426-2:2005 Geotextíliák és rokon termékeik. A belső kapcsolatok szilárdsága. 2. rész: Geokompozitok.
- MSZ EN ISO 13427:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A dörzsölés utáni sérülések utánzása (csúszótömbös vizsgálat).
- MSZ EN ISO 13428:2005 Geoműanyagok. Az ütéskárosodással szembeni védőteljesítmény meghatározása.
- MSZ EN ISO 13431:2000 Geotextíliák és rokon termékeik. A húzó- kúszási és a szakítási viselkedés meghatározása
- MSZ CR ISO 13434:2000 Irányelvek a geotextíliák és rokon termékeik tartósságáról.
- MSZ EN ISO 13437:1999 Geotextíliák és rokon termékeik. A minták talajban való elhelyezése és kivétele, valamint a próbatestek laboratóriumi vizsgálata.
- MSZ ENV ISO 13438:2005 Geotextíliák és rokon termékeik. Átvilágításos vizsgálat az oxidációval szembeni ellenállás meghatározásához.
- MSZ EN 13562:2000 Geotextíliák és rokon termékeik. A vízbehatolással szembeni ellenállás meghatározása (a hidrosztatikai nyomás vizsgálata)
- MSZ EN ISO 13738:2004 Geotextíliák és rokon termékeik. A talajból való kihúzóással szembeni ellenállás.
- MSZ EN 14575:2005 Geoszintetikus szigetelők. Az oxidációval szembeni ellenállás meghatározásának módszere.
- MSZ EN 14576:2005 Geoműanyagok. A polimer geoszintetikus szigetelők feszültségkorrózióval szembeni ellenállásának meghatározása.