

Szent István Egyetem
Ybl Miklós Építéstudományi Kar
Közmű-és Mélyépítési Tanszék

SZAKDOLGOZAT

Marcsányi Vince

2008



YBL MIKLÓS
ÉPÍTÉS-
TUDOMÁNYI
KAR

KÖZMŰ- ÉS MÉLYÉPÍTÉSI TANSZÉK

1146 Budapest, Thököly út 74.

Telefon/Fax: (06-1) 252-1289 E-mail: kozmu.tanszek@ymmfk.szie.hu

Tanszékvezető: Prof. dr. habil Telekes Gábor PhD, CSc, Eur. Ing. főiskolai tanár

SZAKDOLGOZAT KIÍRÁS 2008

Levelező Építőmérnök szakos

hallgató részére

A feladat címe:

Talajjavítási technológiák

Belső konzulens:

Keszeyné Say Emma adjunktus

Külső konzulens:

-

A szakdolgozat beadási határideje: 2008. június 12. (csütörtök) 12⁰⁰

Budapest, 2008. június 3.


Prof. dr. Telekes Gábor
tanszékvezető



SZENT ISTVÁN
EGYETEM

RÉSZLETES FELADATKIÍRÁS

Talajjavítási technológiák



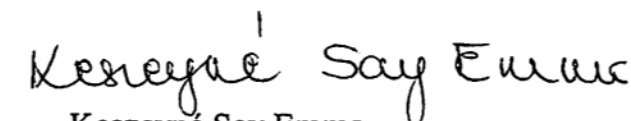
szakdolgozatához

A hallgató rendszerezze és röviden ismertesse a hazánkban alkalmazott talajjavítási módszereket.

Részletesen mutassa be a Jet-Grouting eljárást.

A kezelendő talajok és a javítási cél szempontjából adja meg a különböző technológiák alkalmazási területeit.

Budapest, 2008. június 3.


Keszeyné Say Emma
belső konzulens

Szakdolgozat

Talajjavítási

technológiák

2008. június



Tartalomjegyzék

1. Bevezetés

2. Talajjavítás - technológiák

- 2.1. Talajjavítás célja, alkalmazási köre, szükségessége
- 2.2. A talajjavítási technológiák rendszerezése
 - 2.2.1 Mechanikai módszerek
 - 2.2.2 Hagyományos felszíni tömörítés, talajstabilizáció
 - 2.2.3 Statikus előterhelés
 - 2.2.4 Dinamikus konszolidáció
 - 2.2.5 Mélytömörítés
 - 2.2.2 Talajjavítás kötő, - kitöltő anyag bevitellel (injektálás)
 - 2.2.2.1 Üregkitöltő injektálások
 - 2.2.2.2 Talajtömörítő injektálások
 - 2.2.2.3 Hézagkitöltő (ítató) injektálások
 - 2.2.2.4 Talajrepesztő eljárások
 - 2.2.2.5 Talajhabarcsosítás (jet grouting)
 - 2.2.3 Talajerősítés geoműanyagokkal
 - 2.2.4 Hőkezelések
 - 2.2.4.1 Talajégetés

2.2.4.2 Talajfagyasztás

2.2.5 Talajcsere

2.2.6 Víztelenítések

3. Alkalmazási területek

3.1. A javítandó talaj fajtája – alkalmazási technológiák

3.2. A talajjavítás célja - alkalmazott javítási módszerek

Térfogatváltozó talajok tulajdonságainak javítása

Roskadásra hajlamos talajok tulajdonságainak javítása

Szerves talajok, tőzeg tulajdonságainak javítása

Meglévő feltöltések javítása

Talajmozgások mérséklése

Konszolidációs süllyedés mérséklése

Konszolidációs süllyedés gyorsítása

Talaj ellenállóságának növelése töréssel szemben

Talaj állékonyságának növelése folyósodással szemben

Süllyedés miatt károsodott létesítmények megerősítése

4. A talajjavítás tervezésének szempontjai

5. Összefoglalás

Irodalomjegyzék

Ábrajegyzék

1. Bevezetés

Az utóbbi idők nagymértékű fejlődése – városiasodás, infrastruktúra (utak, közművek, stb.) előretörése – következtében a kedvező altalaj adottságú területek száma lecsökkent. Így egyre inkább kényszerülnek az építkezések kedvezőtlen talajfizikai, hidraulikai jellemzőkkel rendelkező területekre.

Az építmények szintszáma mind a térszín fölött, mind a térszín alatt megnőtt.

A nagyobb terhelések, nagyobb igénybevételeket jelentenek a talaj számára.

Az utak, vasutak által átadódó növekvő dinamikai hatások is komoly igénybevételt eredményeznek.

A fenti problémák teszik szükségessé azoknak a megoldásoknak a fejlődését, melyek révén képesek vagyunk véglegesen, vagy ideiglenesen megjavítani a talajok tulajdonságait, viselkedését.

E fejlődés új lehetőségeket teremt, és új technológiák kifejlődését tette lehetővé.

Korábban a talajviszonyokat adottságként kellett elfogadni és ahhoz alkalmazkodva kellett az alapozást, a támszerkezetet, a rézsűhajlást, stb. megválasztani. Ma a talajjavítási, talajerősítési technológiákkal képesek vagyunk arra, hogy meglévő szerkezetek és létesítmények alatt, ill. közvetlen környezetében építkezzünk, hogy felhasználhatóvá tegyünk egyébként alkalmatlan helyeket és hogy új építési helyeket alakítsunk ki.

Szakdolgozatomban a talajjavítási, talajerősítési technológiákkal fogok foglalkozni.

A mai építési gyakorlatban alkalmazott eljárásokat mutatom be, hangsúlyozva, hogy mely technológiák, milyen altalaj problémák esetén alkalmazhatók a legelőnyösebben.

A különböző módszereket – alapul véve a szakirodalmi rendszerezéseket (Rózsa L.,Bartos S. - Králik B. - Szepesházi R.) - az általam fölállított rendszeren végig menve ismertetem a dolgozatomban. Részletesen tárgyalom a Jet-Grouting eljárást, tekintettel annak széles körű alkalmazására a mai mélyépítési gyakorlatban.

Összefoglalom talajfajtánként és a talajjavítás szempontjából a különböző technológiák alkalmazási körét.

Dolgozatom utolsó részében röviden kitérek a talajjavítás tervezési kérdéseire.

2. Talajjavítás - technológiák

2.1 A talajjavítás célja, alkalmazási köre, szükségessége

A. A talajjavításnak két, külön-külön, de sokszor együtt is teljesülő célja van:

- a talaj mechanikai tulajdonságainak javítása,
- a hidraulikai viszonyok javítása.

A mechanikai tulajdonságok javítása önmagában is két célt szolgálhat:

- az összenyomhatóság csökkentése, (a talaj tömörítése, a hézagok kitöltése, a szemcsék közti kötés létrehozása által.)
- a nyírószilárdság növelése (a fentieken felül a víztartalom és/vagy a víznyomás csökkentése által.)

A legtöbb beavatkozás mindkettőt javítja, de sok esetben csak az egyikre van szükség, illetve egyes technológiák csak az egyiket teljesítik.

A hidraulikai viszonyok javításának több formája és célja lehet:

- a vízkizárás (ideiglenesen vagy tartósan) mely esetben az áramló talajvíz sebességének csökkentése a cél, az áteresztőképesség csökkentésével vagy az áramlás útját lezáró elemekkel,
- a talajvíz szintjének, ill. nyomásának csökkentésével a vízáramlási viszonyok és a talaj mechanikai tulajdonságai alakíthatók át kedvező módon,
- a konszolidáció gyorsítása a terhelés utáni alakváltozások gyorsabb bekövetkezését célozza az áramló víz útjának megrövidítésével.

Szakdolgozatomban a hidraulikai viszonyok javításának a kérdésével részletesen nem foglalkozom.

B. A talajjavítások alkalmazási területe rendkívül széles, mégpedig:

- új épület alapozása gyenge talajon (síkalapozást lehetővé tétele gyenge altalaj esetén; a cölöpök köpenysúrlódásának növelése),
- meglévő síkalapok megerősítése (károsodás esetén; foghíj beépítésnél),
- töltésépítés gyenge talajon (a süllyedések csökkentése és a konszolidáció gyorsítása érdekében; az alaptörés elkerülésére),
- rézsűk stabilizálása (javított talajzónák létrehozásával; a víznyomások csökkentésével; a töltésrézsűk vasalásával),
- alagútépítés (épületek alatt kis takarás esetén; rossz talajzónákon történő áthaladáskor),
- vízépítés (a gátakon át és gátak alatt történő vízszivárgás megakadályozására),

C. A talajjavítás szükségességének alapvető szempontjai

Egy adott területen a helyszíni adottságok és a tervezési, kivitelezési követelmények értékelése alapján az alábbi esetekben szükségessé, és indokoltá válhat a talajjavítás:

- a területen teherbírási vagy süllyedési problémák vannak,
- a terület (rézsű, lejtő) hajlamos megcsúszásra,
- a területen felszín alatti víz, áramlási gondok vannak,
- a helyszínen lévő talaj hajlamos megfolyósodásra,
- a talaj duzzadó, roskadékony, kompresszibilis.

2.2. A talajjavítási technológiák rendszerezése

Dolgozatomban– alapul véve a különböző szakirodalmi rendszerezéseket– az alábbiak szerint csoportosítom a talajjavítási módszereket:

- mechanikai módszerek,
- talajjavítás kötő-kitöltő anyag-bevitellel (injektálások),
- talajerősítés geoműanyagokkal,
- hőkezelések,
- talajcsere,
- víztelenítések.

A továbbiakban e fenti fő rendszeren belül tovább bontom a technológiákat és röviden jellemzem azokat.

2.2.1. Mechanikai módszere

E módszerek a talaj tömörítését szolgálják és elsősorban a mechanikai tulajdonságok javítását célozzák.

- hagyományos felszíni talajszilárdítás (döngölés, hengerlés, vibrálás, valamint bitumen– cement– mész stabilizációk, talajkeverés)
- statikus előterhelés
- dinamikus konszolidáció (felszíni ejtősúlyos döngölés– Soil-Cons)
- mélytömörítés
 - egyszerű mélytömörítés
 - tömködéses tömörítő eljárás

2.2.1.1 Hagyományos felszíni tömörítés, talajstabilizáció

Tömörítés

E technológia fő célja, hogy a talaj kellő szilárdságú legyen.

A tömörítés során a szemcseváz rendeződik, csökken a talaj hézagtéynyezője, és nő a normálfeszültség által a nyírószilárdság.

A felszíni mechanikai tömörítés során a tömörítő hatás a leghatékonyabb a talaj maximális szárazterfogatsűrűsége ($\rho_d \text{ max}$) és az optimális víztartalom ($w \text{ opt}$) mellett. Az értékek a laboratóriumban Proktor kísérlettel határozhatók meg.

A tömörítő hatás függ még:

- a talajréteg vastagságától
- a tömörítési sebességtől
- a járatok számától, stb.

A leggyakrabban alkalmazott tömörítőgépek az alábbiak:

- sima henger
- gumiabroncsos henger
- vibrolapok, vibrohengerek
- juhláb henger
- döngölők

A tömörítő gépeket a tömörítendő talajfajtához igazodva kell kiválasztani.

Tömörítő eszközök

A szokásos, gyakrabban előforduló eszközök a következők:

Elterítésre		földtoló,földnyeső, földgyalu	
Tömörítésre: robbanó,- vagy elektromotoros üzemű, vontatott vagy önjáró gépek, amelyek hatása túlnyomóan:	statikus hengerlő		sima henger
	gyúró – hengerlő		bütykös (juhláb vagy sün- disznóláb) henger, gumi (-kerek) henger
	dina- mikus	rázó, vibráló	vibrolap, vibrohenger, vibrodöngölő
		döngölő	kézi döngölő, döngölő béka, döngöl lemez, vibrodöngölő

1. táblázat

A korszerű, nagy teljesítményű tömörítő gépek hatékonyságát több hatás összesítésével lehet fokozni. Gyakoriak a nyomó + vibráló, gyúró + vibráló, nyomó + gyúró és a nyomó + gyúró + vibráló hatást együttesen kifejtő eszközök. A vibrációt okozó rezgő tömeget külön motor hajtja meg, amely szükség szerint be- vagy kikapcsolható.

A „kézi” tömörítő eszközök tömege tág határok között változik, a ténylegesen kézzel emelhető 48 kg-os vibrodöngölőtől, az 1700 – 2000 kg-os vibrohengerekig. A legkisebbeket a tömörítésre érzékeny közművek munkaárkában lehet használni, a nagyobbak nagy kiterjedésű felszíni munkára is alkalmasak.

Felszíni talajstabilizációk

E technológiánál a talajfizikai paraméterek javítása érdekében nem csupán tömörítést használnak, hanem más, idegen anyag hozzákeverésével módosítják a talaj tulajdonságait.

A felszíni stabilizáció során a talaj felső ~30 centiméteres tartománya kerül csak átdolgozásra. E mélység alatt injektálással lehet a stabilizáló anyagot gazdaságosan a talajba juttatni.

Bitumen stabilizáció

A módszer lényege, hogy az egyes talajféleségeket bitumennel (ragasztóanyaggal) keverik össze, vagy a felületükre permetezik.

Különböző hatások érhetők el a bitumennel az egyes talajfajtákhoz való adagolással

- szemcsés, kohézió nélküli talajok esetében a szemcsék összeragasztásával, összetartó erőt (kohéziót) biztosít, ezzel növelve azok szilárdságát.
- kis kohézióval rendelkező finom szemcsés és átmeneti talajoknál vízzáróságot eredményez, illetve lecsökkenti a vízfelszívó képességet.

Cement stabilizáció

A kezelendő talajt cementtel és vízzel keverik össze, majd tömörítik. A talajszemcsék közé megfelelő arányban kevert cementszemcsék növelik egyrészt a talaj szilárdságát valamint fagy,- hő- és víz hatásokkal szemben ellenállóvá teszik.

Sokrétű felhasználásra ad módot e talajjavítási módszer

- térfogatváltozó talajok esetén csökkenik a duzzadást, zsugorodást
- szemcsés talajok nyírószilárdságát, teherbírását növeli
- kötött talajok vízható képességét csökkenti, növeli szilárdságukat.

Mész stabilizáció

Meszes stabilizáción a talaj mésszel való összekeverését és betömörítését értjük, mellyel a felhasznált talaj nyírószilárdságának növelése, teherbíró képességének fokozása, tömöríthetőségének javítása és annak időbeli állandósítása a cél.

A mész stabilizáció leginkább a közepesen és erősen kötött talajok kezelésére alkalmas módszer.

A nedves talajokat por alakú mészhidrát, a száraz talajokat pedig nedves, oltott mésszel lehet kezelni. A leglátványosabb eredmény a kövér anyag ($I_p=30\%$ felett), közepes anyag ($I_p=20-30\%$) talajokon hozza.

A mész hatására a kémiai átalakulás során, az anyag szerkezete megváltozik így plasztikus indexe (I_p) lecsökken, tömörítéssel kapcsolatos tulajdonságai javulnak (W_{opt} nő), szilárdsága megnövekszik.

Ezen kívül gyakran alkalmazzák még homokliszt; iszapos, agyagos kavics javítására is.

Talajkeverés

E talajjavítási módszer gyenge talajfizikai tulajdonságokkal rendelkező, kedvezőtlen szemeloszlású, (frakció hiányos, folyósodásra hajlamos) rosszul tömöríthető talajok esetén alkalmazható.

Az eredeti kezelendő talajhoz egy javító talajt kevernek, melynek következtében azok jól tömöríthetővé és egyben javuló szilárdságú tulajdonságúvá válnak. A víztartalommal összefüggő tulajdonságaik is előnyösen megváltoznak.

2.2.1.2 Statikus előterhelés

Egy létesítmény süllyedését olyan módon mérsékelhetjük, hogy előzetesen felhordott terheléssel „kikényszerítjük” az altalaj összenyomódásának legalább egy részét. A helyzet hasonló lesz valamely geológiai előterhelésen „átment” réteg viselkedéséhez. Így az előterhelés után a terhelés súlya alatt az előzetesen összenyomódott és tömörödött talajréteg jóval kisebb fajlagos összenyomódást fog szenvedni.

A leterhelés esetén csökken a talaj víztartalma és a hézagtenyezője.

A leterheléseknek több fajtája ismert:

- mesterséges feltöltés,
- vízzel teli tartályok elhelyezése,
- membrános légtelenítés,
- horgonyzás,
- talajvízszint süllyesztés,
- elektroozmotikus eljárás

A terhelés megkezdése előtt mindig szükséges megtervezni a

- teher nagyságát,
- terhelés idejét,
- süllyedés mértékét.

A terhelések hatására a konszolidáció beindul, részben lezajlik, de arra mindenképp számítani kell, hogy az építés után is fellepnek süllyedések.

A konszolidáció lezajlását mindenképpen célszerű mérésekkel (pórusvíznyomás, süllyedésmérés) követni, hogy az előzetes számításokkal kialakított időtartamokat, terheket, folyamatosan felül lehessen vizsgálni.

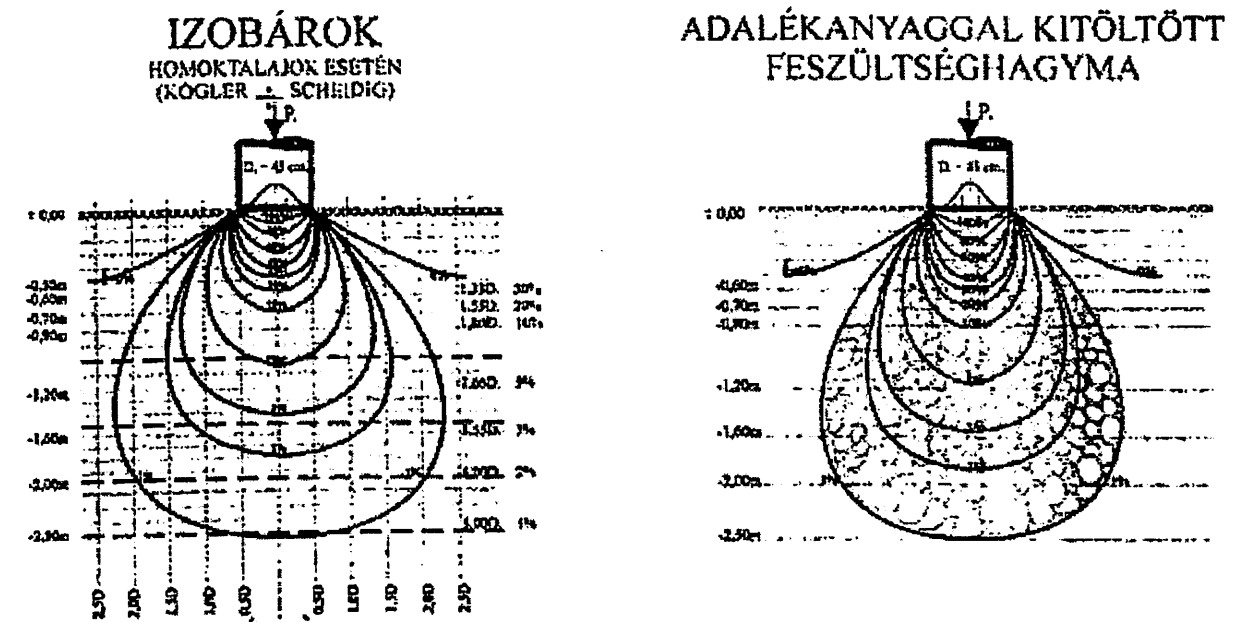
Az előzetes leterhelések előbbiekben felsorolt típusait drénezéssel szokás kombinálni, hogy a talajban lévő feleslegessé vált víz lehetőleg hamar el tudjon távozni.

A drének lehetnek homok alapanyagú, illetve mesterséges anyagúak (geoműanyagok).

2.2.1.3 Dinamikus konszolidáció – (Felszíni ejtősúlyos dőngölés)

Ezen módszeren belül a Magyarországon szabadalmaztatott Soil - Cons mutatom be.

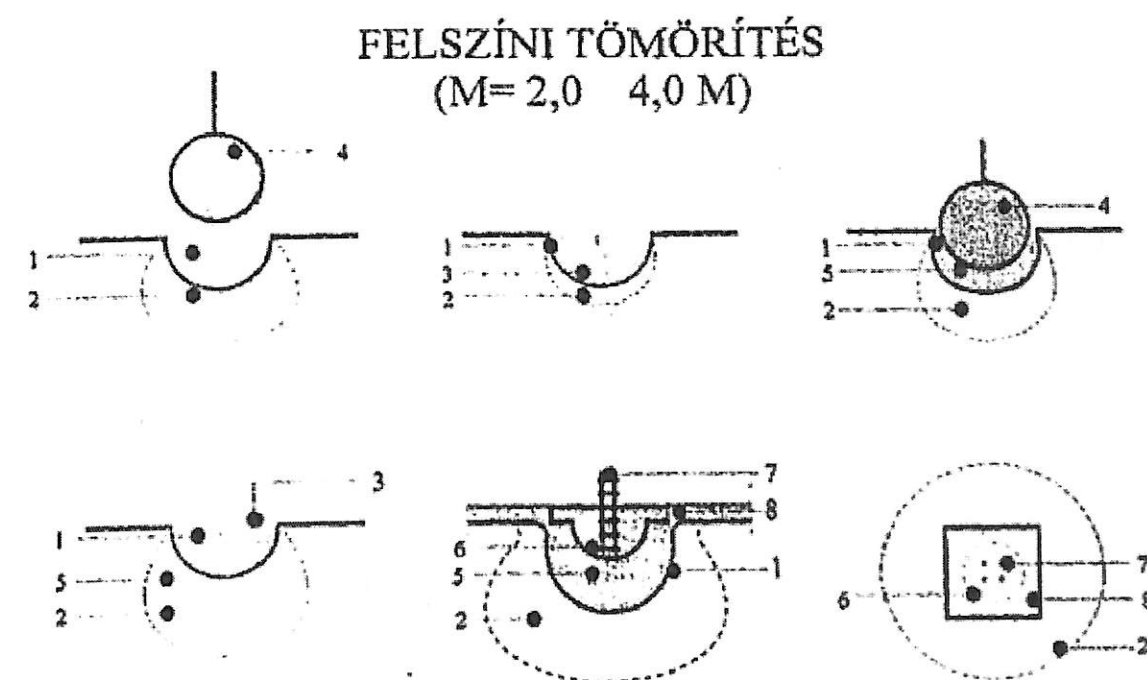
E mélytömörítési technológia azt az ismert talajmechanikai tényt használja ki, hogy egy terhelés alá vont alap alatt feszültségmagyma ébred. Az eljárás lényege, hogy e feszültségmagymán belül, a terhelésre alkalmatlan, rossz adottságú talajokat, nagy ütési energiával, környezetbarát szilárd adalékanyag (kulékavics, görgerteg, kő-bányameddő, betontörmelék vagy ezek keveréke) bevitelével feljavítja és síkalapozásra alkalmassá teszi.



1. ábra

Az eljárás során az építmények alatt, a fagyhatárig kiemelt talajban, vonóvedres kotróra szerelt, $D=0,90-1,10$ m átmérőjű, 3-6 tonna tömegű, acél ejtődöngölővel, vibrosajtolással vagy előmarkolással üreget alakítanak ki. Az üreget szilárd adalékanyaggal feltöltik, majd az ejtődöngölőt a feltöltött adalékanyagba ejtik. Gömb alakjánál fogva az ejtődöngölő az adalékanyagot minden irányban a talajba préseli, a talajból kiszorítja a vizet, a levegőt és ezek helyét elfoglalva megnöveli a talajban a szilárd rész arányát. A tömörítést és adalékanyag

bevitelt a talaj telítődéséig folytatják. Az ejtési magasságot a helyszínen kell beállítani, kezdetben kisebb, majd az adalékanyag betömörödésével arányosan az ejtési magasságot 10-12 m magasságig emelik. Az ejtődöngölő, becsapódása során az eredeti talajszerkezetet összeroncsolja, megtömöríti, az adalékanyag a megtömörített talajjal összedolgozódik, egy új talajszerkezet jön létre. Az egymástól 2,50-3,00 m távolságban kiképzett, kulétestek felső részén 30-50 cm vastagságú, lapfelületű ejtődöngölővel vagy vibrohengerrel tömörített szemcsés, felső lezáró réteget kell képezni.



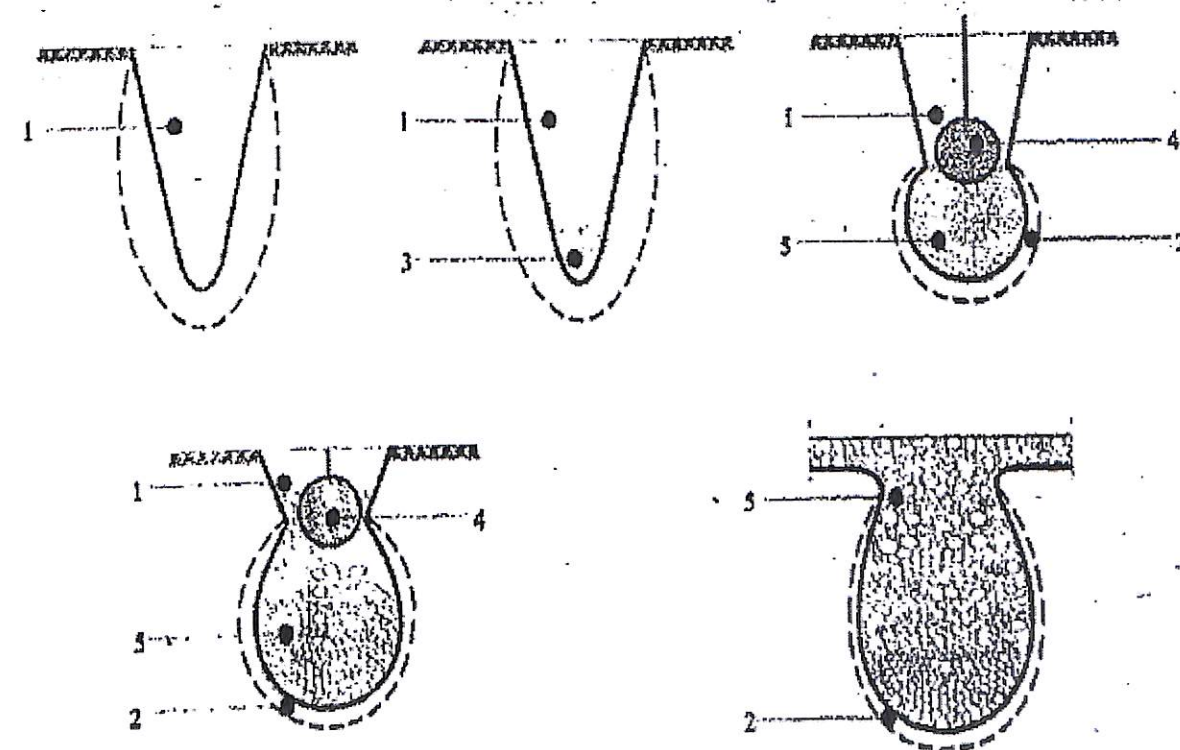
2.ábra

A Soil-Cons eljárás lehetővé teszi laza vagy kevésbé kötött, puha mocsaras, tőzeges talajok beépítését síkalapozással. Biztosítja a hídháttöltések és egyéb magas földművek süllyedésmentes alapozását.

Különböző építmények, műtárgyak, vonalas létesítmények, utak, vasutak, távvezetékek, közművezetékek létesítésénél gyakran adódik olyan feladat, hogy eddig építési szempontból kihasználatlan területen, gyenge fizikai állapotú, síkalapozásra alkalmatlan, vizes, lápos, mocsaras területeken, régi szeméttelpek

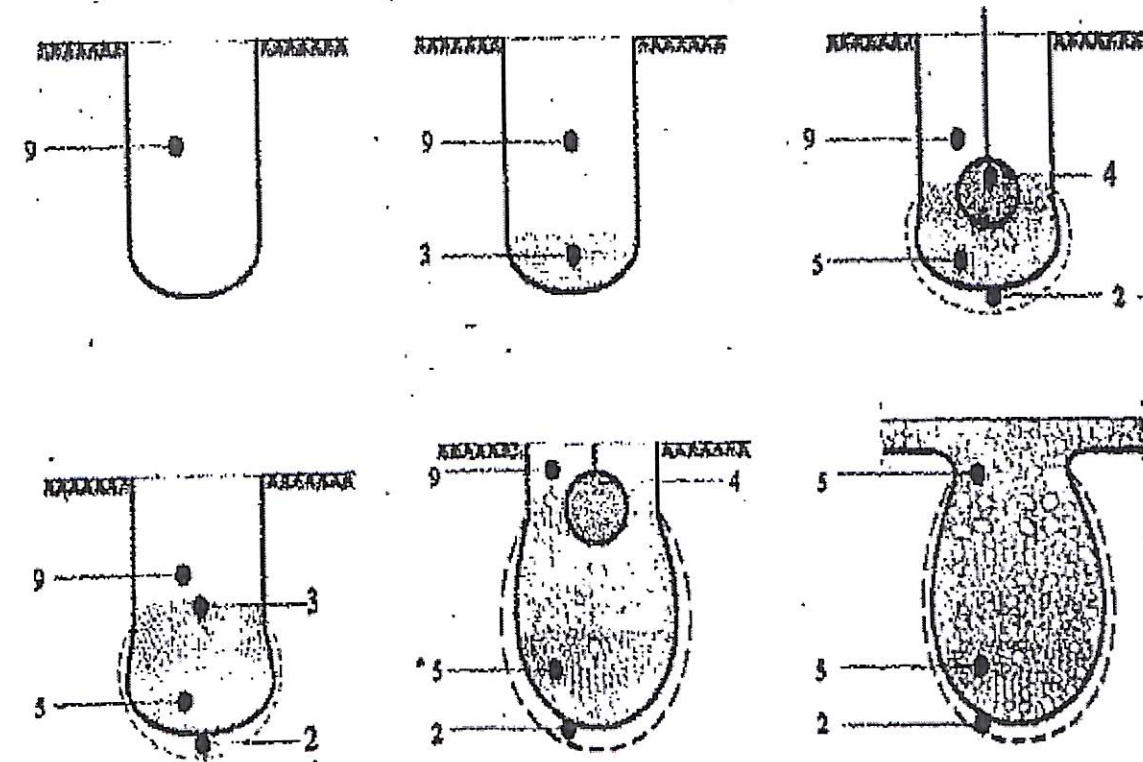
helyén kell ezeket megépíteni. Az ilyen esetekben alkalmazható cölöpözés, kútalapozás és a résfalazás, mint technológiák speciális gépi felszereltséget igényelnek, magas üzemeltetési költséggel, ezért magas árfekvésűek. Sokéves tapasztalatok azt mutatják, hogy amennyiben a síkalapok alatt ébredő, $p=1\%$ izobár által határolt "feszültség-hagymát" a helyi talajjal strukturálódó szilárd adalékanyaggal töltjük ki, akkor a megerősített talajon az épületek síkalapozással alapozhatók, és így elkerülhető a jóval költségesebb mélyalapozás.

MÉLYTÖMÖRÍTÉS VIBROSZAJTOLÁSSAL ($M=4,0$ 6,0 M)



3.ábra

MÉLYTÖMÖRÍTÉS ELŐMARKOLÁSSAL (M= 6,0 8,0 M)



4.ábra

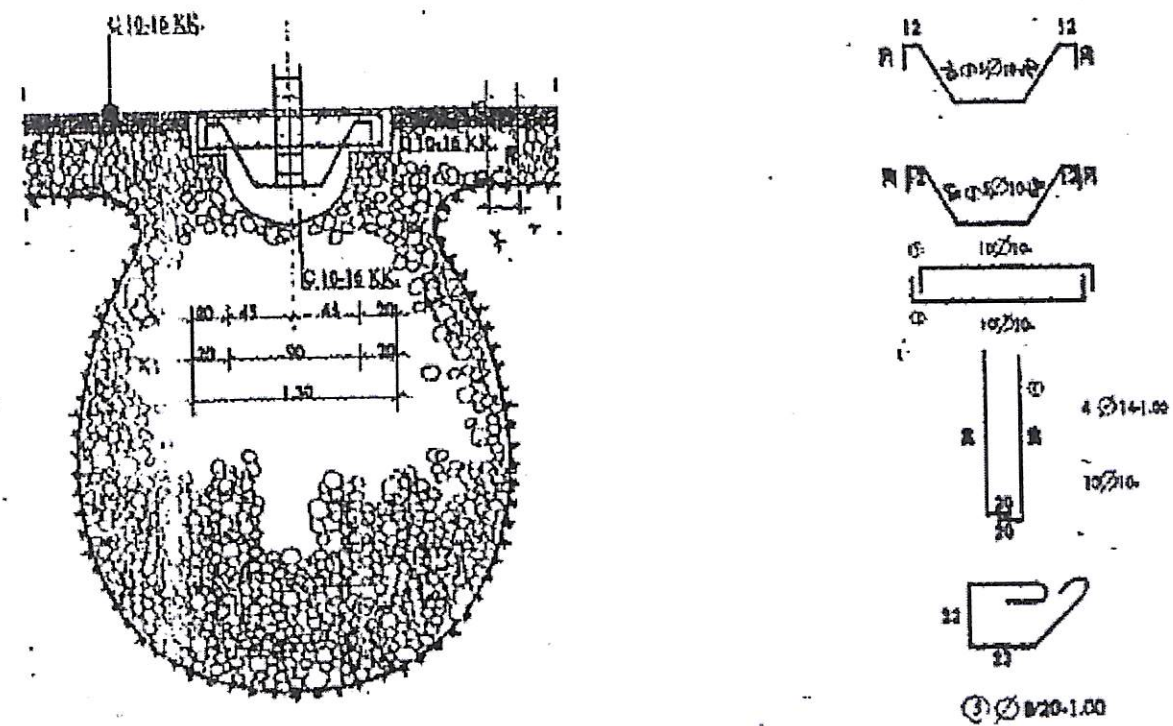
A technológia előnyei:

Az eljárás egyesíti magában a kavicscölöpözés, talajcsere, mélytömítés és a függőleges drénezés talajjavítási módszereket.

Nem igényel speciális gépi felszereltséget, költséges előmunkálatokat. Időjárástól független, télen is alkalmazható.

Az adalékanyagként alkalmazott kulékavics, görgeteg olcsó, – környezetbarát anyag, (a még használható betontörmelék bedolgozása környezetvédelmileg támogatott).

KULÉTESTBE ÁGYAZOTT PONTALAP



5. Ábra

Az eljárással kialakított talajzóna nem vízzáró, nem borítja fel a talaj vízháztartását, nem zárja el a talajvíz már kialakult áramlási, lehetőségét.

A gyenge talaj teherbírása növelhető $p = 300-500 \text{ kN/m}^2$ értékre.

Lehetővé teszi a talajvízszint feletti alapozást, alkalmazható a betonra – agresszív talajvizek esetén is.

Az építményekből származó terhelésekhez viszonyítva, a dőngölés során – a közel százszorosan túlterhelt talaj, a függőleges szivárgóként működő, – a helyi talajjal struktúráló szemcsés adalékanyag felgyorsítja a konszolidációs folyamatokat, lényegesen lecsökkenti (kizárja) az utólagos süllyedést.

A munkaterületen mért zajterhelés a gépek üzemelése során keletkező zajból származott. Az ejtésből keletkező zajok szintje messze az ejtődöngölőt emelő gépek üzemelési zajszintje alatt maradt.

Összefoglalva elmondható, hogy a Soil – Cons eljárás anyagigénye kevés, nagy tömegben csak az olcsó, környezetbarát adalékanyagot teszi szükségessé (kulékavics, kőbánya meddő, betontörmelék, görgeteg). Alkalmazásával nagymennyiségű cement, betoncél; zsaluanyag és élőmunka takarítható meg. Teljes biztonság mellett a cölöpözési eljárásokhoz képest 25 – 30% költségmegtakarítást lehet elérni, hasonló időráfordítással. Az eljárás időjárástól függetlenül, télen is alkalmazható. Nem igényel speciális gépi felszereltséget, területen a gépek mozgása minimális. További előnye, hogy a környezetben keletkezett, felgyülemlett építési betontörmelék a technológia alkalmazása során felhasználható. Az ilyen eljárásokat az Európai Unió támogatja, így a technológia felhasználói EU – s forrásokat is igénybe vehetnek. A technológia szabadalmi védelmet élvez, az Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht. a technológiára kiadta a Végleges Építőipari Műszaki Engedélyt.

2.2.1.4 Mélytömörítés

A mélytömörítő eljárások sokoldalú lehetőségek biztosítanak kedvezőtlen talajadottságú területeken.

A nem teherbíró altalaj tetszés szerinti mélység történő javítását szolgálják. A mélytömörítés alkalmazása megnöveli és kiegyenlíti a rétegtömöriséget.

A technológia eszköze a mélytömörítő vibrátor, mely karcsú, henger alakú gép, amely villanymotor segítségével hosszanti tengelyéhez képest keresztirányú rezgéseket indukál. A talajba süllyesztés az önsúly, a vibráció és a süllyesztő aktiválásának hatására következik be.

A mélytömörítő eljárásokat két nagy csoportba soroljuk:

- Egyszerű mélytömörítések: talaj vagy feltöltés tömörítése a hézagterfogat csökkentésével történik.
- Tömködéses tömörítő eljárások: a hézagterfogat csökkentésén túl adalékanyag hozzáadással a talaj összetétele is megváltozik, általában cölöpszerű terhelésközvetítő szerkezet keletkezik.

Mélytömörítő vibrátorral a talajok bármilyen mélységig – talajvíztől függetlenül – tömöríthetőek. Jelenleg az építési gyakorlatban alkalmazott mélységek rendszerint 3 és 20 méter között mozognak, egyedi esetekben az 55 méteres mélységet is eléri. Az eljárás során a talajok tömörsége jelentős mértékben megnő. (A javulási mutató 2-6-szoros lehet.)

Egyszerű mélytömörítések

A vibrátort mélységig süllyeszti, miközben általában a vibrátor csúcsánál vizet adagolnak. A víz hozzáadásának az a célja, hogy a látszólagos kohéziót megszüntesse, ez megkönnyíti a lehatolást. Ezt követően a vibrátort a körülvevő talaj tömörítése közben víz hozzáadásával vagy annélkül fokozatosan kihúzzák. A kiemelés közben gondoskodni kell arról, hogy a vibrátor és a talaj között állandó kontaktus legyen. Az eljárás felületi alkalmazásakor az egyes tömörítési pontokat, az éppen használt eszközöktől függően, körülbelül 1,3 – 3 méteres rasterben helyezik el.

Tömködéses tömörítő eljárások

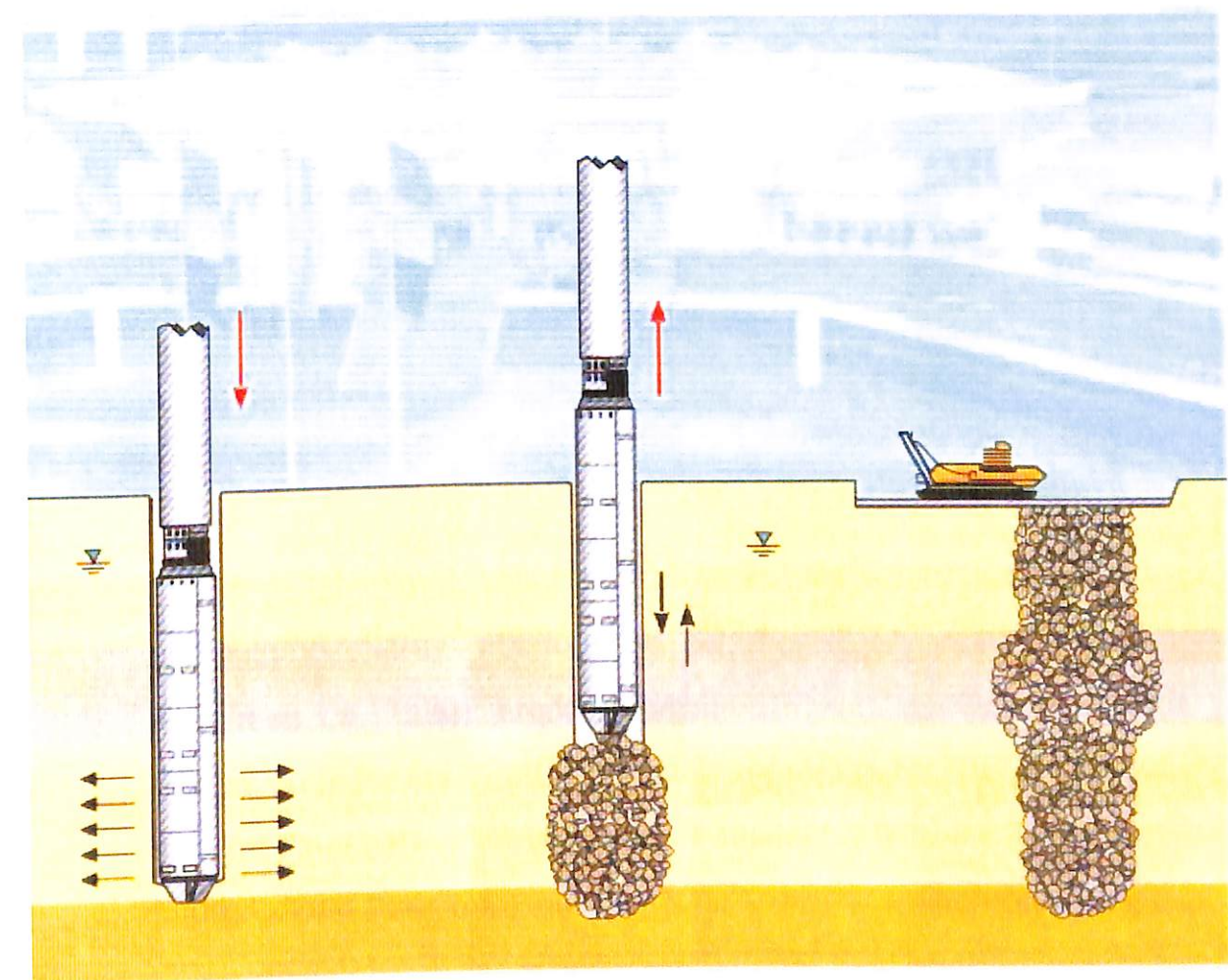
Lényegében ugyanazok a vibrátorok alkalmazhatóak, mint a kohéziómentes talajok mélytömörítésénél. A vibrátor ekkor zsiliberendezéssel is felszerelhető, amely lehetővé teszi a nagyobb átmérőjű szemcsés anyagok lejuttatását a vibrátor csúcsához.

A talajszemcséknek a nehézségi erő hatására való átrendeződését az egyes szemcsék közötti súrlódás és kohézió megakadályozza. A vibro tömörítés általi talajjavítás úgy érhető el, hogy a vibrátor a talajt kiszorítja vagy kiöblíti, és az így keletkezett üreget durvaszemcséjű anyaggal tömörítetten kitölti. Mind a finom, mind a vegyes szemcséjű természetes talajokat, illetve a mesterséges feltöltéseket lehet ily módon javítani. A vibrátor csúcsán légnyomást vagy vízhozzáadást lehet alkalmazni. Az adalékanyag rendszerint kavics vagy egyfrakciójú zúzalék.

Állékony talajok esetében a tömködés szakaszosan történik, és a vibrátor minden egyes rétegbe külön behatol. A másik két eljárás során a vibrátort a

végmélység elérése után szakaszosan kihúzzák. A nem szilárd üreg vízzel vagy légnomással szabadon tartható. A gép az adalékanyagot minden esetben oldalról a talajhoz préseli és tömöríti. A gép teljesítményétől és az adott talajtól függően olyan oszlopok keletkeznek, melyek átmérője a vibrátor átmérőjének kétszereséig terjedhet. A rendkívüli mértékben tömörített oszlopok a körülvevő talajjal együtt terhelhető alaptestet képeznek.

A kavicscölöpök víztelenítő hatása meggyorsítja a talajok konszolidációját. Amennyiben ezt a hatást erősíteni szeretnék, úgy szakaszos szemelosztású töltőanyagot használnak.



6.ábra

Habarcsosított kavicscölöpök

Az adalékanyagot, amely általában körülbelül 4-40 mm-es szemcséjű tonkavics, a sűrített levegős zsilip anyagtartályán keresztül juttatják be, és az a vibrátor végmélységének elérése után a vibrátor fejen át jut a talajba. Előtte a mélytömörítő vibrátor keverő szakaszába a szuszpenziós vezetéken át habarcst vezetnek be. Az adalékanyag összekeveredik a cement szuszpenzióval, a kész habarcs a vibrátor csúcsán át kerül a talajba, és azt a vibrátor az újbóli lesüllyesztéskor oldalirányban nyomja és tömöríti.

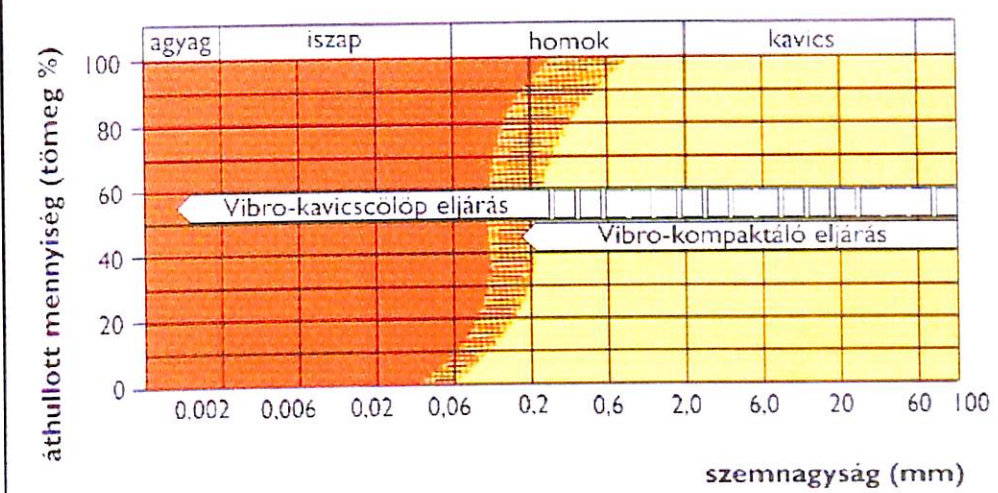
Beton-vibro kavicscölöpök

A technológia szerint kavics adalékanyag helyett speciális betonkeveréket alkalmaznak, ami földnedves konzisztenciája miatt alkalmas a talaj-kiszorításos folyamatban részt venni, de megtömörített és megkötött állapotban nagyobb teherbírású, mint a kavicscölöp.

Talajok – eljárások

- Szemcsés talajoknál, valamint laza mesterséges feltöltéseknél a Vibro – kompaktáló eljárás alkalmazása célravezető. A vibráció segítségével lecsökken a talaj eredeti hézagterfogata és ezzel együtt az összenyomhatósága. A talajszemcsék így tömörebb állapotba kerülnek.
- Kötött talajoknál, valamint építési hulladékból készült durva szemcséjű feltöltéseknél, salaknál, meddőnél a Vibro – kavicscölöp eljárás a legmegfelelőbb. A javítandó talajok egy kavicsból illetve murvából állótartóvázat nyernek, amit a vibrátor cölöp alakban épít be és tömörít.

A mélytömörítő eljárások alkalmazási területei



7.ábra

2.2.2. Talajjavítás kötő-kitöltő anyag bevitelével (injektálás)

A városi mélyépítés leggyakrabban alkalmazott eljárásai, melyek a mechanikai és a hidraulikai jellemzőket is javítják. Az injektáló anyag és a kezelt talaj között kialakuló kölcsönhatás szerint csoportosítva, (mely egyben az alkalmazási területeket is jelzi) az alábbi módszerek ismeretek :

- üregkitöltő injektálás
- talajtömörítő injektálás
- hézagkitöltő injektálás
- talajrepszító eljárás
- talajhabarcsosítás (jet grouting eljárás)

Az injektálásnál leggyakrabban alkalmazott anyagok lehetnek

- cement alapú anyagok
- bentonit
- BC (Bentonit-Cement) keverék
- vízüveg alapú anyagok
 - kétfolyadékos eljárás
 - egyfolyadékos eljárás
- műgyanták
- bitumenemulziók

Az injektáló anyagot a talajba fűrt, vagy vert csöveken keresztül sajtolják be nyomás alatt.

Cementbesajtolás

A perforált besajtoló csöveket egymástól 50-100 cm távolságban helyezik el, és 7-10 atm. nyomáson juttatják le a cementtejet, vagy cement + homok habarcsot. A szilárdítandó talaj hézagainak nagyobbak kell lenni a cementszemcse átmérőjénél, ezért csak 0,8 – 1 mm-nél durvább homok, illetve üreges, repedezett kötött talaj injektálható vele. Csőfelhúzás közben alulról felfelé kell injektálni.

Célszerű nagy szilárdságú portlandcementet használni, mert ez a finom őrlése és jó víz áteresztőképessége miatt kis ülepedési sebességű. Konzisztencia javító anyagként bentonitot, meszet vagy plasztifikátorokat lehet használni. Bentonitadagolással a hatósugár növelhető.

Cementhabarcsok

Nagy üregek általában cementhabarccsal tölthetők ki. A cementhabarcs portlandcement, homok és víz keveréke. Az injektáláshoz használt cementhabarcs legkisebb cementadagolása 300 kg/m^3 , a víz-cement tényezőt 1-5 között kell felvenni.

Az ülepedés megakadályozására a cement súlyára vonatkoztatott 3-5 % bentonitot adagolnak. Helyi anyagokkal – különösen agyagféleségekkel – az ülepedés megakadályozásán kívül a homok egy részének gazdaságos helyettesítését is elérhetjük. Egyes hidraulitokkal (trasszal, erőművi pernyével) ugyancsak csökkenthető az ülepedés, emellett a cement egy része is helyettesíthető.

Gyorsan kötő, cementalapú injektáló anyagok

Áramló talajvíz környezetében gyakran hatástalan a cementinjektálás, mert a víz elsodorja a cementszemcséket, mielőtt azok megszilárdulnának. Ilyenkor kötésgyorsítókat kell használnunk. A kötésgyorsítás esetén legfontosabb a kötésidő pontos beállítása, amelyeket egyrészt a csővezetékek eltömítésének elkerülése, másrészt a kívánt hatás elérése szab meg. Kötésgyorsításra CaCl_2 , vízüveg, konyhasó és számos egyéb anyag alkalmas. Leghatásosabb a vízüveg, mert ezzel a kötésidő elég pontosan szabályozható, és mennyiségi adagolása is könnyebb, mint az adagolási pontosságra különösen érzékeny vegyszereké.

Bentonitos tömítések

A betonit egy montmorillonit agyagásványt nagy százalékban tartalmazó agyagféleség, mely a hézagok kitöltésén felül megduzzad a talajban, megkötí a vizet ezért alig marad mozgásra képes szabad víz.

Homoktalajok tömítésére, vízzáróságának fokozására jó eredmény érhető el bentonitzagy-injektálással. A bentonittal átitatott homok áteresztőképessége több nagyságrenddel csökken.

Cement-agyag- és cement-bentonit-szuszpenziók

A cementtej és a kiegészítő anyagokkal javított cementtej injektálásával viszonylag nagy szilárdságú anyagot kapunk, ugyanakkor a cementtejhez felhasznált cement drága. Az esetek többségében a nagy szilárdságra nincs szükség. Ha a cementtejet bentonittal vagy agyaggal keverjük, a hozzáadott

anyagfőleség arányában csökkent az anyagköltség, ezzel együtt a szilárdság, valamint a térfogatsúly is. A cement-bentonit, ill. cement-agyag keverési arányának szabályozásával a szilárdság meghatározott értéke beállítható a viszonylag kis szilárdságcsökkenéstől az egészen csekély szilárdsági értékekig.

Vízüvegalapú eljárások

A vegyi talajszilárdítási eljárások túlnyomó részének alapanyaga a vízüveg. Ezen eljárások elvi alapja, hogy a vízüveg különböző reagensek hozzáadásával megbontható. Ekkor a vízüveg folyékony halmazállapotból (szol) kocsonyás állapotba (gél) megy át. Amennyiben ez a kémiai folyamat a talaj pórusaiban, kapillárisaiban megy végbe, a keletkező szilikátgép a talajszemcséket egymáshoz köti, ill. a pórusrendszert részlegesen eltömi.

A vízüveges talajjavítás voltaképpen utánozza a természetben a homokkövek képződésekor végbemenő folyamatot. A két anyag szinte teljesen megegyezik, de lényeges különbség az idő, ami alatt a kialakulásuk végbemegy. A gyakorlatban használt vízüveg a kovásv nátrium-, ritkábban káliumsója .

Az eljárás két fajtája:

- kétfolyadékos JOOSTEN eljárás
- egyfolyadékos módszer

Kétfolyadékos JOOSTEN eljárás:

A vízüveget és a kálium kloridot, magnézium kloridot külön injektálják be a talajba. Az injektálás minden esetben vízüveggel kezdődik, majd vagy ugyanazon a csövön, vagy egy másikon indítják utána a reagenst. Az anyagok a talajon belüli érintkezésekor azonnal reakcióba lépnek, és elindul a gélesedés

folyamat. Ennek a módszernek az a hátránya, hogy kicsi a hatótávolsága. Vízrel telített talajoknál a keletkező hidrogél kevésbé képes tömörödni, nagyobb százalékban keveredik a talajvízzel. Ezek a tényezők főként a másodlagos kötést hátráltatják, mely később alakul ki, és emiatt a végleges szilárdság akár 30 – 50 %-kal is csökkenhet.

A végleges szilárdság 50 – 60 %-át 7 óra elteltével már eléri a talaj, majd 14 nap múlva ez az érték megközelíti a 70 – 75 %-ot. De ami a legfontosabb, hogy a JOOSTEN eljárással kezelt talajok 30 vagy még több év elteltével is szilárdak.

Egyfolyadékos módszer:

A reagenseket ,már az injektálás megkezdése előtt összekeverik.

Előnye, hogy jobb vízzáró a kétfolyadékos módszernél, valamit idő és munkaidő takarékos. Hátránya ellenben, hogy kisebb szilárdság érhető el vele, mint más módszerrel. Az így képzett szilikáttgél puha, tehát ezzel az eljárással elsősorban a talaj vízáteresztő képességén változtatnak. A módszernél nagy figyelmet kell fordítani az összetevők minőségére, mennyiségére és a hatósugár kiválasztására. Hiszen az injektálás során bejutott anyagok egyből kapcsolatba lépnek, és a gélesedés megindulása után az injektálás már nem folytatható tovább.

Mésszel való kezelés

A Ca jelentősen növeli a pehelyszerkezetű anyagok nyírószilárdságát, az összenyomhatóság is csökken a meszes stabilizálás hatására. Általában 1-3 m-es raszterben akár 10-20 m mélységig készítik a fúró-keverő berendezéssel a „mészcsölöpöket” (10-50 cm átmérővel). 3-4 % meszet (mészhidrátot) kevernek a talajhoz. Elsősorban magas kolloidtartalmú anyagokban és a laza homokos agyagokban hatásos a mésszel való stabilizálás. Esetenként nagy nyomással

injektálják a „mész-zagyot” az agyag altalajba. Más esetben 7 súlyszázaléknyi mész és 3,3 % vízüveg adagolással értek el kellő szilárdítást.

Gázos eljárások

A vízüvegalapú, kétfolyadékos és egyfolyadékos módszerek között mintegy átmenetet képeznek az ún. gázos eljárások, amelyek során a szilikátgép kicsapására folyadék helyett gáz halmazállapotú anyagokat használnak reagensként. A gondolat Joostentől (1931) és Jorgensentől (1935) származik, akik szabadalmaikban és szén-dioxid-gáz (CO_2) használatát javasolták erre a célra. Ezenkívül még egy fajta eljárás ismeretes, amelyben a reagens egy speciális összetételű fluoridgáz. Mindkettőnek lényege az, hogy először hígított vízüvegoldatot injektálnak a talajba, majd a kezelendő zóna telítése után sajtolják be a gázt. A reakció a két anyag érintkezésekor azonnal végbemegy, a gáz a kezelendő laza, vízdús gélen átdiffundálva terjed tovább.

Talaj szilárdítás elektromos árammal

A kötött talajok szilárdíthatóságánál a folyadékok bejuttatására nyomás helyett az elektromos áramot használják fel. Ez a módszer a mérnöki gyakorlatban az elektroinjektálás elnevezést kapta. Elektroinjektáláskor a folyadék mozgatása a talajpórusokban elektroosmózissal megy végbe.

Az elektroosmotikus hatás azon alapszik, hogy egymással érintkező, elektromos szempontból eltérő anyagok határfelületein potenciálkülönbség keletkezik. Az elektromos áram szerepe a talajban nem korlátozódik egyszerűen a pórusokat

kitöltő víz vagy egyéb folyadék szállítására. Az áram hatása három alapvető csoportba sorolható:

- a) a talaj pórusvizének elektromos áramlása;
- b) a talajszemcsék adszorpciós komplexumának megváltoztatása;
- c) a talaj szerkezetesedése a keletkező hidroxidok cementáló hatása következtében.

Műanyag alapú eljárások

A karbamidgyanta egy sárgás, sűrű, formaldehid szagú folyadék, mely érintkezve jól keveredik. Reagensként itt legtöbbször ammónium kloridok, vagy sósavak alkalmaznak. Gélesedéskor az oldat először zselatinszerű állapotba kerül, majd pedig sűrű, vízmentes, térhálós rendszert alkot.

A folyamat körülbelül egy hónap alatt játszódik le, végeredménye a szilárd talaj.

Bitumeninjektálás

Ennél a módszernél vízben kevert bitument sajtolnak a talajba. A bitumen kiválik a vízből, és körülfogja a talajszemcséket, vízzárást eredményezve.

A CHRISTIANS eljárás folyós, forró bitument injektál be a talajba. Ez a típus kiválóan alkalmazható áramló talajvíz, vagy a talajban kialakult nagyobb folytonossági hiányok jelenléte esetén. Sarkalatos pontja az anyag hőtartásának biztosítása, melyet hőszigeteléssel, vagy melegítéssel érhetnek el.

2.2.2.1 Üregkitöltő injektálások

Az üreg- vagy repedéskitöltő injektálás esetén a bevitt injektáló anyag az üreg határfelületén érintkezik a talajjal. Mészkövek üregeinek, talajkimosódások, süllyedések révén keletkező nagyobb üregek kitöltését jelenti, s erre általában a betonhabarcs a megfelel. Egyszerű a technológiája: fúrt vagy vert acélcsövek végén, néhány bar nyomással viszik be az anyagot, miközben a csövet folyamatosan visszahúzzák.

2.2.2.2 A talajtömörítő injektálás

E módszer során általában sovány betonhabarcs bevitelével történik a talajavítás. Célja a kötött talajok tömörségének növelése, melyek hézagaiba nem vihető be az anyag. Itt is fúrt vagy vert csövek végén nyomják be az anyagot, de a csövet nem folytonosan, hanem szakaszosan húzzák vissza. ~ 50 bar nyomás alkalmazása esetén a leghatékonyabb tömörítés.

2.2.2.3 A hézagkitöltő (itató) injektálás

A leggyakrabban használt eljárás. Célja a szemcsés anyag hézagainak kitöltése, vízzárás vagy kötés céljából. Ez viszonylag ritkán, az előbb vázolt módon is végezhető: úgy, hogy a csövet alulról felfelé kihúzva viszik be az anyagot a szemcsék közé. De fordított irányban haladva is történhet az itatás. A szokásos eljárás az ún. mandzsettás csővel történő injektálás, melynek lényege a következő: E műanyagból vagy acélból készült cső szakaszosan perforálva van, a perforációt gumimandzsetta zárja le. A csövet cementhabarccsal kitöltött furatba állítják, s megvárják míg a habarcs megköt. Ezután egy belső

injektálócsövet engednek a mandzsettás csőbe, melyen két gumitömítés lehetővé teszi, hogy egy kiválasztott szinten injektáljunk. A kb. 20 bar injektáló nyomás felfeszíti a mandzsettát és az ágyazóhabarcsot, és így az anyag a talajba jut. Az injektáló csövet feljebb húzva aztán egy másik mandzsettán is lehet injektálni, illetve az injektálás egy-egy mandzsettán is bármikor ismételhető.

Az ún. szelepes fenékinjektálás vékony vízzáró réteg készítésére használatos. A műanyagtömlő végén szelepes fej van, s ezt egy verőcsővel hajtják le a kívánt szintre. A verőcső visszahúzása után a talaj közbezárja a tömlőt, majd később a szelepen át a tömlő tetejére csatolt berendezéssel lehet akár többször is injektálni.

2.2.2.4 A talajrepszto eljárás

A technológiák egyrészt süllyedések kompenzálására alkalmazzák. Másrészt gyenge altalajok megerősítését tömörítését szolgálja. Sűrű (1-2 m) csőkiosztású mandzsettás injektálással felrepsztik a talajt és injektált paplant hoznak létre. Ezt azután – az okozott mozgásokat kontrollálva – 20-40 bar nyomáson végzett injektálással úgy emelik fel újra és újra, hogy az épület, illetve megsüllyedt részei az eredeti szintre kerüljenek.

Uretek és Keller technológia

Magyarországon az 1990-es évek végén az Uretek és Keller féle talajrepszto (Soil frac) módszer terjedt el.

A technológia a durva kavics és a kemény anyag kivételével az összes talajtípusban alkalmazható.

Két eljárást lehet megkülönböztetni:

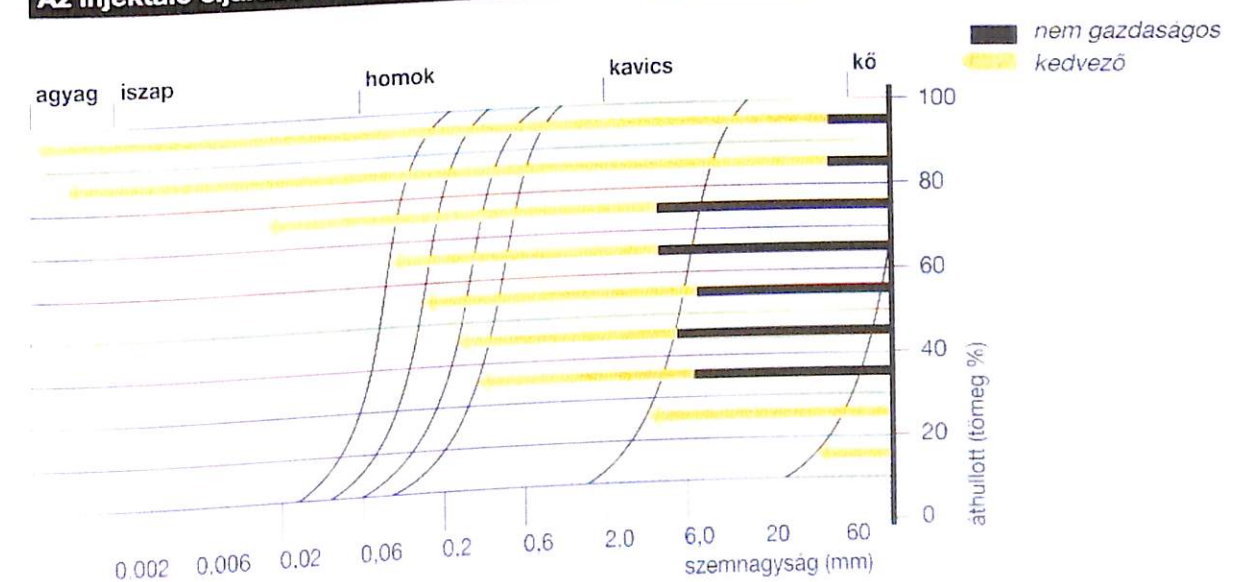
- felszín közeli tartomány injektálása
- nagy mélységben történő injektálás

Az injektálás során kétkomponensű műgyantát juttatnak a talajba. A gyanta el kezd terjeszkedni minden irányba $\sim 500 \text{ kN/m}^2$ feszültséggel. A térfogat növekedés abba az irányba a nagyobb amerre a kisebb ellenállás van. Azaz amerre a talaj teherbírása kicsi és ennek javítására van szükség.

Amikor a vízszintes irányú feszültség már meghaladja a függőleges feszültséget, a duzzadó gyanta felfelé tágul és képes megemelni a szerkezetet.

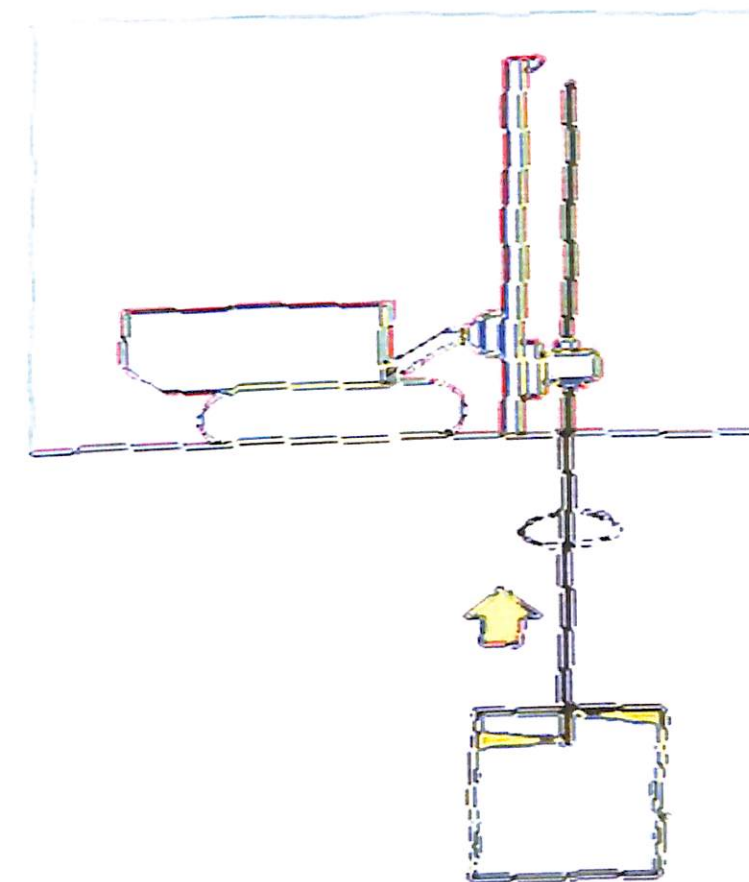
Mérő – megfigyelő scadszerrel kell a mozgásokat ellenőrizni.

Az injektáló eljárások alkalmazásának korlátai



8.ábra

2.2.2.5 Talajhabarcsosítás (Jet Grouting)



JET GROUTING

9.ábra

Az alapozás szempontjából kedvezőtlennek ítélt talajok tulajdonságainak javítására, az alapok megerősítésre sokféle módszert fejlesztettek ki. A legelterjedtebb módszer az injektálás volt, melyet kötött és laza talajoknál egyaránt tudtak alkalmazni.

A Jet – Grouting eljárás nagy előnye a korábbi módszerekkel szemben, hogy

- minden talajtípusnál alkalmazható
- kis belmagasságú, szűk helyeken is készülhet,
- bontást nem igényel, csupán falátfúrást,
- gyors, és biztonságos.

Ezen kívül az egyszerre fellazított talajzóna mérete nem jelentős, emiatt a süllyedések várható mértékben kevésbé jelentkeznek, mint más, korábbi módszerek alkalmazásánál.

A Jet-Grouting egy széles körben alkalmazott építési eljárás, amely nagy kinetikus energiájú folyadéksugarat alkalmaz a talaj felaprítására és kötőanyaggal való összekeverésére. Az esetek zömében a felaprítást végző folyadék maga a kötőanyag. Az eljárás alkalmazása során a helyszínen található talaj szerkezetét roncsoljuk szét és keverjük össze a injektáló anyaggal annak érdekében, hogy egy kedvező tulajdonságokkal bíró szerkezeti anyagot kapjunk.

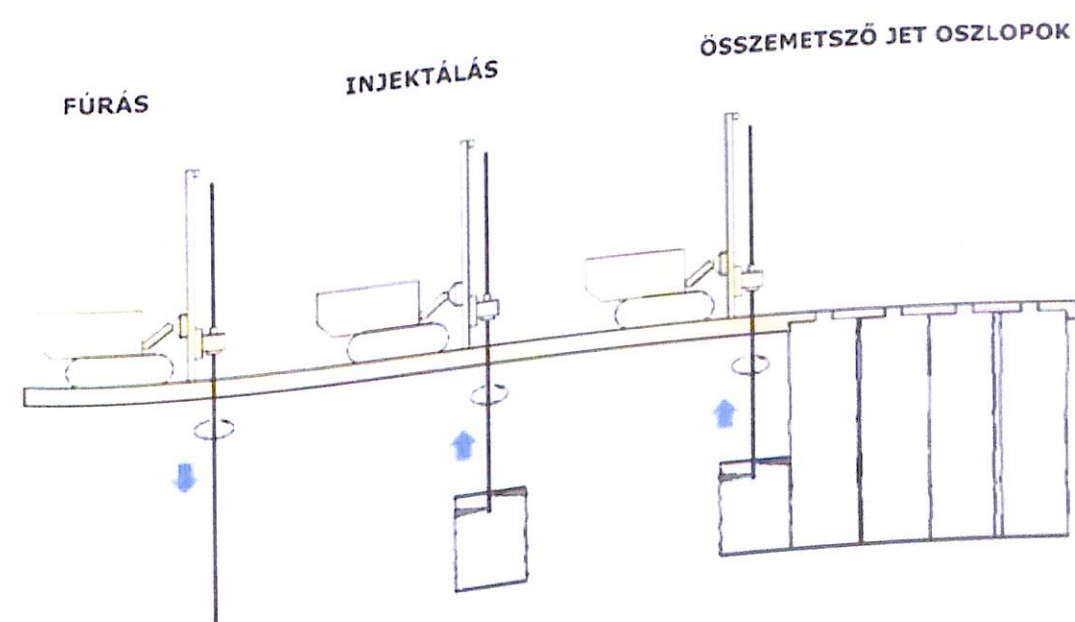
Az eljárást a japán Wataru Nakanichi által bevezett CCP (Chemical Churning Pile) alapötletből fejlesztették tovább. Európában először a párizsi Ettore Colla honosította meg, elsősorban neki köszönhető az eljárás elterjedése és a szükséges háttérpar kifejlesztése. Magyarországon az 1970-es évek végén kezdte meg alkalmazását a Hídépítő Vállalat. Manapság több cég alkalmazza ezt az eljárást az ország egész területén.

A jet grouting módszer alkalmazása során a talaj mechanikai tulajdonságainak módosítása érdekében szétroncsolják a talaj szerkezetét, majd kötőanyaggal keverik össze a szemcséket. Az eljárás egymást követő lépései a következők:

1. kis átmérőjű (100 – 200 mm) lyukat fúrunk a megkívánt mélységig;
2. a kötőanyagokat injektáljuk a talajban 400 – 500 bar nyomással a fúrórúdra szerelt „monitoron” található fúvókákon keresztül;
3. A fúrórudat lassan visszahúzzuk. A kihúzással egyidejű forgatással hengeres talajhabarcs oszlop keletkezik, míg forgatás nélkül jet paneleket hozhatunk létre.

A jetelés során biztosítani kell a fölösleges zagy szabad kiáramlását a fúrólyukból.

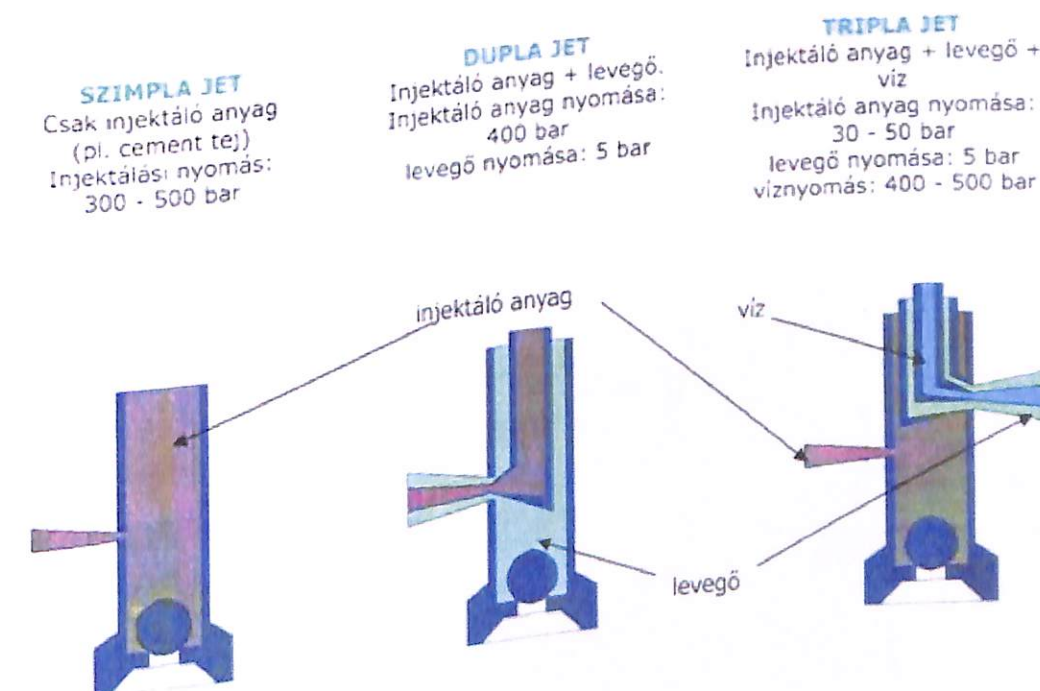
A Jet-Grouting végrehajtása



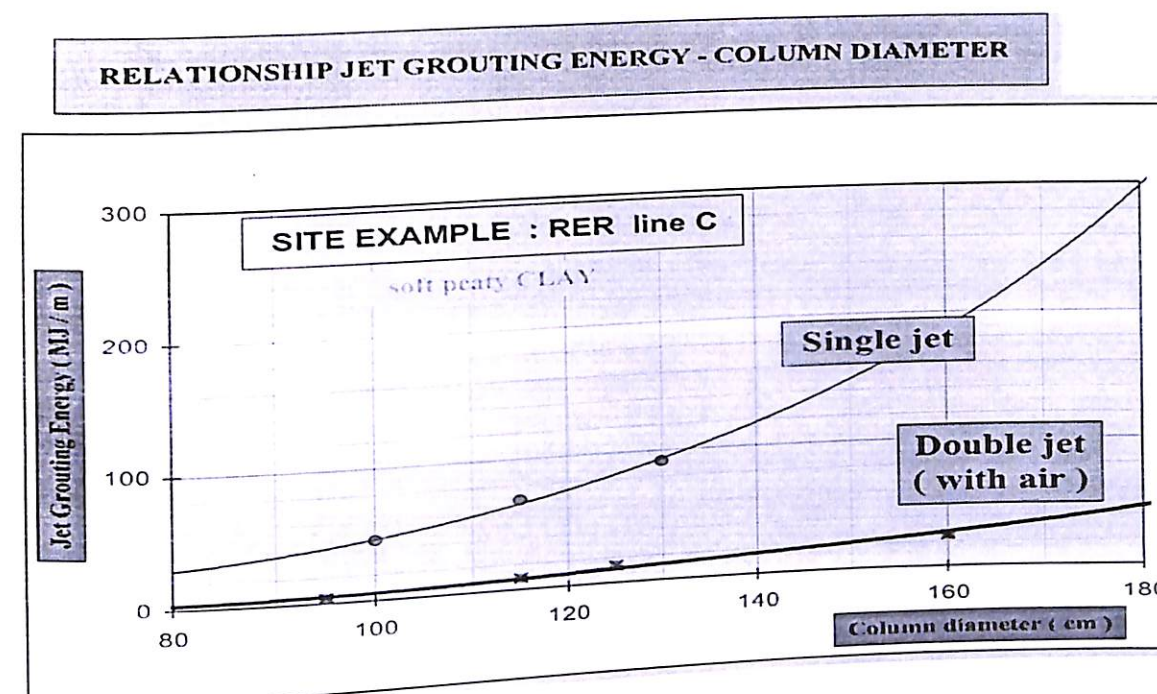
10.ábra

A jet oszlop alakja, mérete, összetétele és szilárdsága függ a helyszínen lévő talaj mechanikai tulajdonságaitól, ugyanígy az injektált kötőanyag típusától, és az injektálás módjától. Az alkalmazott injektálási nyomás, a fúvókák száma és lyukbőssége, valamint fúrószár visszahúzási sebessége határozzák meg azt az energia mennyiséget, amely a talaj felaprítására és kötőanyaggal való összekeverésére fordítódik.

A „szimpla”, „dupla” és „tripla” kifejezések az injektálás közvetítő közegével (injektáló anyag, levegő és víz) vannak kapcsolatban és nem a fúvókák, illetve a monitor számával. A szimpla jet eljárás esetében például gyakran két, átmérő mentén szembehelyezett fúvókákat alkalmaznak.



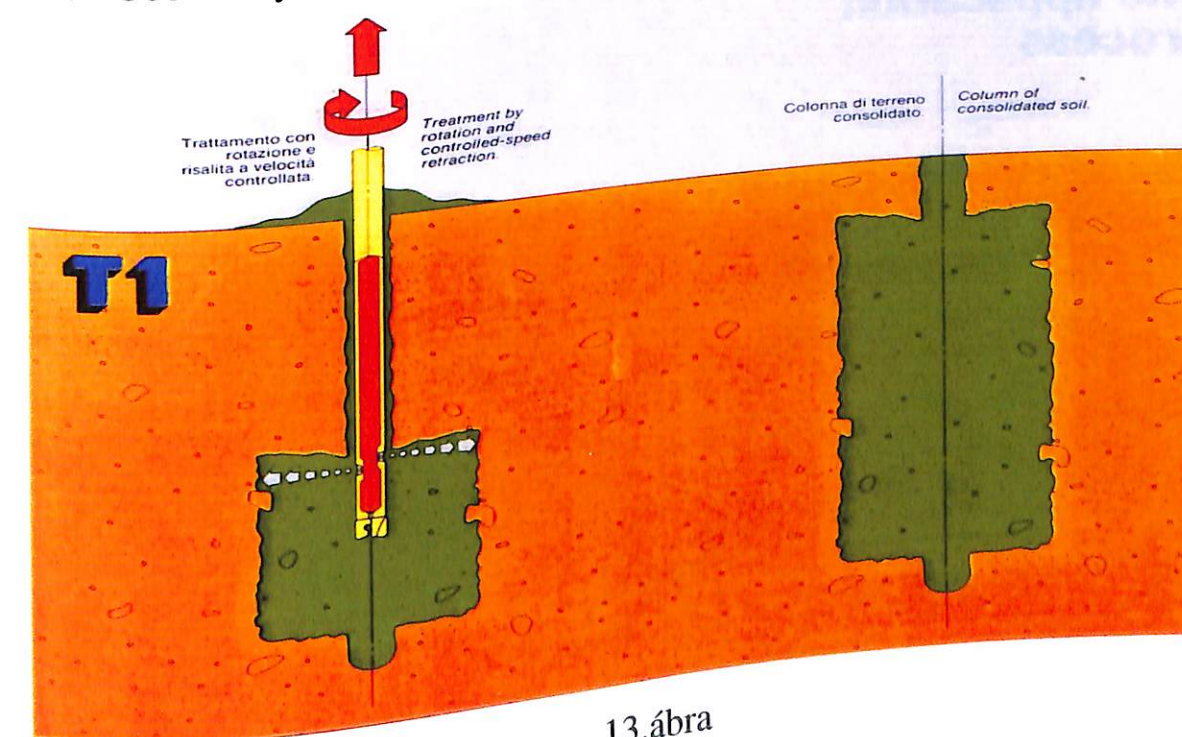
11.ábra



12.ábra

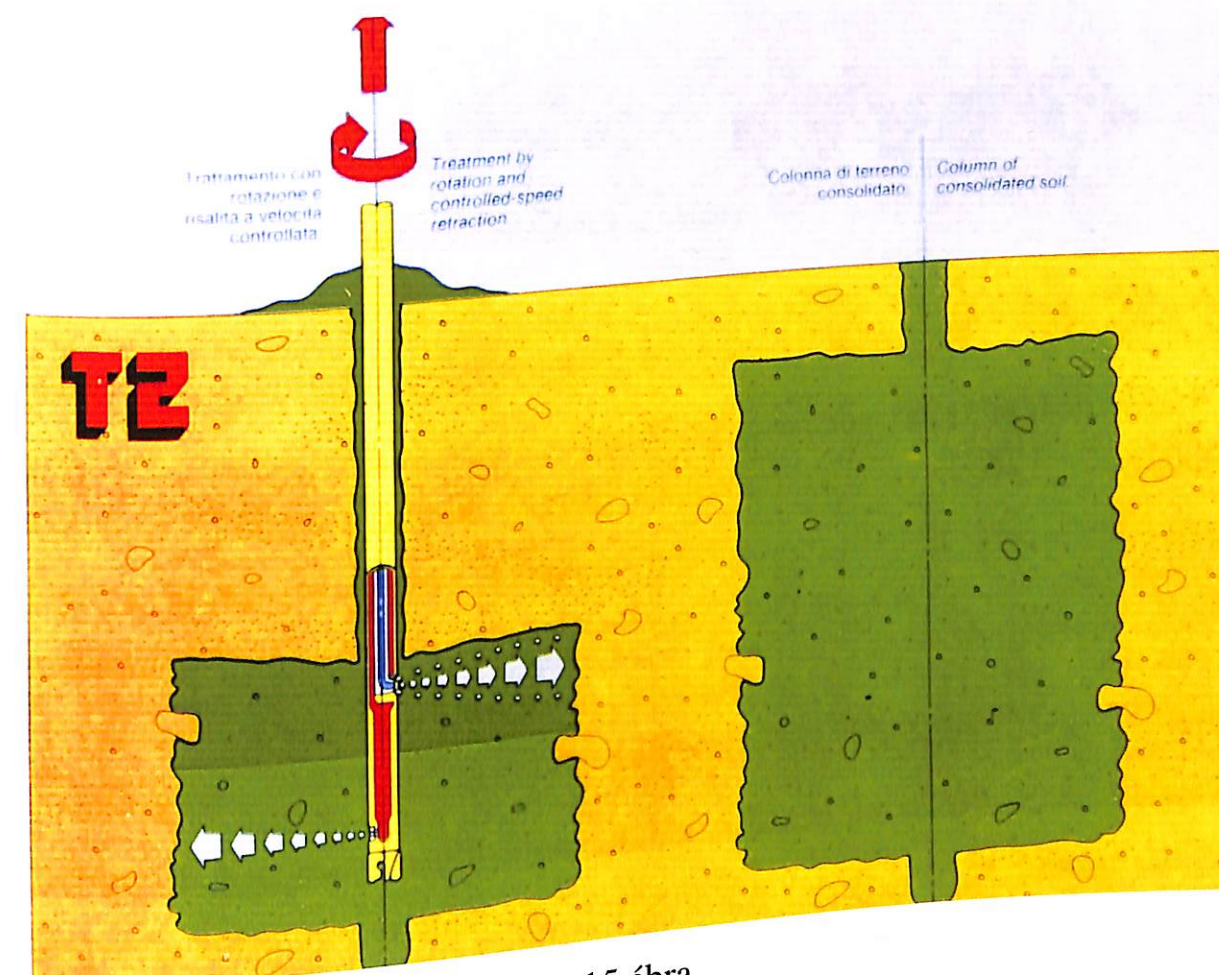
A Jet-Grouting típusai

Szimpla jet: Kötőanyagot (pl. cement : víz 1 : 1 arányú keverékét) injektálnak 300 – 500 bar nyomással a talajba.



13.ábra

Tripla jet: A talaj bontását, a levegőburokkal körbevett 400 – 500 bar nyomású vízsugár végzi. Az így felaprított talaj kötőanyaggal való összekeveréséhez már csak 30 – 50 bar nyomás szükséges. A levegő nyomása 5 bar.



15.ábra

Az eredeti szimpla jet eljárás továbbfejlesztésére duplára és triplára elsősorban az injektáló anyag nagyobb távolságra-mélységre való eljuttatása miatt volt szükség. Az eredmény a talaj típusától is függ, nevezetesen a szemcsenagyságtól, a halomsűrűségtől és a kohéziótól. A legnagyobb behatolási mélység egy adott energia befektetéssel a laza, szemcsés talajban érhető el.

A nagyon tömör szemcsés, vagy merev, kohéziós talaj esetében a jet grouting hatásfokát az úgynevezett elő-jeteléssel lehet növelni, mikor is a talaj szerkezetét előzetesen, ugyanolyan módon, mintha kötőanyagot injektálnak, megbontják egy nagy nyomású vízszaggal. A második lépésben már a kötőanyag injektálása következik, de csakúgy, mint a tripla jet esetében, kisebb nyomással.

A Jet – Grouting technológiai részletes leírása

Fúrás

Az építési területre szállított fúrógép letalpalása után beállítják a megfelelő irányt a furáshoz, melyet előzőleg geodéziai módszerekkel, igen nagy pontossággal meghatároztak.

A fúrócsővel, a fúvókatartóval, és a fúrófejjel folyamatosan forgatás közben behatolnak a talajba. A fúrócső 60 mm átmérőjű, a talajban képzett lyuk átmérője pedig 100 – 200 mm. Fúrás közben folyamatosan a soilcrete szuszpenzióból álló iszapáramlás, mely arra hivatott, hogy a fúrócső körüli területet szabadon tartsa a fúrófolyadék lefolyása érdekében.

A fúrás görgős, vagy késes fúrófejjel végzik, a talaj adottságainak függvényében. Homok, iszap, és agyag talaj esetén öblítéssel, míg kavicsos, köves talajnál ütvefúrással. Falazat, vagy beton átfúráshoz speciális fúrófejet alkalmaznak.

Talajlazítás

A kellő mélység elérése után a talajt nagynyomású folyadéksugárral lazítják fel. A felesleges víz – talaj – cement keverék fúrócső mellett jut a felszínre. Ezt a zagy keveréket a helyszínen készült gödörben, vagy egyéb tárolóban összegyűjtik, majd elszállítják.

Injektálás

A kötőanyag cementes alapanyagú, például 1:1 arányú víz és cement. A talaj erodálásával együtt 400 – 800 bar nyomással vezetik be a talajba, a szuszpenziót, a fúrórúdra szerelt monitoron található fúvókán keresztül. Az eljárástól függő turbulenciák segítségével közvetlenül a kívánt részben keverik az anyagot, ily módon forgástesteket, oszlopokat alakítva. Amikor forgatást nem végeznek, csak tengelyirányú mozgást, akkor injektált panelek kialakítására van mód.

Injektálás közben figyelemmel kell kísérni a visszaáramló cementes zagy mennyiségét, mert előfordulhat, hogy az injektáló berendezés fúvókái eltömődnek. Ez ahhoz vezethet, hogy nem kerül elég anyag a talajba, és ettől a minőségben romlás állhat be. A rudazatot az injektálás közben folyamatosan húzzák felfelé, mind magasabbra építve ezzel az oszlopot. A fúrószár forgatása és felhúzása azonos sebességgel kell, hogy történjen, csak így biztosítható a cementtejes elegy egyenletes eloszlása a talajban, mely kellően szilárd és teherbíró oszlop alapfeltételei.

Bővítés

Bármilyen alakú jet módszerrel készített test szabadon összeilleszthető más jet – testtel, akár szilárdulás előtt, akár szilárdulás után.

Ez a lehetőség nagy szabadságot kínál az egyes feladatok megoldásában, akár több fázisban történő munkavégzés esetén is.

Próbacölöp készítése

A végleges oszlopok elkészítése előtt próbacölöpök szokták készíteni.

Ennek az a célja, hogy az előzetesen kiszámított adatokat leellenőrizzék. Egy – két nappal elkészültük után fel kell tární a próba oszlopokat, és mintát kell venni a további szilárdsági laborvizsgálatokhoz. A végzett vizsgálatok alapján egy 60 átmérőjű jet oszlopok teherbírása minimum 2000 kN.

Alkalmazott gépek

Fúrásnál:

- SM 305 EC fúrógép
- EC 30 jelű Link – Belt típusú gép,
- CASAGRANDE C6 típusú fúró és injektáló berendezés

Keverésnél:

- GM 57konténeres keverőegység,
- GM 7 konténere keverőegység
- Soilsistem S-530-EC automata keverő gépház cementsilóval

Szivattyúzásnál:

- Geo Astra 4 T 250 nagynyomású injektáló szivattyú,
- Techniwell TW 351 nagynyomású injektáló szivattyú

Munkavédelem, környezetvédelem

Mivel a jet – grouting eljárás a kivitelezést végzőkre nézve több veszélyhelyzetet is magában hordoz, ezért mindenképpen foglalkozni kell a munkavédelmi előírások betartásával, betartatásával. Az 1993 évi XCIII. Munkavédelmi törvényben foglaltakon kívül szükséges betartani az alábbiakat speciálisan erre a technológiára vonatkoztatva:

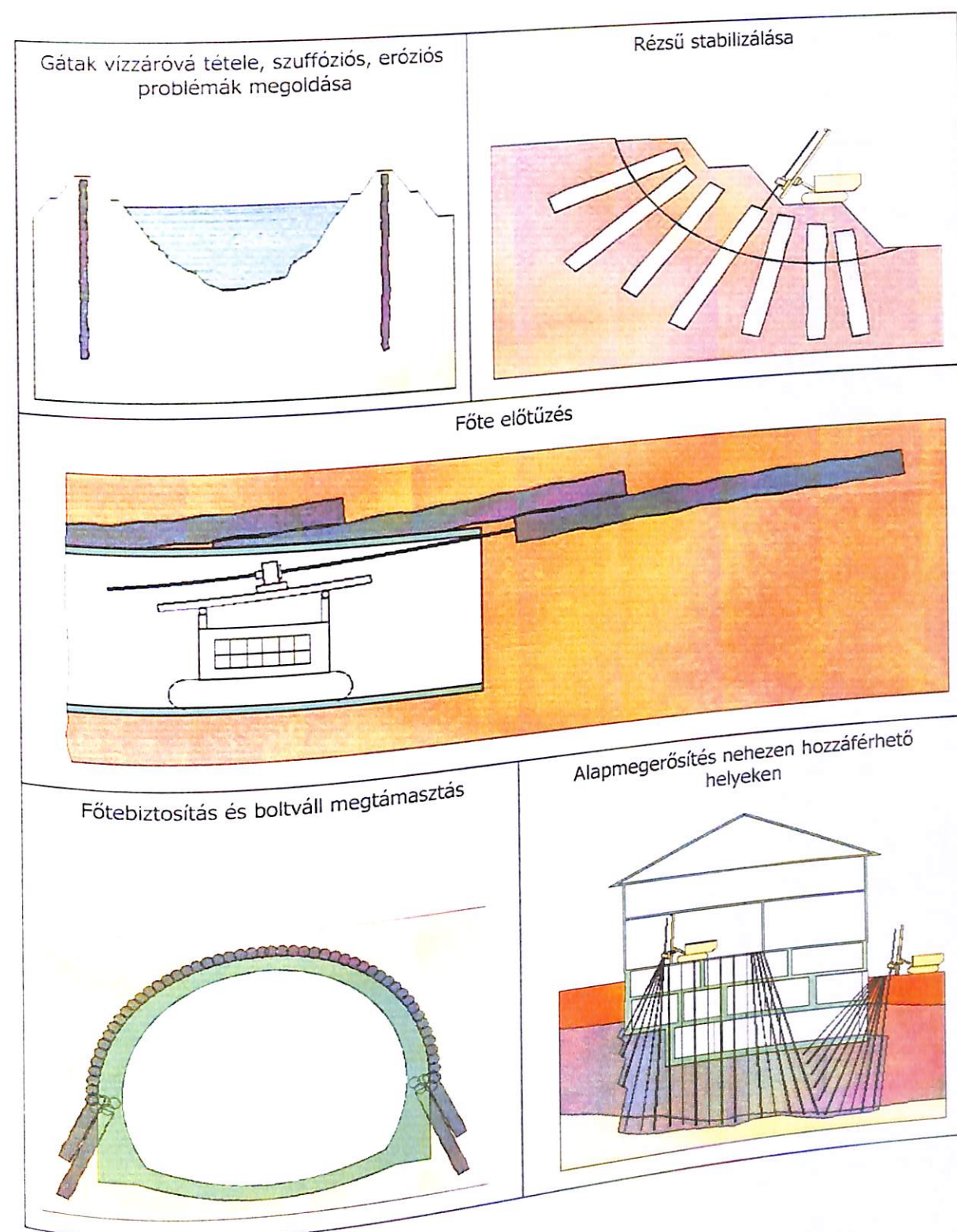
- a munka valamennyi fázisban kötelező a védősisak, és gumicsizma viselése,
- a gépek kezelését csak a megfelelő vizsgával rendelkező ember végezheti,
- az injektálás közben visszaáramló cementes zagy nagyon csúszós anyag, fontos a balesetek elkerülése végett ezt szem előtt tartani,
- a munkahelyen lévő utakat mindenféle szennyeződéstől tisztán kell tartani,
- a munkahelyen lévő utakat mindenféle szennyeződéstől tisztán kell tartani,
- ha a munka végzéséhez nem áll rendelkezésre elegendő természetes fény, biztosítani kell a mesterséges megvilágítást,
- a munkálatokat abban az esetben lehet megkezdeni, ha írásos nyilatkozatunk van arról, hogy a jeteles helyén nincsenek közművek, illetve régebbi épület darabok,
- a nagynyomású folyadékot szállító tömlők vezetésénél fontos szempont, hogy a sérülés lehetőségét teljesen el lehessen kerülni.
- A talaj víztartalmáról meg kell győződni, ugyanis a gépeket biztonságosan csak száraz, és egyenletes talajra szabad telepíteni.
- A jeteles során visszaáramló zagy elhelyezéséről (gödörben, konténerben) gondoskodni kell, majd a keletkezett zagyot a munkaterületről távozó gépjárművekről le kell takarítani,

- A szomszédos épületek tulajdonosait előzetesen tájékoztatni szükséges, a munkálatok megkezdéséről,
- A levegő és talajszennyezés, valamint a zajkeltés tekintetében törekedni kell arra, hogy a szabványban előírt értékek alatt maradjunk.

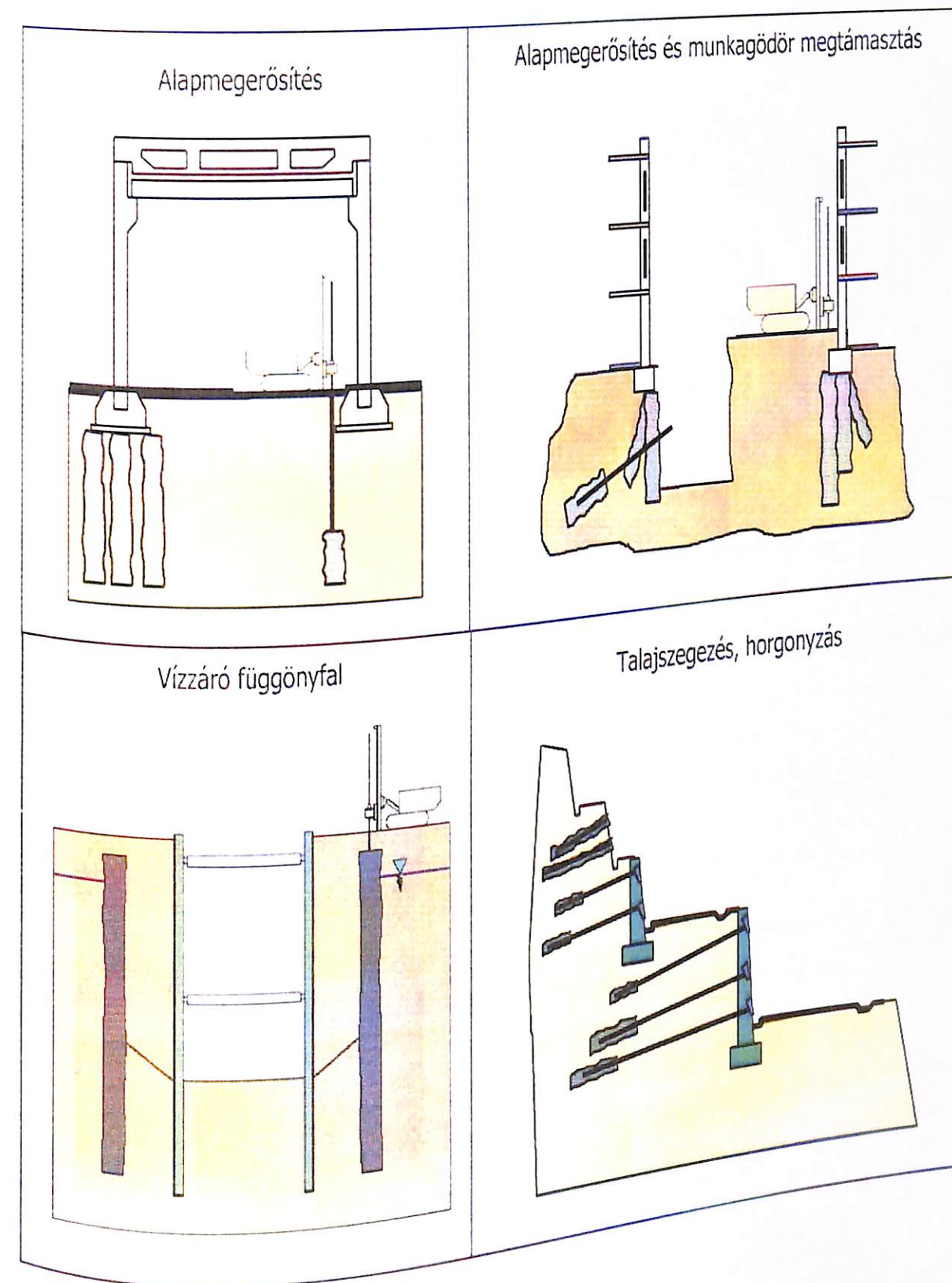
Az eljárás alkalmazási területei

A Jet Grouting a talajok, gyenge kőzetek, betöltött anyagok, deponált hulladékok szilárdsági, alakváltozási jellemzőinek javítására, áteresztő képességének csökkentésére szolgáló módszer. A Jet Grouting sikere kevésbé függ a kezelendő anyag jellemzőitől, mint a hagyományos injektálásoké. Sokszor alkalmazható alapozási, vagy munkagödör megtámasztó szerkezetek építésére olyan helyeken is, amelyekhez a szokásos, nagyméretű berendezésekkel nem lehet hozzáférni.

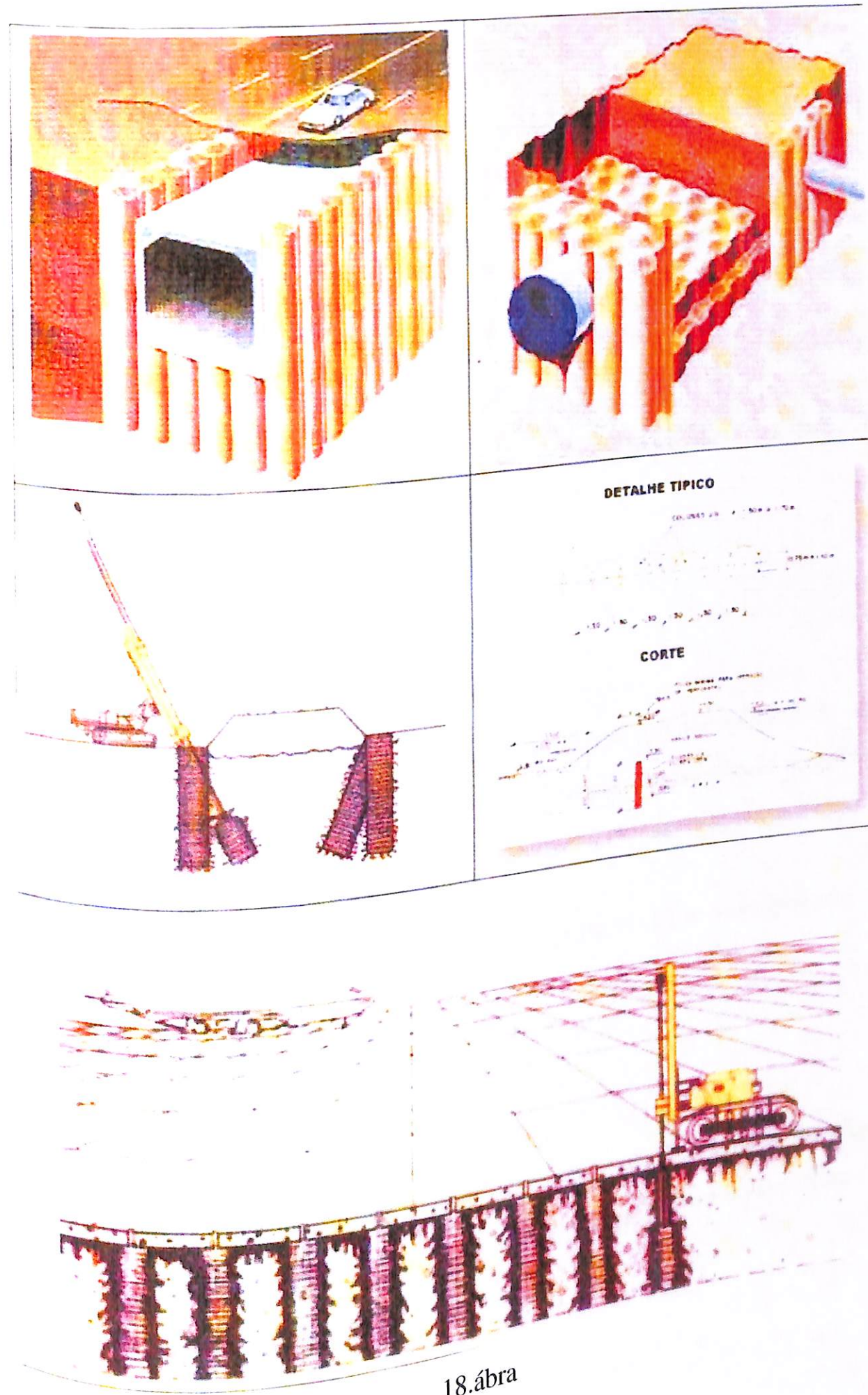
Az injektáló monitor forgatásával és egyidejű tengely irányú mozgatásával forgástesteket, oszlopokat alakítanak ki, míg a forgatás nélküli tengely irányú mozgatás eredményeként injektált panelek keletkeznek. Az eljárás sokoldalú alkalmazási területei az alábbiak: alapmegerősítés és munkagödör megtámasztás, vízzáró függönyfal, Talajszegezés, horgonyzás, gátak vízzáróvá tétele, szuffóziós, eróziós problémák megoldása, részű stabilizálása, főté elötűzés, főtébiztosítás és boltváll megtámasztás, alapmegerősítés nehezen hozzáférhető helyeken.



16.ábra



17.ábra



18. ábra

2.2.3. Talajerősítés geoműanyagokkal

Napjainkban forradalmasítja a földműépítést a különböző geokombinációk.

- geotextíliák,
- szalagok,
- georácsok,
- lemezek, membránok,
- matracok alkalmazása

Gazdaságos, költséghatékony megoldásaival ma az egyik leginkább alkalmazott felszíni stabilizációs technológia.

A. A geoműanyagok meghatározása:

Minden olyan műanyagot, mely kapcsolatba kerül a talaj felszínével, az altalajjal, a talajvízzel, mélyépítési ágyazati anyaggal, pályaszerkezet rétegével és valamilyen mélyépítési szerkezet (töltés, ágyazat, stb) szerves részét képezi, geoműanyagnak nevezzük.

Felhasználásukat hazánkban az MSZ ENV 965 Műszaki előírás szabályozza.

B. Geoműanyagok csoportosítása:

Geotextília: Vékony műanyag (PP,PE) vagy üvegszálból, vagy pászmából szövással, terítéssel, vagy tűnemezeléssel előállított, elsősorban elválasztásra és szűrésre használt műszaki textília.

2.2.3. Talajerősítés geoműanyagokkal

Napjainkban forradalmasítja a földműépítést a különböző geokombinációk.

- geotextíliák,
- szalagok,
- georácsok,
- lemezek, membránok,
- matracok alkalmazása

Gazdaságos, költséghatékony megoldásaival ma az egyik leginkább alkalmazott felszíni stabilizációs technológia.

A. A geoműanyagok meghatározása:

Minden olyan műanyagot, mely kapcsolatba kerül a talaj felszínével, az altalajjal, a talajvízzel, mélyépítési ágyazati anyaggal, pályaszerkezet rétegével és valamilyen mélyépítési szerkezet (töltés, ágyazat, stb) szerves részét képezi, geoműanyagnak nevezzük.

Felhasználásukat hazánkban az MSZ ENV 965 Műszaki előírás szabályozza.

B. Geoműanyagok csoportosítása:

Geotextília: Vékony műanyag (PP,PE) vagy üvegszálból, vagy pászmából szövással, terítéssel, vagy tűnemezeléssel előállított, elsősorban elválasztásra és szűrésre használt műszaki textília.

Geofóliák, geomembránok: Elsősorban szigetelésre használt rendszerint extrudálással előállított, vékony, sima vagy profil fólia, vagy lemez.

Geohálók: Kis geometriai méretekkel rendelkező, vékony bordájú, nem merev csomópontú, extrudálással előállított műanyag szerkezet.

Geopokrócok: Elsősorban füvesedés elősegítésére alkalmas természetes és műanyagot tartalmazó anyagok.

Georácsok: A geohálóhoz képest nagyobb geometriai méretekkel és szilárdsági tulajdonsággal rendelkező, különféle technológiával előállított, alapvetően erősítésre használt műanyag.

Geocellák: Vékony, extrudált műanyag lemezből hegesztési vagy tűzési eljárással készült, különböző magasságú, harmonikászerűen széthúzható, alapvetően erősítésre és erózió megakadályozására készült, műanyag cella tábla.

C. A geoműanyagok funkciói:

1. Szétválasztás (réteg elválasztás): geotextília, geofólia, geomembrán
2. Erősítés: geotextília, geoháló, georács, geocella, kombinált szerkezetek, kompozitok
3. Szűrés: geotextília
4. Drénezés: geotextília, kombinált szerkezetek, kompozitok
5. Szigetelés: geomembrán, geofólia
6. Felületvédelem: geohálók, geopokróc, geocellák, kombinált szerkezetek, kompozitok

D. Geokombinációk hatékonysága:

A Milánói Műszaki Egyetem egy 1:1 méretarányú próbaszakaszt épített a geoműanyagok viselkedésének és a töltés teherbírására kifejtett hatásának vizsgálatára. A próbaszakaszon különböző minőségű altalajokat építettek, melyek CBR értékei 1-8 % között mozogtak. A próbaszakaszt egy meghatározott terhelésű (1 ciklus 10 db 80 kN-os egységtengely-terhelésnek felel meg) tehergépjárművel járták meg.

A vizsgálat eredményei minden esetben megállapították, hogy beépített geoműanyag a süllyedéseket csökkentette. A talajerősítés hatását egy hatékonysági faktorról lehet kifejezni. A legjobb teherelosztó hatást a többbrétegű, PP alapanyagú, csomóponti szilárd georácsokkal érték el. Georácsokkal erősített pályaszerkezetek esetén akár kétszer akkora forgalom mehet a szerkezeten, amíg ugyanakkora süllyedések fellépnek, mint egy erősítetlen pályaszerkezet esetén, és a szerkezet élettartama is megnő.

2.2.4. *Hőkezelések*

A hőkezelések a talajok hidraulikai és mechanikai tulajdonságait is javítják, de viszonylag ritkán alkalmazzák.

Két lehetséges módja van:

- a talajégetés, elsősorban a szerves és a lösztalajok javítására használták, de környezetvédelmi okokból ma már háttérbe szorult;
- a talajfagyasztás viszont a városi munkatér-határolásoknál éppen környezetvédelmi okokból kerül újra előtérbe, mert csak ideiglenesen és kis mértékben változtatja meg a felszín alatti vizek mozgásait.

A hőkezelés hatása a talajok színváltozásával jól ellenőrizhető. A lösztalaj 200 C°-ig először világosabb színű, majd átmenetileg sötétszürkévé változik, 400 C° fölött – a vastartalom függvényében – gyengébb vagy erősebb vöröses színű lesz. Az agyagtalajok eleinte kb. 300 C°-ig elsötétednek, szürkés vagy barnás színűek. Nagyobb hőmérsékleten a bennük levő ásványi összetevők hatására és függvényében porcelánfehér, okkersárga, világosabb vagy sötétebb vörös színűek.

2.2.4.1. *Talajégetés*

A módszert korábban a volt Szovjetunióban kísérletezték ki tégláégetés kapcsán. Az eljárás során nő a talaj teherbíró képessége, csökken az összenyomhatósága mivel csökken a víz tartalom is. A talajt alkotó – összetevők tulajdonságai megváltoznak.

Az égetés a kezelendő talajtömegbe mélyített, (100-200 mm, béléscsővezetlen furatokon keresztül megy végbe.

A furatok felső végét a terepszinten hermetikusan lezárják, majd az elzárószervezen keresztül nyomják be a furatba a megfelelő hőmérsékletre hevített gázt. A forró gáz a furatfalán és a talaj pórusrendszerén keresztül távozik, miközben hőjét környezetének adja át. Így a hő konvekciós úton terjed, aminek következtében a hevítés folyamata meggyorsul, és nagyobb területre terjed ki; az eljárás hatékonysága nő. Ehhez azonban szükséges, hogy a forró gáz a furatban megfelelő túlnyomáson legyen és hogy a talaj gázátbocsátó képessége a konvekciós gázáramlást lehetővé tegye. Ellenkező esetben külön gondoskodni kell a gázoknak vagy égéstermékeknek a furatból való eltávolításáról.

Az égetéssel szilárdított talajtömeg sugárirányban nem homogén., hanem több zónára oszlik. A belső mag a furat közvetlen közelében – lyukacsos szerkezetű, erősen kiégett, közetszerű tömeg; a középső zóna, amelyen egyszerű szemlélettel szerkezeti változás nem látható, csak színét változtatta meg, de a célnak megfelelő mechanikai sajátságai vannak, és a tulajdonképpeni teherviselő elemet alkotja; végül a külső zóna, amely csak reverzibilis változásokat szenvedett, legtöbb esetben egyszerűen csak kiszáradt, s ezért a számításokban nem is vehető figyelembe. Az égetéssel elérhető hatósugár (középső zóna) 0,8-1,5 m között változik. A külső zóna általában az előbbi vastagságnak 40-50 %-ára terjed, a fűtőanyag-mennyiség és az égetési idő méretezésekor mint veszteséget kell figyelembe venni. A kiégett talajtömeg alakja a függőleges metszetben elméletileg körhenger, a gyakorlatban azonban inkább lefelé keskenyedő alakzatú.

Az égetéssel való talajszilárdításoknak technológiai szempontból számos fajtája alakult ki. Ma már ritkán használatos szilárd tüzelőanyag, a leggyakrabban gázolaj befecskendezésével és elégetésével állítják elő a szükséges hőmérsékletet. Az eljárás során nő a talaj teherbíró képessége, csökken az

összenyomhatósága és a víztartalma. A talajt alkotó összetevők tulajdonságai kedvezően megváltoznak.

2.2.4.2 Talajfagyasztás

A fagyasztás a ritkán alkalmazott módszerekhez tartozik. A talaj megfagyasztása csak időlegesen, a fagyasztás idején ad védelmet.

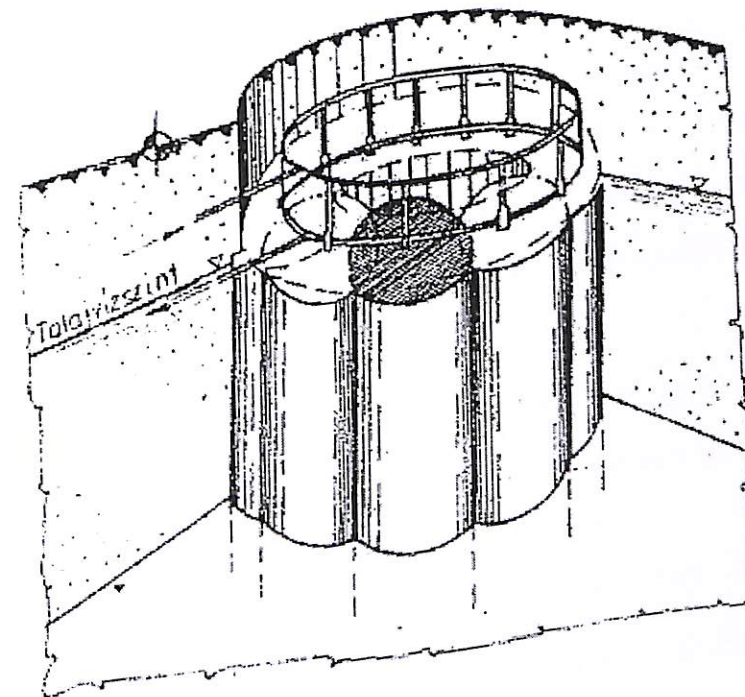
A mesterséges talajfagyasztás művelete nem alapozási módszer, csak segéd eljárás alapozások kivitelezéséhez, és különösen kedvezőtlen talajviszonyok között végzett építési munkákhoz. Alkalmazási területei a következők:

1. nagy mélységben különösen kedvezőtlen hidrogeológiai viszonyok között végzett alapozás, műtárgyépítés esetén
2. kedvezőtlen hidrogeológiai körülményeket jelentő talajrétegek harántolása alagútépítési, aknamélyítési, bányászati tevékenység során.

A talajfagyasztás költséges és hosszadalmas művelet. Speciális felszerelést és anyagokat igényel. Alkalmazására általában akkor kerül sor, amikor az adott építési feladat egyéb módszerekkel már nem oldható meg. A hagyományos talajfagyasztási eljárások idő- és energiaigényes volta miatt a módszert egyre kevesebbszer alkalmazzák.

Új helyzetet teremtett a folyékony nitrogén eljárás bevezetése, amely a hagyományos módszerek nehézségeit kiküszöbölve új lehetőséget teremtett a talajfagyasztás alkalmazásához.

A mesterséges talajfagyasztás többféle módszerrel végezhető. A módszer megválasztása a szükséges fagyasztási teljesítménytől, a fagyasztott talaj térfogatától, továbbá a munkahelyi körülményektől, a felszerelések beszerezhetőségétől függ.



19.ábra

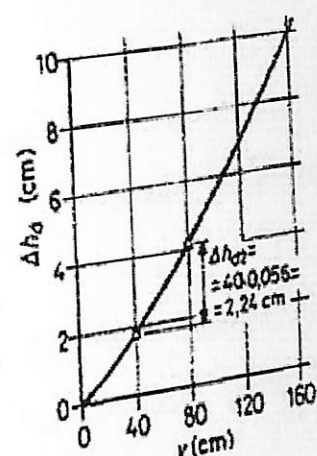
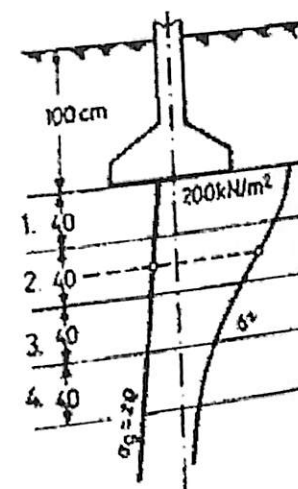
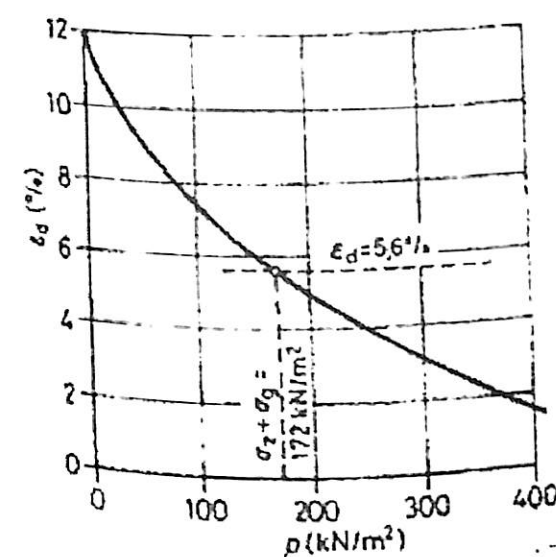
2.2.5. Talajcsere

A talajcsere is a talajadottságok javítását jelenti, bár abban különbözik az előbbiektől, hogy nem az adott talaj javításáról van szó, hanem jobbal való kicseréléséről. Ugyanakkor sok esetben nem lehet elválasztani a talajjavító módszerektől.

Lehetséges módjai:

- a részleges talajcsere, a kedvezőtlen talajréteg akkor hányadának kikotrása és cseréje, mellyel már elfogadható talajviszonyok teremthetők,
- teljes talajcsere, melynek során a kedvezőtlen talajt kotrással (esetleg robbantással is segített kiszorítással) teljes vastagságban kicserélik és az úgy szállítanak a helyére,
- kavicsoszlopoknak pl. mélyvibrációval történő létrehozása, mely bizonyos oszlopsűrűség mellett már talajcserével ér fel.
- idegen anyag (pl. geotextília)

A cseretalaj anyagának, a módszernek a megválasztása az adottságok és a gondosságosság mérlegelése alapján történhet.



Összefüggés a cseretalaj vastagsága és a várható emelkedés esőkenése között

20. ábra

A cseretalajnál mindenképp eleget kell tenni annak az elvárásnak, hogy ne legyen térfogatváltozásra hajlamos, valamint ne könnyítse meg az alatta levő talaj vízfelvételt.

Fontos, hogy a csereanyag jól és gazdaságosan tömöríthető legyen. A vastagság kiválasztásánál alapvető szempont, hogy ezzel a süllyedés nagysága csökkenjen, az alsó talajrétegre csak a megengedett feszültség jusson, és a talajcsere alsó síkja lehetőleg az építési vízszint felett legyen.

A talajcsere leginkább akkor hatékony, ha sáv, illetve szalagalap esetében alkalmazzuk.

Minden esetben szükséges az utólagos tömörítést Trg 90-95 % -ra elkészíteni, vibrohengerrel, vibrolappal.

2.2.6. Víztelenítések

A víztelenítéseket csak újabban sorolják talajjavításokhoz.

Céljuk egyaránt lehet a hidraulikai viszonyok és a mechanikai jellemzők javítása.

Kompresszibilis, kisáteresztőképességű talajok esetén függőleges drénezéssel a vízmozgás meggyorsítható. Ennek következtében a konszolidáció hamarabb lejátszódik.

Dolgozatomban nem térek ki e technológia tárgyalására, annak szerteágazó és sokszerű volta miatt.

3. Alkalmazási területek

A dolgozatom első részében rendszereztem és röviden jellemeztem a leggyakrabban alkalmazott korszerű talajjavítási technológiákat.

A továbbiakban a különböző eljárások alkalmazási körét tekintem át.

A talajjavítást, taljerősítést igénylő feladatok esetében rendszerint több, különböző eljárás is kínálkozik. Közülük a legmegfelelőbb kiválasztása számos tényezőtől függ.

Ilyen főbb tényezők az alábbiak:

- a javítandó talaj fajtája
- a javítás célja, annak igényelt mértéke és mennyisége
- az egyes módszerek által elérhető eredmények mértéke
- a javítandó terület kiterjedése
- a helyszín elhelyezkedése megközelíthetősége stb.

Ezen tényezők figyelembe vételével, összehasonlítások, értékelések, mérlegelések után lehet a javítandó talaj folyását, a javítás célját tekintve a leghatékonyabb technológiát kiválasztani, megadni.

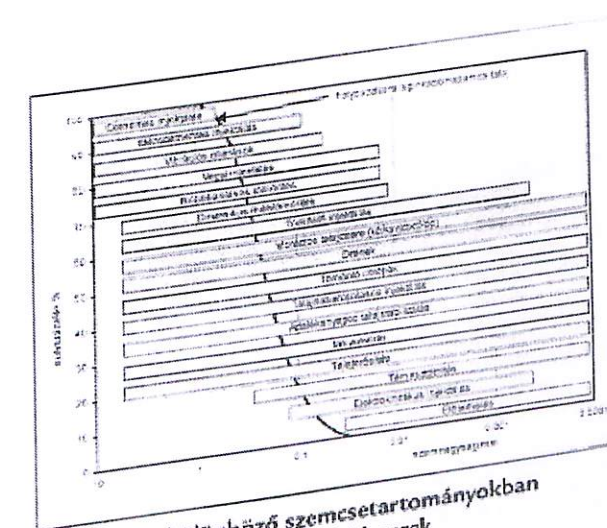
3.1. A javítandó talaj, fajtája – alkalmazási technológiák

Az alábbiakban összefoglalva megadom, hogy a különböző talajjavítási módszerek milyen kezelendő talaj(ok) esetén alkalmazhatók a legcélravezetőbben.

Módszer	Talajtípus
Hengerlés	• bármilyen talaj
Döngölés	• finom homok és kövér agyag kivételével bármilyen talaj
Vibrálás	• szemcsés talajok
Felszíni adalékanyagok talajstabilizációk	• cementtel: homok, agyagos homok • mésszel: agyag, agyagos homok • bitumennel: szemcsés talaj
Soil – Cons eljárás	• puha, szerves, tőzeges területek • laza feltöltések, szemét lerakók
Dinamikus mélytömörítés	• telített homok, iszapos homok
Robbantásos mélytömörítés	• telített homok, iszapos homok • lösz
Vibro – kompaktáló eljárás	• laza homok, kavics; mesterséges feltöltések
Vibro – kavicscölöp eljárás	• 5 – 10% - ot meghaladó kötöttanyag – tartalmú talajok; • építési hulladékból készült durva szemcséjű feltöltésű • salak, meddő
Tömörítő injektálás	• bármely összenyomható talaj
Hézagkitöltő injektálás	• homok és durvább szemcsés anyagok

Talajrepesztő eljárás (Uretek)	• durva kavics és kemény agyag kivételével bármely talaj
Talajhabarcsosítás (jet – grouting)	• kövér agyag talaj kivételével bármely talaj
Geoműanyagok	• puha, átázott, laza – talajok • tőzeg
Talajégetés	• lösz
Talajfagyasztás (ideiglenes)	• homok, kavics
Vibrációs talajcsere (kő-/kavicscölöpök)	• puha agyag, iszap, agyagos, iszapos homok
Talajcsere	• minden talaj esetében
Kavicsdrének	• homok, iszapos homok
Függőleges drének	• összenyomható talajok, • agyagos homok
Elárasztás	• roskadékony talajok (lössz, törmelék)

2.táblázat



A különböző szennyezett területekben alkalmazható talajjavítási módszerek

21.ábra

3.2 A talajjavítás célja – alkalmazott javítási módszerek

A talajjavítás célja döntően befolyásolja az alkalmazandó technológiát(kat). Így ebben a fejezetben az elérendő feladathoz hozzárendelem a szóba jöhető kezelési módszereket.

Térfogatváltozó talajok tulajdonságainak javítása

Módszerek:- Talajégetés

- Talajcsere
- Víz távoltartás
- Mész injektálás
- Cement injektálás
- Vízüveg injektálás
- Bitumen injektálás
- Gázos eljárás
- Jet Grouting
- Talajszilárdítás elektromos árammal
- Mélytömörítő eljárások
- Alagcsővezéssel történő talajjavítás

Roskadásra hajlamos talajok tulajdonságainak javítása

Módszerek: - Döngölés

- Vibrálás
- Robbantásos mélytömörítés
- Soil Cons
- Cement injektálás
- Mész-salak injektálás

- Vízüveg injektálás
- Bitumen injektálás
- Talajégetés
- (Elárasztás)
- (Robbantással kombinált elárasztás)

Szerves talajok, tőzeg tulajdonságainak javítása

- Módszerek: - Statikus előterhelés
- Jet-Grouting
 - Talajcsere
 - (Drénezés)

Meglévő feltöltések javítása

- Módszerek: - Felszín tömörítés
- Mélytömörítés
 - Vibrálás
 - Kavicscölöpözés
 - Robbantás

Talajmozgások mérséklése

- Módszerek: - Vibrotömörítések
- Dinamikus mélytömörítés
 - Hézagkitöltő injektálás
 - Talajhabarcsosítás Jet – Grouting)
 - Tömörítő injektálás
 - Kavics (kő) cölöpök

Konszolidációs süllyedés mérséklése

Módszerek: - Előterhelés

- Talajhabarcsosítások (Jet-Grouting)
- Tömörítő injektálás
- Kavics (kő) cölöpök
- Elektroozmózis

Konszolidációs süllyedés gyorsítása

Módszerek: - Előterhelés

- Mélytömörítés
- Függőleges drénezés
- Függőleges drénezés+előterhelés

Talaj ellenállóságának növelése töréssel szemben

Módszerek: - Tömörítő injektálás

- Hézagkitöltő injektálás (Uretec)
- Talajhabarcsosítás (Jet-Grouting)

Talaj állékonyságának növelése folyósodással szemben

Módszerek: - Vibrotömörítések

- Kavics (kő) cölöpök
- Dinamikus mélytömörítés
- Robbantásos tömörítés
- Talajhabarcsosítás
- Tömörítő injektálás

Süllyedés miatt károsodott létesítmények megerősítése

- Módszerek: - Tömörítő injektálás
- Hézagkitöltő injektálás
- Talajhabarcsosítás (Jet – Grouting)

4. Talajjavítás tervezési szempontjai

A talajjavítás tervezésében elsősorban ismerni kell az alábbi főbb felszín alatti körülményeket:

- talajadottságok,
- talajrétegződés,
- talajfizikai jellemzők,
- szilárdsági, alakváltozási tulajdonságok,
- talajvízviszonyok, stb.

- a helyszín jellemző adatait
 - beépítettség,
 - méret

- a felületen esetleg várható természeti erők hatását
 - földrengés,
 - árvíz,
 - szélterhek.

- a megvédendő új vagy meglévő létesítmények adatait
 - statikus, dinamikus terhek,
 - megengedett süllyedések (teljes süllyedések, ill. süllyedés különbségre vonatkozó korlátok)

Fentiek alapján a tervezéskor a megfelelő talajjavítási módszer(ek) kiválasztásánál, valamint a kezelendő altalaj zóna nagyságának és mélységének meghatározásánál, a következő szempontokat kell figyelembe venni, illetve kérdésekre választ adni

- Milyen típusú a javítandó talaj?
- Milyen módszerek alkalmasak a javításra?
- Milyen vastag a kezelendő réteg és milyen mélyen fekszik?
- Mekkora vízszintes értelemben a javítandó réteg kiterjedése?
- Egy réteg vagy több, különböző tulajdonsággal rendelkező réteget kell javítani?

A tervezés során szem előtt kell tartani a kivitelezési lehetőségeket, követelményeket is, melyek eleve behatárolhatják a lehetséges a talajjavítási módszerek körét. A kérdésekre adott válaszok ismeretében a talajjavítás tervezése az alábbi lépésekkel folytatódhat:

- A lehetséges módszerek kiválasztása
- A tervezési koncepció kialakítása
- Előtervek készítése, azok összehasonlítása, értékelése, a legelőnyösebb módszer kiválasztása, a műszaki - gazdasági elemzések segítségével
- Végleges terv kidolgozása
- Lehetőségek szerint terepi kísérletek végzése
- Műszaki előírások és minőség ellenőrzési tervek készítése

Végezetül az elkészült talajjavítások eredményességét helyszíni, in- situ vizsgálatokkal igazolni kell.

5. Összefoglalás

Szakdolgozatommal az volt a célom, hogy jelenleg a gyakorlatban alkalmazott talajjavítási technológiákat összefoglaljam, rendszerezem.

Továbbá különböző eljárások alkalmazási körét lehatároljam talaj fajtánként és a javítás célja szempontjából.

A módszerek megismeréséhez átnéztem több vonatkozó szakkönyvet, cikket. Személyesen felvettem a kapcsolatot a korszerű technológiákat kifejlesztő ill. alkalmazó cégek képviselőivel is.

Úgy érzem, hogy témámban ez által mélyebb tudásra tudtam szert tenni nem csak elméleti, hanem gyakorlati téren is.

Irodalomjegyzék

Bartos S.- Králik B.: Mélyépítés II. (Földművek)
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998.

Bartos S.- Králik B.: Mélyépítés II. (földmunkánk)
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1998

Bartos S.- Králik B.: Mélyépítés III. (Alapozás)
Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1990

Farkas J.- Alapozás
Műegyetemi Kiadó, Bp.2000

Greschik Gy.: Mechanikai és vegyi talajszilárdítási eljárások
Építésügyi Tájékoztatási Központ Információs Osztály, 1976

Rétháti L.: Alapozás kedvezőtlen talajokon
Akadémiai Kiadó, Budapest 1995

Rózsa L.: Az alapozás kézikönyve
Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971

Szepesházi R.: Geotechnika (főiskolai jegyzet)
SZIF – UNIVERSITAS Kft. Győr, 2001

Jet-Grouting minőségellenőrzésének főbb szempontjai
HBM Mélyalapozó Kft (Kézirat)

Kálmán E.- Lencse Z.: Jet-Grouting technológia
Budapesti Műszaki és gazdasági Egyetem (Kézirat)

Keller katalógus
Keller Grundbau Mélyépítő Kft., Budapest

Jethabarcosítás
Magyar Szabvány MSZ EN 12716

Soil-Cons katalógus
Mátyás Mérnöki Iroda, Veresegyház

Talajjavítás mélytömörítő vibrátorral
Mélyépítés 5.évf.20.szám 2007 július-szeptember

Tensar katalógus
Gradex Mérnöki és Szolgáltató Kft., Budapest

Uretek katalógus
Csillagtér Építőipari Kft., Budapest

Ábrajegyzék és táblázatjegyzék

1. ábra: Soil – Cons feszültség-hagymák
2. ábra: Felszíni tömörítés 2 – 4 m
3. ábra: Mélytömörítés vibrosajtolással 4 – 6 m
4. ábra: Mélytömörítés előmarkolással 6 – 8 m
5. ábra: Kulétestbe ágyazott pontalap
6. ábra: Kavicscölöp
7. ábra: Mélytömörítés eljárások alkalmazási területei
8. ábra: Injektáló eljárások alkalmazásának korlátai
9. ábra: Jet – Grouting
10. ábra: Jet – Grouting végrehajtása
11. ábra: Jet – Grouting fajtái
12. ábra: Jet – Grouting kinetikus energiaszükséglet
13. ábra: Szimpla jet
14. ábra: Dupla jet
15. ábra: Tripla jet
16. ábra: Alkalmazási területei
17. ábra: Alkalmazási területei
18. ábra: Alkalmazási területei
19. ábra: Talajfagyasztás végrehajtása
20. ábra: Összefüggés a cseretalaj vastagsága és a várható emelkedés csökkenése között
20. ábra: Talajjavítás mérlegelésének szempontjai, lépései
21. ábra: A különböző szemcsetartományokban alkalmazható talajjavítási módszerek

1. táblázat: Tömörítő eszközök
2. táblázat: A javítandó talaj fajtái – alkalmazási technológiák

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani:

- ◇ Prof. Dr. Telekes Gábor tanszékvezető úr és Keszezné Say Emma főiskolai adjunktus úrhölgy belső konzulenseknek, a szakdolgozati témajavaslatért, a szakdolgozatom lelkiismeretes nyomon követéséért, a szakdolgozat elkészítésében nyújtott segítségért és a szakmai tanácsokért.
- ◇ Az általam felkeresett cégek munkatársainak az informatív segítségnyújtásért.
- ◇ És mindazoknak akik szakdolgozatom elkészülésében végig támogattak segítségükkel, türelmükkel és bátorításukkal.

Budapest, 2008. június