

Talajjavítás I.

Régi gondolkodásmód

A geotechnikai szerkezet megválasztásakor, méretezésekor **alkalmazkodunk a talajviszonyokhoz**, legyenek azok bármennyire is kedvezőtlenek.

Új megközelítés

Alkalmas technológiával **megjavítjuk a talajviszonyokat**, s a javított talajkörnyezetre tervezzük meg a geotechnikai szerkezeteket.

Optimalizálási szempontok

műszaki alkalmasság

gazdaságosság

kivitelezhetőség

környezetkímélés

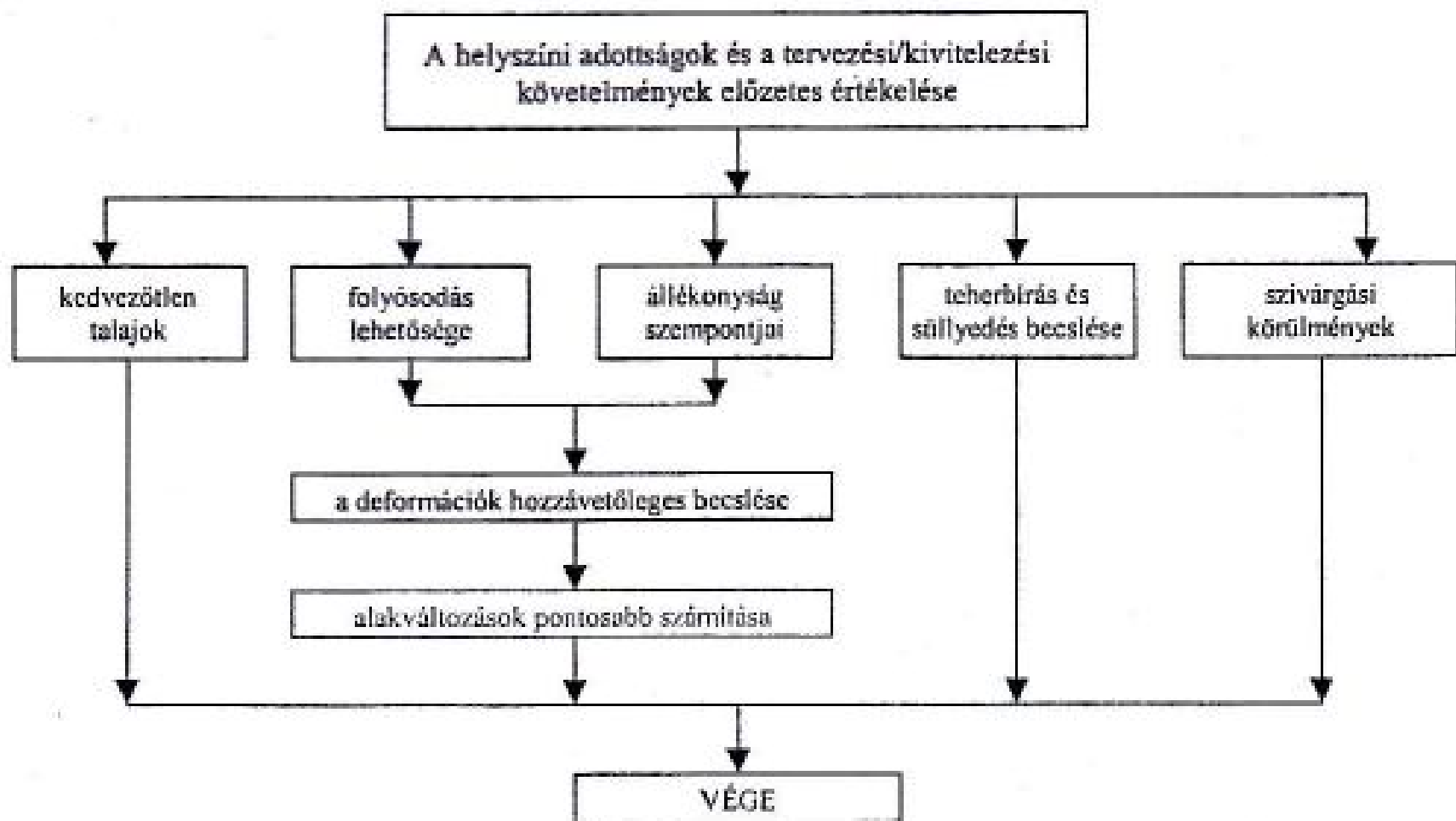
- MSZ EN 12715:2001 Injektálás.
- MSZ EN 12716:2001 Jethabarcosítás.
- EN 14490:2007 Talajszegezés.
- MSZ EN 14475:2007 Töltéserősítés.
- MSZ EN 14679:2005 Mélykeverés.
- MSZ EN 14731:2005 Mélyvibrálás.
- EN 15237:2007 Függőleges drénezés.

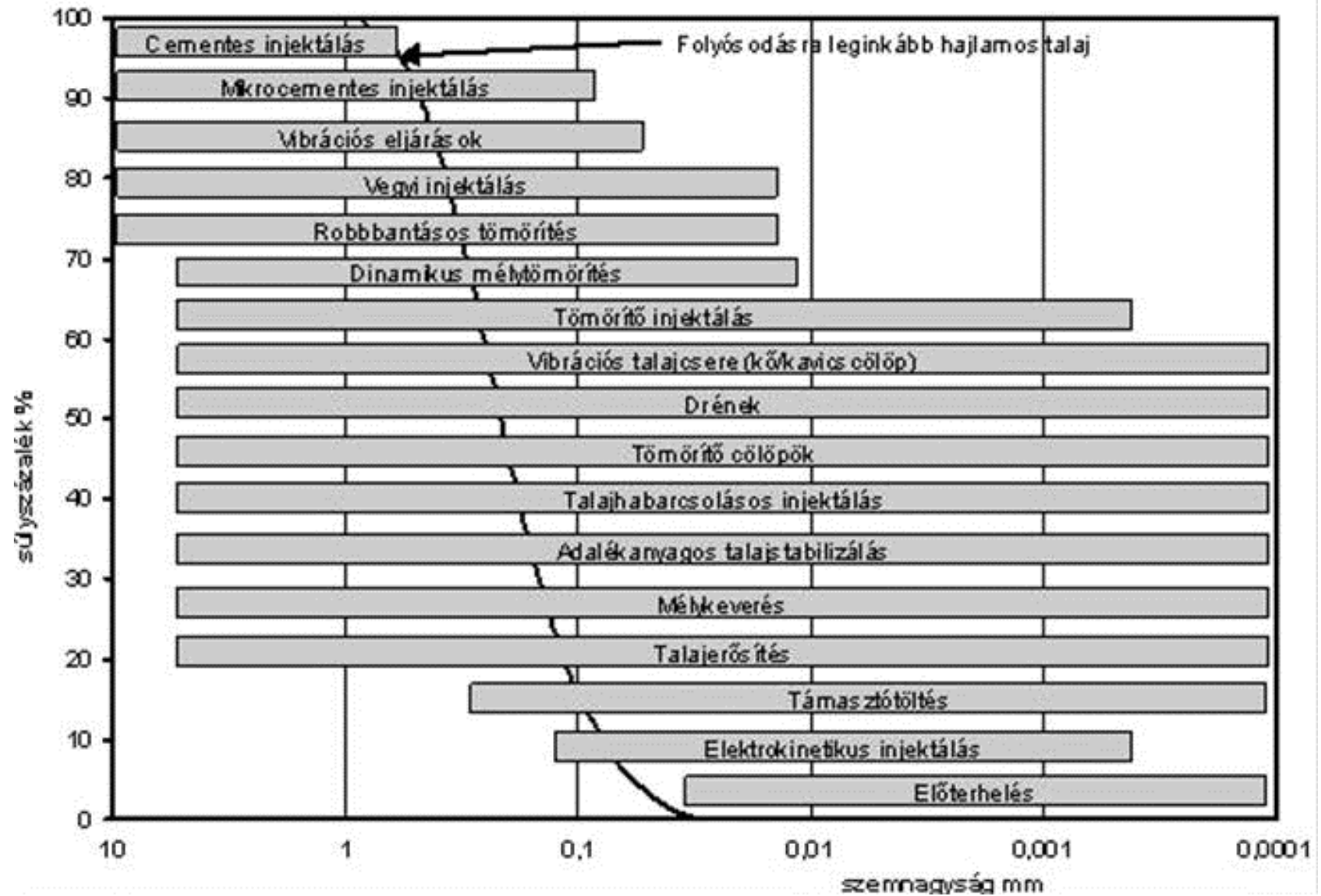
A talajjavítás **célja** alapvetően kétféle lehet:

- a mechanikai tulajdonságok, a szilárdság és a merevség javítása a talajtörési állapotok elkerülése és a deformációk csökkentése céljából,
- a geohidraulikai adottságok, a szivárgási tényező és a szivárgás peremfeltételeinek módosítása a vízmozgások gyorsítása, szabályozása és megakadályozása céljából.

A talajfajtát, a talajtulajdonságokat tekintve elsősorban a következők gyakoriak:

- a szemcsés talajok közül a laza homokok és a friss, részben vagy egészben mesterséges feltöltések mechanikai tulajdonságainak javítása és vízzáróságának elérése,
- a kötött talajok köréből a tőzegek, a puha szerves agyagok, természetes vagy mesterséges iszapos üledékek, kis áteresztőképességű kővér agyagok mechanikai tulajdonságainak javítása és vízvezető képességének növelése.





A talajjavítási eljárások rendszerezése			
hatás- mechanizmus	módszer	talajfajta	
		szemcsés talaj	kötött talaj
mechanikai hatás	statikus előterhelés	előterhelő töltés	többlettöltés
	döngölés	dinamikus konszolidáció	dinamikus talajcsere
	mélyvibráció	mélyvibrációs tömörítés	vibrált kőoszlop
	robbantás	<i>robbantásos tömörítés</i>	
kötőanyag- bevitel	injektálás	átítatásos injektálás	tömörítő injektálás
	jethabarcosítás	cementált talajoszlop	cementált talajoszlop
	mélykeverés	cementált talajtömb	meszes kötésű talajtömb
betétes erősítés	geoműanyagos erősítés	töltéserősítés	töltésalapozás
	acélelemes erősítés	erősített talajtámfal	szegezett fal
szivárgás- szabályozás	drénezés	vízszintes furatok	szalagdrénezés
	talajvízszint-süllyesztés	szűrőkutak, szivárgók	vákuumkutak, szivárgók
	vízki zárás	fagyasztás, <i>légnymás</i>	

Megjegyzés: a dőlt betűs módszerek alkalmazása ritka, a továbbiakban nem is tárgyaljuk.

A javítás célja	A javítás módszere		
<ul style="list-style-type: none"> Talajmozgások mérséklése Folyósodással szembeni állékonyság növelése 	<ul style="list-style-type: none"> Vibrotömörítések Kő/kavics cölöpök Dinamikus mélytömörítés Robbantásos tömörítés Kavicsdrének Mélykeverés Hézagkitöltő injektálás Talajhabarcsosítás Tömörítő injektálás Tömörítő homok/kavicscölöpök 	<ul style="list-style-type: none"> Lejtős felszínű területek (területrészek) állékonyságának javítása 	<ul style="list-style-type: none"> Támasztó töltések Kavicsszivárgók Szivárgópaplanok Hézagkitöltő injektálás Tömörítő injektálás Talajhabarcsosítás Mélykeverés Talajszegezés Tömörítő homok/kavicscölöpök Töltéserősítés betétekkel
<ul style="list-style-type: none"> Süllyedések miatt károsodott szerkezetek megerősítése Töréssel, deformálódással szembeni ellenállás növelése 	<ul style="list-style-type: none"> Tömörítő injektálás Hézagkitöltő injektálás Talajhabarcsosítás Mikrocölöpök 	<ul style="list-style-type: none"> Vezetékekből való szivárgás és a vezetékeknél jelentkező buzgárosodás csökkentése 	<ul style="list-style-type: none"> Hézagkitöltő injektálás Tömörítő injektálás Talajhabarcsolásos injektálás
<ul style="list-style-type: none"> A konszolidációs süllyedés mérséklése 	<ul style="list-style-type: none"> Előterhelés Talajhabarcsosítások Tömörítő injektálás Kő/kavics cölöpök Mélykeverés Elektroozmózis 	<ul style="list-style-type: none"> Erózióvédelem 	<ul style="list-style-type: none"> Hengerelt betonfedés Talajstabilizáció Mérnökbiológiai védelem
<ul style="list-style-type: none"> A konszolidációs süllyedés gyorsítása 	<ul style="list-style-type: none"> Függőleges drének előterheléssel vagy e nélkül Tömörítő homok/kavicscölöpök 	<ul style="list-style-type: none"> Szétesésre hajlamos agyagok stabilizálása 	<ul style="list-style-type: none"> Mész vagy cement hozzákeverése beépítésük közben Védőszűrők Mészterítés gátak vízdoldali felületére beszivárogtatás céljából
<ul style="list-style-type: none"> Roskadékony talajok stabilizálása 	<ul style="list-style-type: none"> Elárasztás/robbantás Dinamikus mélytömörítés Vibrotömörítés Injektálás 	<ul style="list-style-type: none"> Duzzadó talajok stabilizálása 	<ul style="list-style-type: none"> A tömörítési mód szabályozása Meszes talajstabilizálás Cementes talajstabilizálás Talajcsere A víz távoltartása

Talajjavítási módszerek széles, nyílt, beépítetlen területre

Módszer	Talaj	Hatás-mélység (m)	Jellemző elrendezés és távolságok	Elérhető eredmény	Előnyök	Korlátok, hátrányok	Eddigi tapasztalatok
Dinamikus mélytömörítés <i>Deep Dynamic Compaction</i>	Telített homokok, iszapos homokok. Részben telített és roskadékony talajok.	≤10	2-6 m távolságban, négyzet- vagy háromszög alakú sarokpontjain.	$D_r=80\%$ $(N_1)_{60}=25$ $q_{ci}=10-15$ Mpa	Kis költség, egyszerűség.	Korlátozott hatékony mélység. Elegendő szabad magasság kell. Rázkódást okoz.	Széleskörűek.
Vibrotömörítés, vibrorúd <i>Vibrocompaction, Vibrorod</i>	Homokok, iszapos homokok, kavicsos homokok, iszapok, $S_{0,063} < 20\%$ talajok.	≥ 30	1,5-3 méteres négyzet- vagy háromszöghálózat sarokpontjain.	$D_r > 80\%$ $(N_1)_{60}=25$ $q_{ci}=10-15$ Mpa	Bizonyítottan hatékony. Az eredmény a mélységtől függetlenül egyenletes.	Különleges berendezés kell. Alkalmatlan durva kavicsban vagy görgetegben és túl sok finom szemcse esetén is.	Nagyon széleskörűek.
Kő/kavicscölöpök (vibrációs talajcsere) <i>Stone Columns (Vibroreplacement)</i>	Puha agyag, iszapos vagy agyagos homokok, iszapok, agyagos iszapok.	30	1,5-3 m a négyzet- vagy háromszög alakú hálózatot alkotó cölöpök tengelyei között.	$(N_1)_{60}=20$ és $q_{ci}=10-12$ Mpa iszapos homokban. Agyag erősítése, drénezése	Bizonyítottan hatékony. Drénezés, erősítés. A mélységtől függetlenül egyenletes az eredmény.	Különleges berendezés kell. Durva kavicsban, görgetegben nem használható.	Nagyon széleskörűek.
Tömörítő homok/kavicscölöpök <i>Sand and Gravel Compaction Piles</i>	A legtöbb talajfajtában alkalmazható	20	Négyzet- vagy háromszöghálózat, 1-3 m-es tengelytávolságokkal.	$(N_1)_{60}=25-30$ -ig $q_{ci}=10-15$ Mpa a talajfajától függően	Bizonyítottan hatékony. Drénezés, erősítés. A mélységtől függetlenül egyenletes az eredmény	Különleges felszerelés kell hozzá. Lassú, költséges.	Nagyon széleskörűek.
Kavics drének <i>Gravel Drains</i>	Homokok, iszapos homokok.	20 (?)	A távolságokat úgy kell megválasztani, hogy a pórusvíznyomás növekménye minimális legyen.	Csökkenti a pórusvíznyomás-többletet.	Nem drága. Nem szükséges az egész terület kezelése.	Esetleg nagyon sűrű elhelyezésre lehet szükség. Nem hárítja el a süllyedéseket.	Néhány esetben eredményesen használtak.
Robbantásos tömörítés <i>Explosive Compaction</i>	Telített homokok, iszapos homokok.	Korlátlan	Négyzet- vagy háromszöghálózatban. Beépített területen 3-8, mindentől távol 8-15 m-re. A töltetek közti függ. Távolság nagyságuktól függ.	$D_r=75\%$ $(N_1)_{60}=20-25$ $q_{ci}=10-12$ Mpa	Nem drága. Egyszerűen végrehajtható	Rezgéseket kelt. Nyomtasztó hatása lehet.	Széleskörűek.
Támtöltés (térzin alatt és fölött) Buttress Fills (below and above ground)	Minden talaj esetében.	N/A	N/A	Helyfüggő. Növeli a stabilitást. Csökkenti a folyósodási és szétcsúszási veszélyt.	Nem drága. Meglevő töltések és nagy kiterjedésű, másként nem javított talajú területek védelmére használható.	A felszín fölötti megtámasztás helyigényes. A megtámasztás környezetében előfordulhat folyósodás jellegű süllyedés.	Gátak földrengés elleni erősítése. A folyósodási hajlam csökkentése.
Mélykeverés <i>Deep Soil Mixing</i>	A legtöbb talaj esetében.	30	Az alkalmazás körülményeitől függő elrendezésben.	Az átkevert elemek méretétől, szilárdságától és elrendezésétől függ.	A talaj megerősítését eredményezi. A javított oszlopok közt maradhatnak folyós talajok. Nagy szilárdság érhető el	Különleges felszerelést igényel. A javított oszlopok esetleg eltörhetnek.	Gyorsan terjed. Kitérőre vizsgázott az 1995-ös Kobe-i földrengésnél.
Előregyártott függőleges drének <i>Prefabricated Vertical Drains (Wick Drains)</i>	Összenyomható talajok; Agyagos homokok, iszapok, agyagok.	≤ 70; 20 m alatti beépítéshez daru kell	Négyzet- vagy háromszög-hálózat, 1-6 m oldalhosszakkal.	A végző konszolidációs nyomástól függ.	Bizonyítottan eredményes. Olcsó, egyszerű.	Nem alkalmazható, ha az összenyomható réteg fölött akadályok vannak.	Nagyon széleskörűek.
Elárasztás <i>Prewetting</i>	Roskadékony talajok, pl. löszök, törmelékek.	Szinte korlátlan, de kis mélységnél drága.	N/A	Magában az önsúlyfeszültségek, kiegészítve az új terhek miatti süllyedést csökkenti.	Olcsó, egyszerű.	Kis mélységben ritkán hatásos. A legjobb eredmény dinamikus tömörítéssel, előterheléssel és robbantással kombinálva érhető el.	Széleskörűek.
Talajcsere <i>Replacement</i>	Minden talaj esetében.	Néhány méter	N/A	Nagyon tömör töltés, kötött, cementált anyag.	A megkívánt javítási színhez igazodóan tervezhető.	Költséges. Szükséges lehet a meglévő szerkezetek ideiglenes megtámasztása és víztelenítése	Korlátozottak.
Adalékanyag talajstabilizálás <i>Admixture Stabilization</i>	Cementtel tiszta és agyagos homokok; mésszel agyagok és agyagos homokok; aszálittal szemcsés talajok.	Néhány méter.	N/A	Nagyon tömör feltöltés; megkötött, cementált anyagok.	A megkívánt javítási színhez igazodóan tervezhető	Az eredmény az összekeverés mértékétől és a tömörítés elérhető fokától függ	Széleskörűek.
Hengerelt betontakarás <i>Roller Compacted Concrete</i>	Homokok és kavicsok, $S_{0,063} \leq 15\%$ talajok.	N/A	N/A	A kezelt anyag nagyon szilárd és merev.	Merekek rézsűk alakíthatók ki. A szokásos földmunka gépekkel elkészíthető.	Ügyelni kell az egymást követő rétegek közötti kötés megerősítésére, a repedezésre és a kötési hőre	1980-tól széles körben alkalmazzák új és régi gátaknál töltéseknél.
Biotechnikai eljárások <i>Biotechnical Stabilization and Soil Bioengineering</i>	Minden talajon.	Néhány méter.	A felhasználás módjától függ.	Stabilizálja a lejött felületét, elejét veszi az erózióknak.	Takarékos. Alkalmas erózió és hámlás kezelésére. Környezetbarát. Fokozatosan átengedhető a védett terület a természetes növényzetnek.	A növényeket kezdetben gondozni kell. Bajos létrehozni a kb. 34°-nál meredekebb felületeken. Nehezen mérhető a gyökérszét hozzájárulása az erősítő hatáshoz	Széleskörűek.

D_r =relatív tömörség; $(N_1)_{60}$ =SPT-ütésszám 0,3 m behatoláshoz, $\sigma_v'=100$ kPa-ra és 60% verési energiára redukálva; q_{ci} =CPT-csúcscellenállás $\sigma_v'=100$ kPa-ra redukálva; σ_v' =hatékony függőleges feszültség; N/A=mincs adat vagy nem alkalmazható.

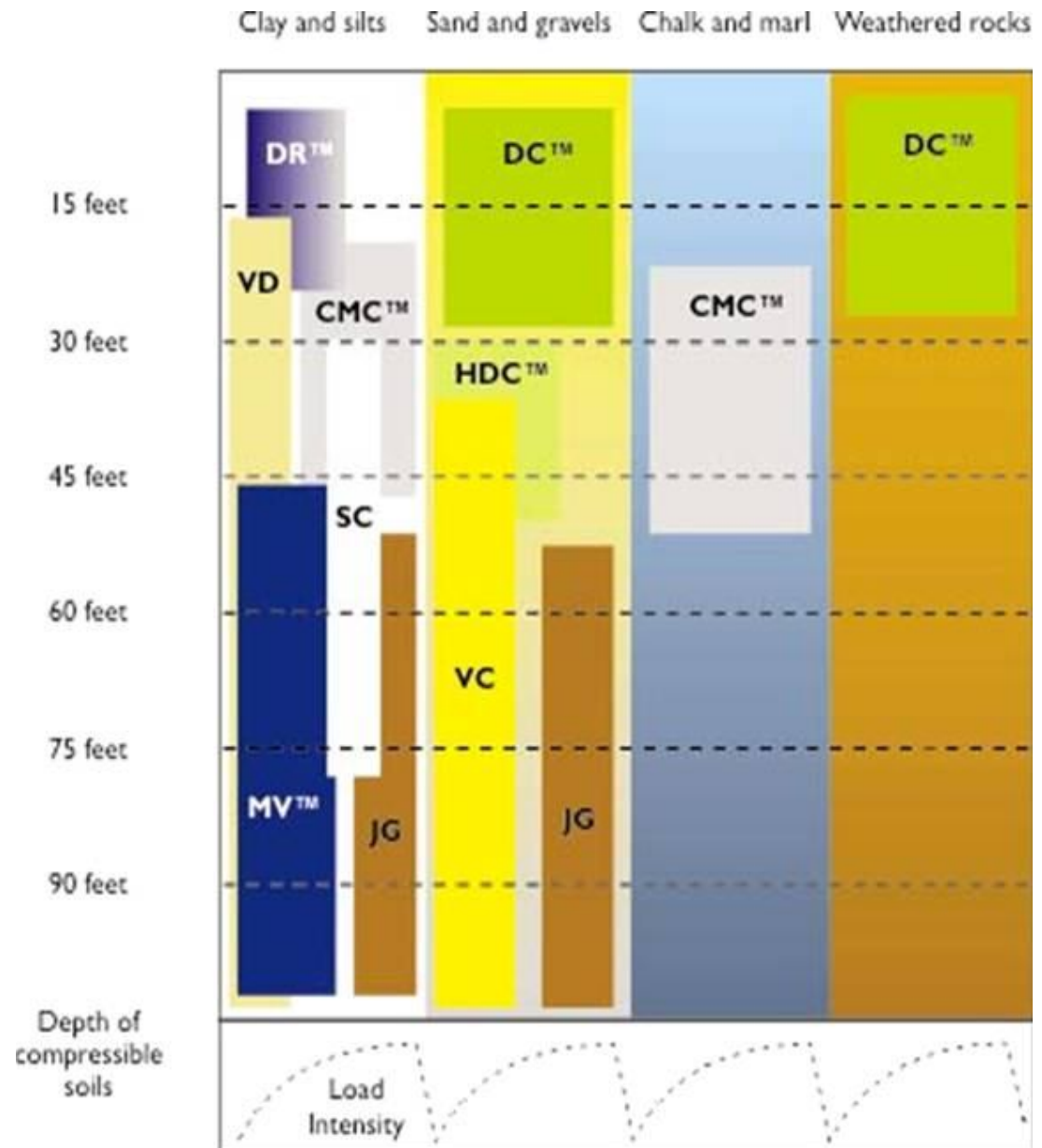
Talajjavítási módszerek szűk és/vagy beépített területek kezelésére							
Módszer	Talaj	Hatás-mélység (m)	Jellemző elrendezés és távolságok	Elérhető eredmény	Előnyei	Korlátoi, hátrányai	Eddigi tapasztalatok
Hézagkitöltő injektálás <i>Penetration Grouting</i>	Tiszta homokok és ennél durvább anyagok.	Korlátlan.	1-2,5 m oldalhosszúságú háromszöghálózat.	A hézagok kitöltése és szilárdítás.	Lehatárolható a kezelt terület, szűk helyen is lehet dolgozni.	Drága. Az $S_{0,063}$ >szemcsék meghiúsítják. Nehéz lehet az injektálóanyagot a tervezett zónán belül tartani. Szennyeződhet a talajvíz.	Széleskörűek.
Tömörítő injektálás <i>Compaction Grouting</i>	Bármely összenyomható talajban.	Korlátlan.	1-4,5 m oldalhosszúságú négyzetes- vagy háromszöghálózat (jellemző az 1,5-2,0 m).	$D_r > 80\%$; $(N_1)_{60} = 25$ $q_{ci} = 10-15$ MPa (a talajfajtájától függően).	A kezelt zóna mérete szabályozható. Alkalmas $0,063$ mm > szemcséket is tartalmazó talajban is. Szűk helyen is végezhető.	Drága. Utókezelés ernyedést okozhat.	Korlátozottak.
Talajhabarcsolós injektálás <i>Jet Grouting</i>	Bármely talajban. Nehéz a nagyon kövér agyagokban.	Korlátlan.	Az alkalmazás körülményeitől függ.	A habarcsolt oszlopok méretétől, szilárdságától és elrendezésétől függ.	A kezelt zóna mérete szabályozható. Alkalmas $0,063$ mm > szemcséket tartalmazó anyagokban is. A szerkezetek alá ferdén is be lehet fúrn.	Drága. Különleges felszerelés kell hozzá.	Kevés, de eredményes felhasználás. Számuk gyorsan növekszik.
Hengerelt betontakarás <i>Roller Compacted Concrete</i>	Homokok és kavicsok legfeljebb $S_{0,063} < 15\%$ finomszemcsetartalomig.	N/A	N/A	A cementált anyag nagy a szilárdsága és a merevsége.	Tervezhető meredek felületek. Megoldható szokványos földmunka gépekkel.	Ügyelni kell a rétegek összekötődésére, a repedésre és a kötési hőre.	Gyors terjedésben van.
Robbantásos tömörítés <i>Explosive Compaction</i>	Homokok, iszapos homokok.	Korlátlan.	Négyzetes vagy háromszögű hálózat 3-8 m oldalhosszakkal. A töltetek közötti függőleges távolság nagyságuktól függ.	$D_r = 75\%$ $(N_1)_{60} = 20-25$ $q_{ci} = 10-12$ MPa	Nem költséges. Egyszerű. A kezelt zóna lehatárolható. A furatok lehetnek ferdék is.	Rázkódásokkal jár. Nyomasztó hatású lehet. A környezet megsüllyedését okozhatja.	Beépített területen ritkán, de eredményesen használták.
Mikrocölöpök Mini-Piles	Bármely fűrható talajban.	Meglevő szerkezetek alatt néhány méter.	A körülményektől függ.	A terheket a gyenge talajzóna alá továbbítja	Szerkezeti megtámasztást nyújt	Költséges. A szerkezet körül süllyedések alakulhatnak ki.	A mélyalapozásokhoz hasonlóan jó a teljesítménye.
Talajszegezés <i>Soil Nailing</i>	A nagyon puha agyagok kivételével bármely fűrható talajban.	Korlátlan.	1-5m ² -enként egy injektált vagy 0,25 m ² -ként egy vert talajszeg.	Stabilizálja a munkagödörök, bevágások rézsút	Nagy mozgásokat és a dinamikus hatásokat jól viseli. Kis felszereléssel készíthető. Egy szeg gyengesége nem okoz katasztrófális leomlást.	Stabil rézsű kell a szegek készítésekor. Nehéz jó víztelenítést létrehozni. Szükség lehet a szomszédos terület altalajának használatára.	Egyre szélesebb körben alkalmazzák.
Talajcsere <i>Replacement</i>	Bármely talaj esetén.	Néhány méter.	N/A	Nagyon tömör feltöltéstől a cementálódó anyagokig	A megkívánt javítási szinthez igazodóan tervezhető	Költséges. Szükség lehet a meglévő szerkezetek ideiglenes megtámasztására.	Korlátozottak

A jelölések ugyanazok, mint a 2. táblázat esetében

MENARD

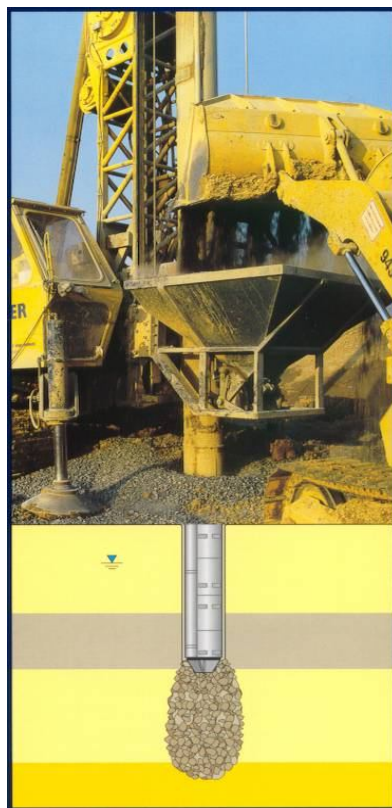
LEGEND

SC	Stone Columns
VC	Vibrocompaction
DC™	Dynamic Compaction
HDC™	High Dynamic Compaction
DR™	Dynamic Replacement
CMC™	Controlled Modulus Columns
MV™	Menard Vacuum
JG	Jet Grouting
VD	Vertical Drains



Mélytömörítéssel módszerek

mélytömörítés		hatás	
		vibráció	döngölés
talaj	szemcsés	tömörített talajzóna (vibrációs mélytömörítés)	tömörített talajzóna (dinamikus konszolidáció)
	kötött	vibrált kőoszlop (kavicscölöp)	kötömpz (dinamikus talajcsere)



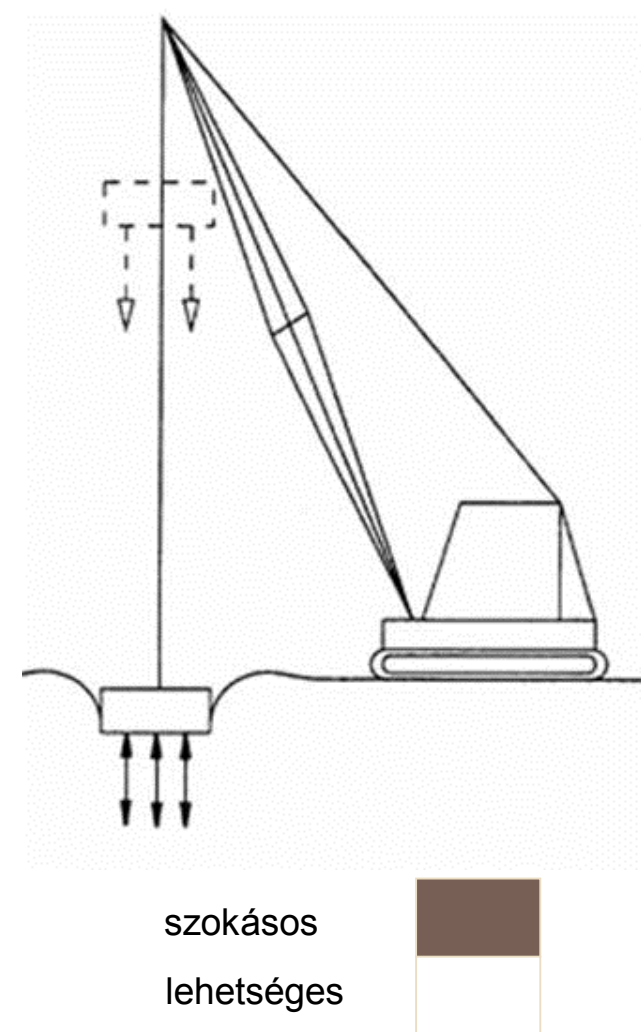
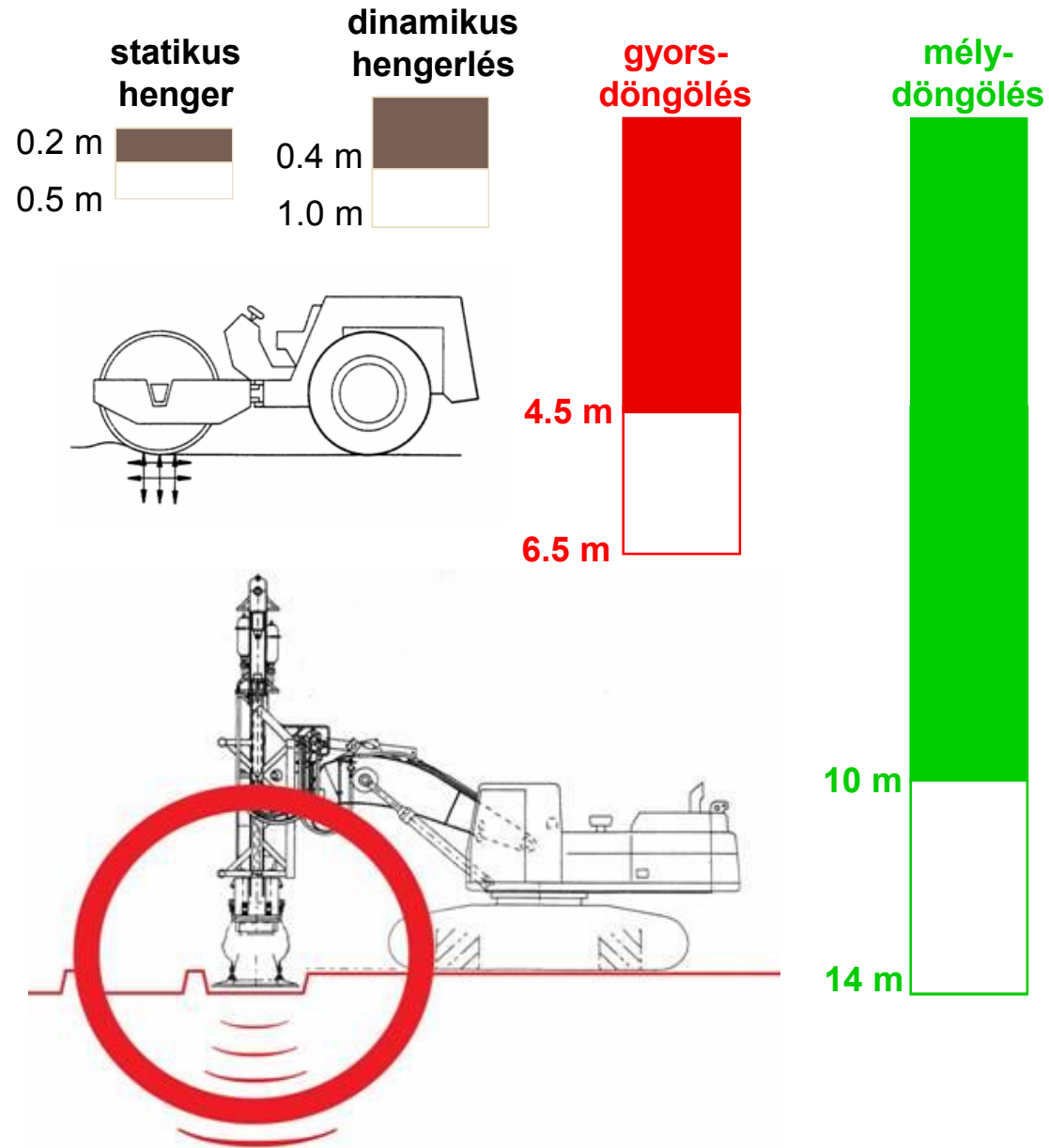
Laza szemcsés talajban: tömörítés

- süllyedéscsökkentés
- megfolyósodás veszélyének csökkentése

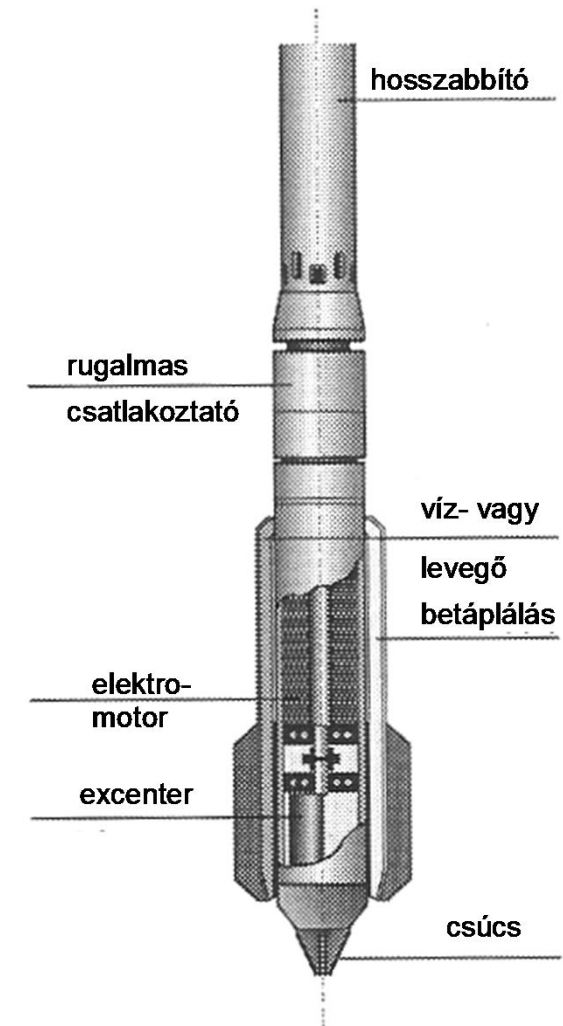
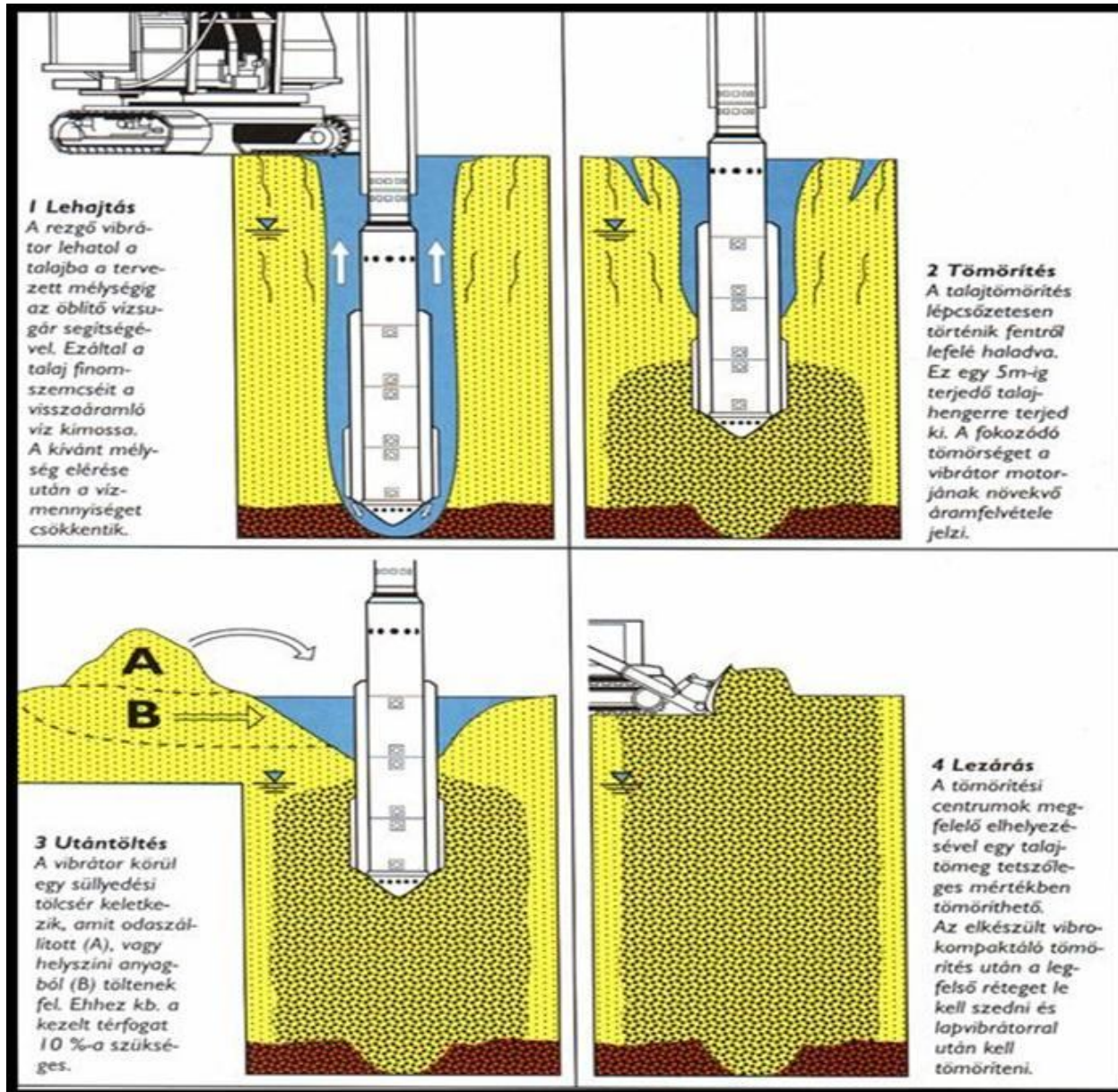
Puha kötött talajban: tömörítés+talajcsere (oszlopok)

- süllyedéscsökkentés
- talajtörés veszélyének csökkentése
- konszolidáció gyorsítása (drénezés)

Tömörítés - hatásmélység

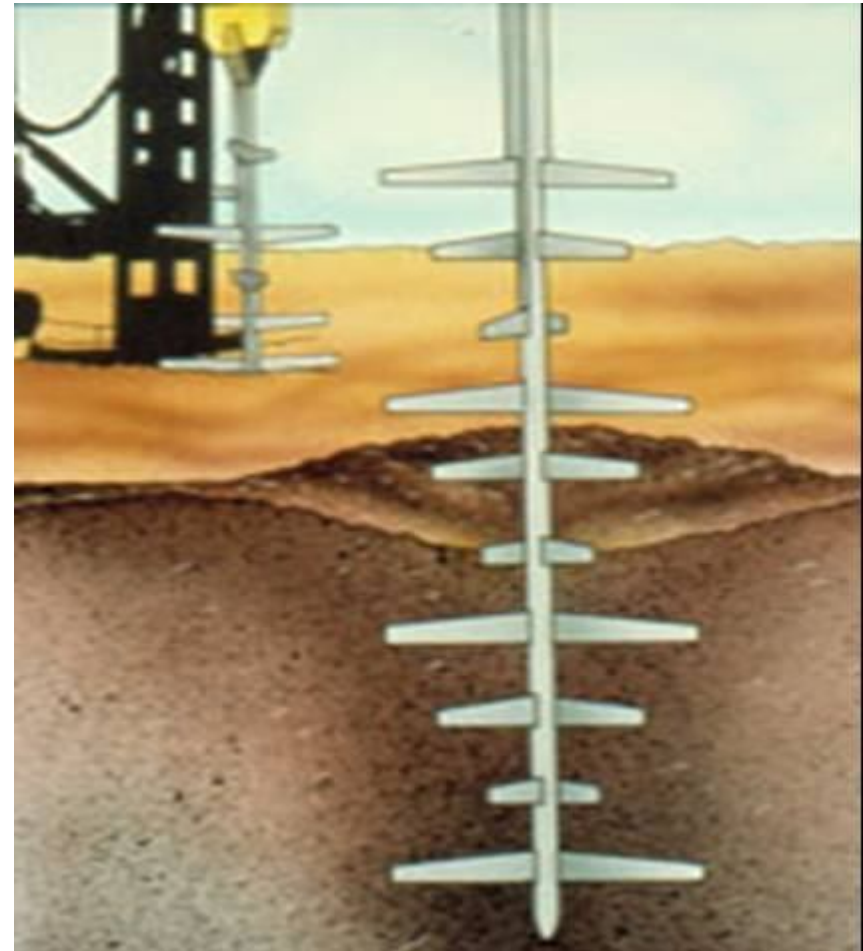


Vibrációs mélytömörítés





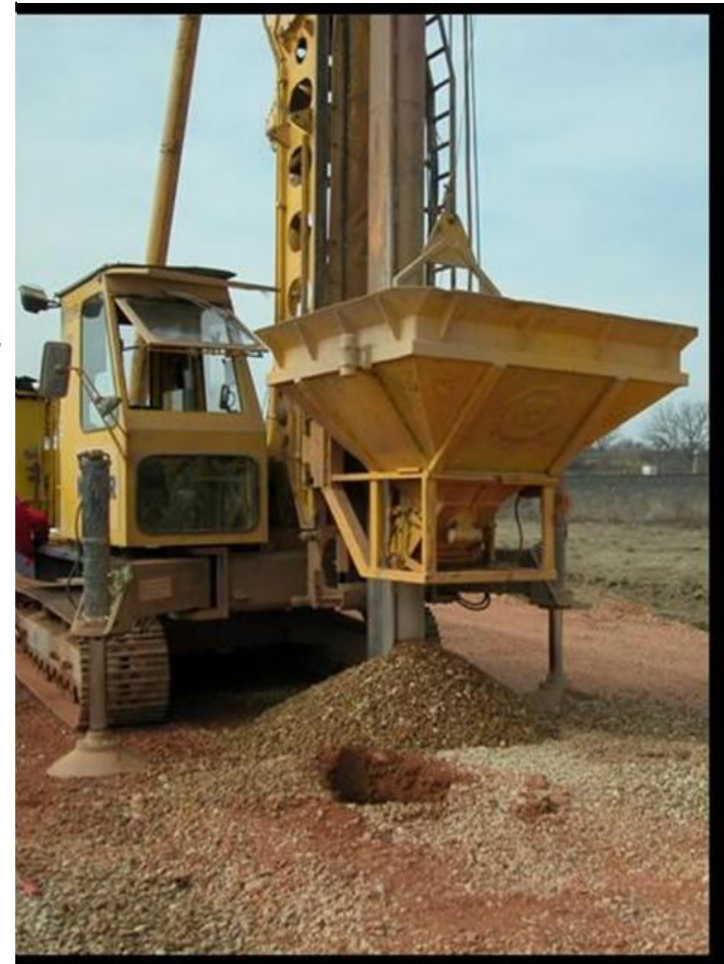
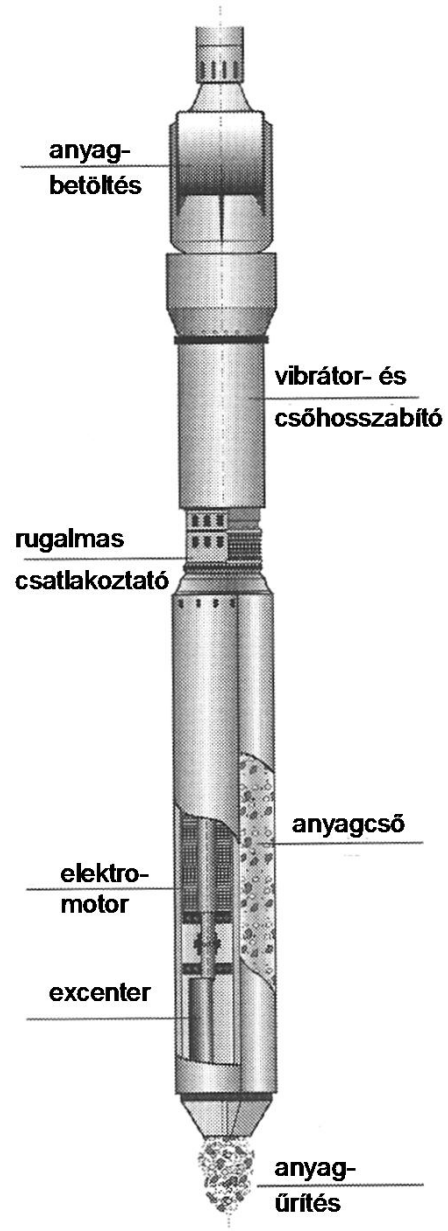
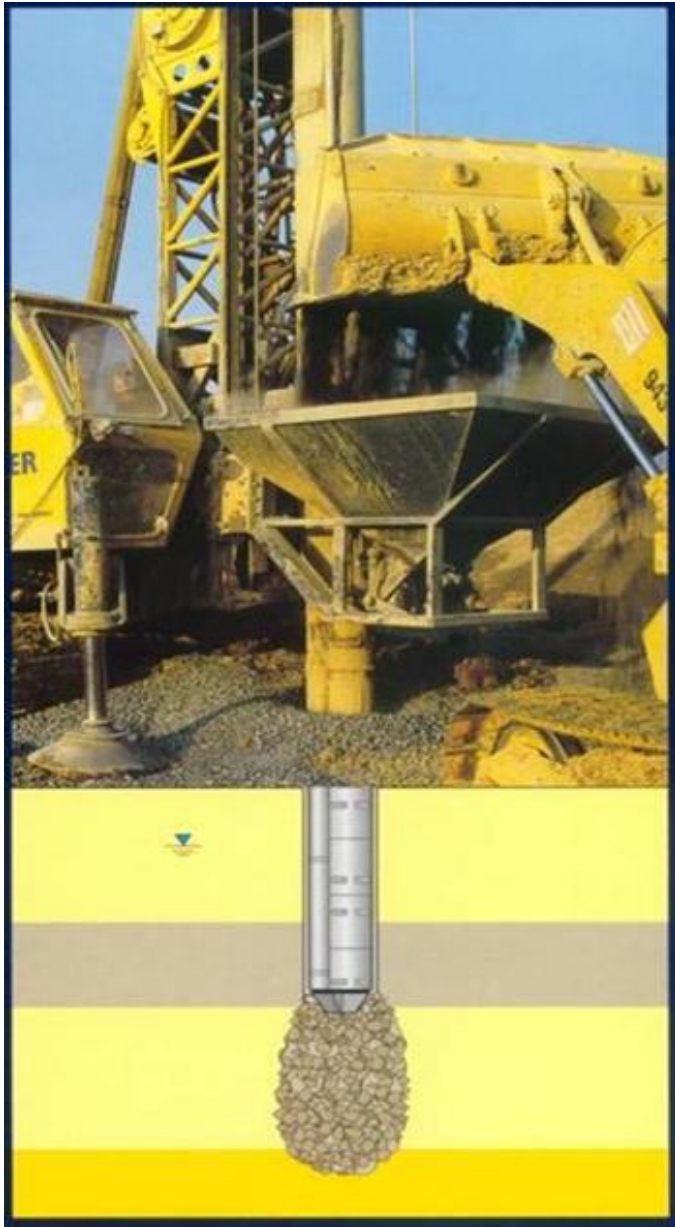




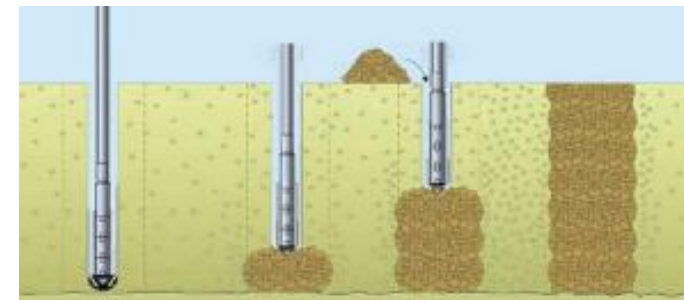
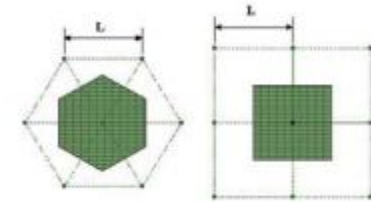
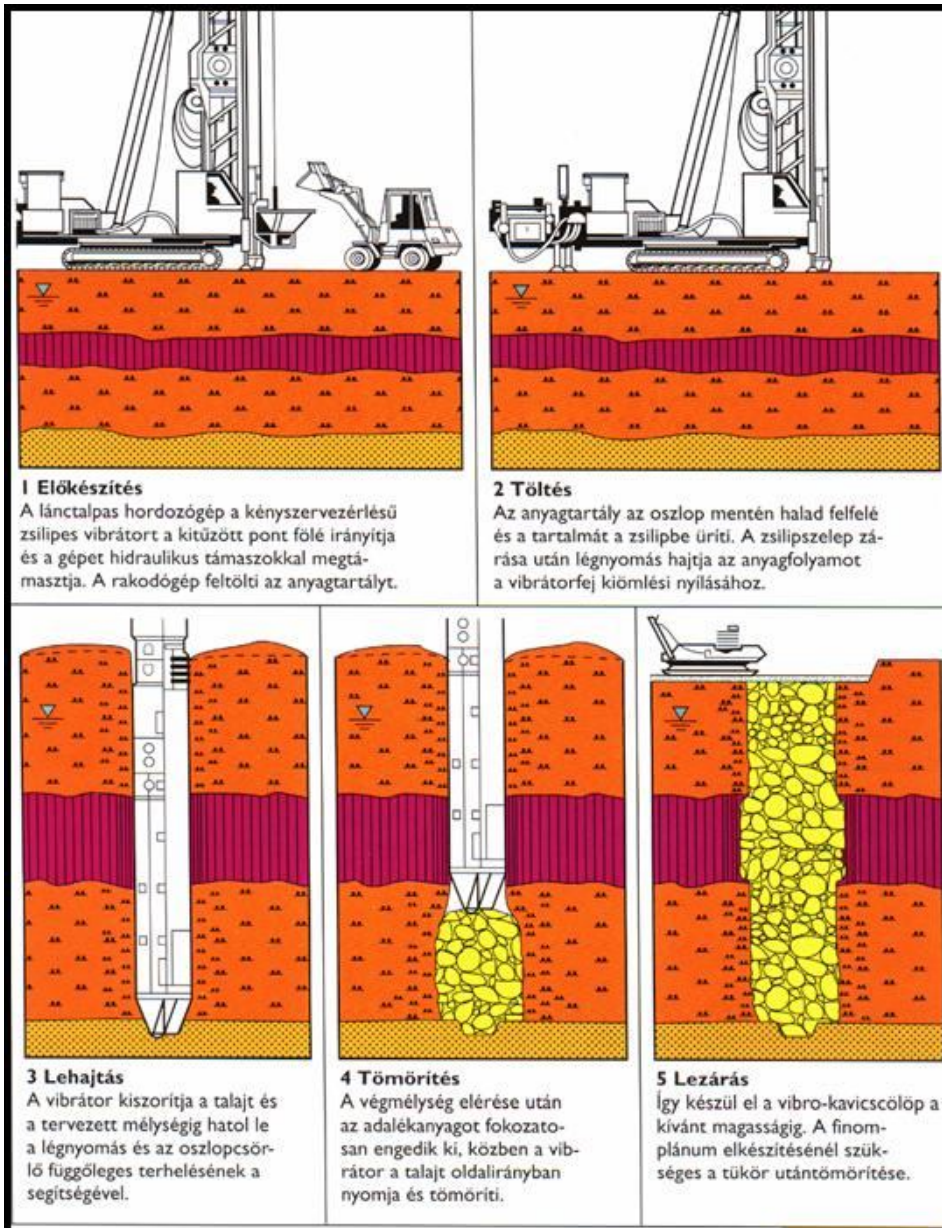


Vibrált kőoszlop

Vibrált kőoszlop



Vibrált kőoszlop





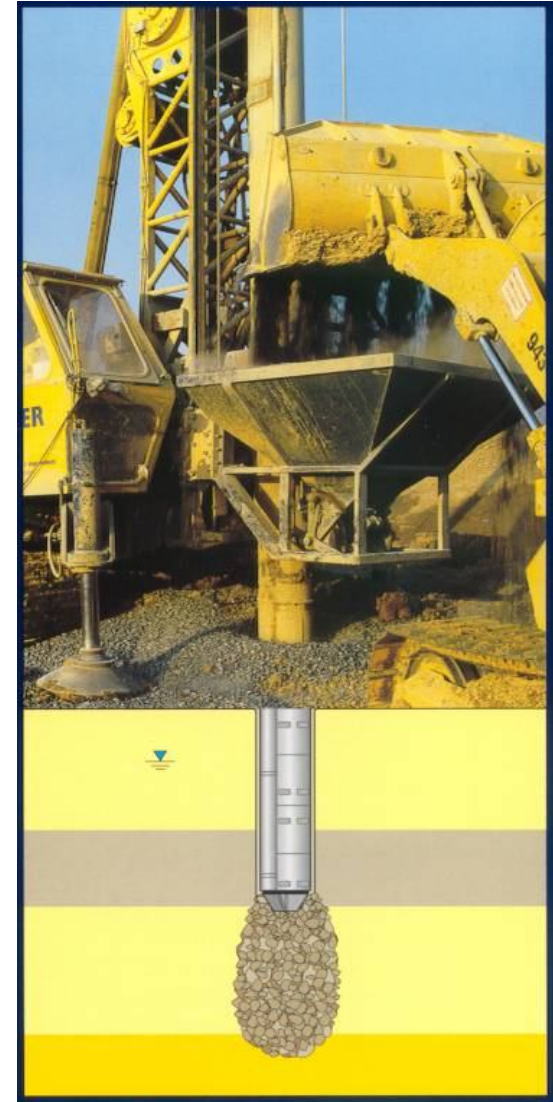
Vibrált kőoszlop

Az altalaj komplex javítási módszere,
mert
készítésük, illetve a kész kavicscölöpök

- *talajtömörítésként*
- *részleges talajcsereként*
- *függőleges drénként is működnek,*

így

- *csökkentik a süllyedések mértékét,*
- *növelik a talajtöréssel szembeni biztonságot,*
- *gyorsítják a konszolidációt.*



Vibrált kőoszlop

- Hatásmechanizmus a talajtípustól függ
- Talajkiszorításos eljárás – vibrációs célszerszám
- Üreg kiemeléses technológia (folytonosság)
- Munkaeszköz átmérő : 40 cm, cölöp : 50 – 100 cm
- Kavicscölöp anyaga $\phi=35\dots40^\circ$ (homokos kavics, tört anyag)
- Gyenge talajban cementhabarcs/száraz-folyós beton/geoműanyag hengerpalást
- Fölé szemcsés réteg (vízelvezetés-teherelosztás)
- Átboltozódás (számítással kell igazolni)
- Kavicscölöpök fölött georácsos erősítés az átboltozódás végett

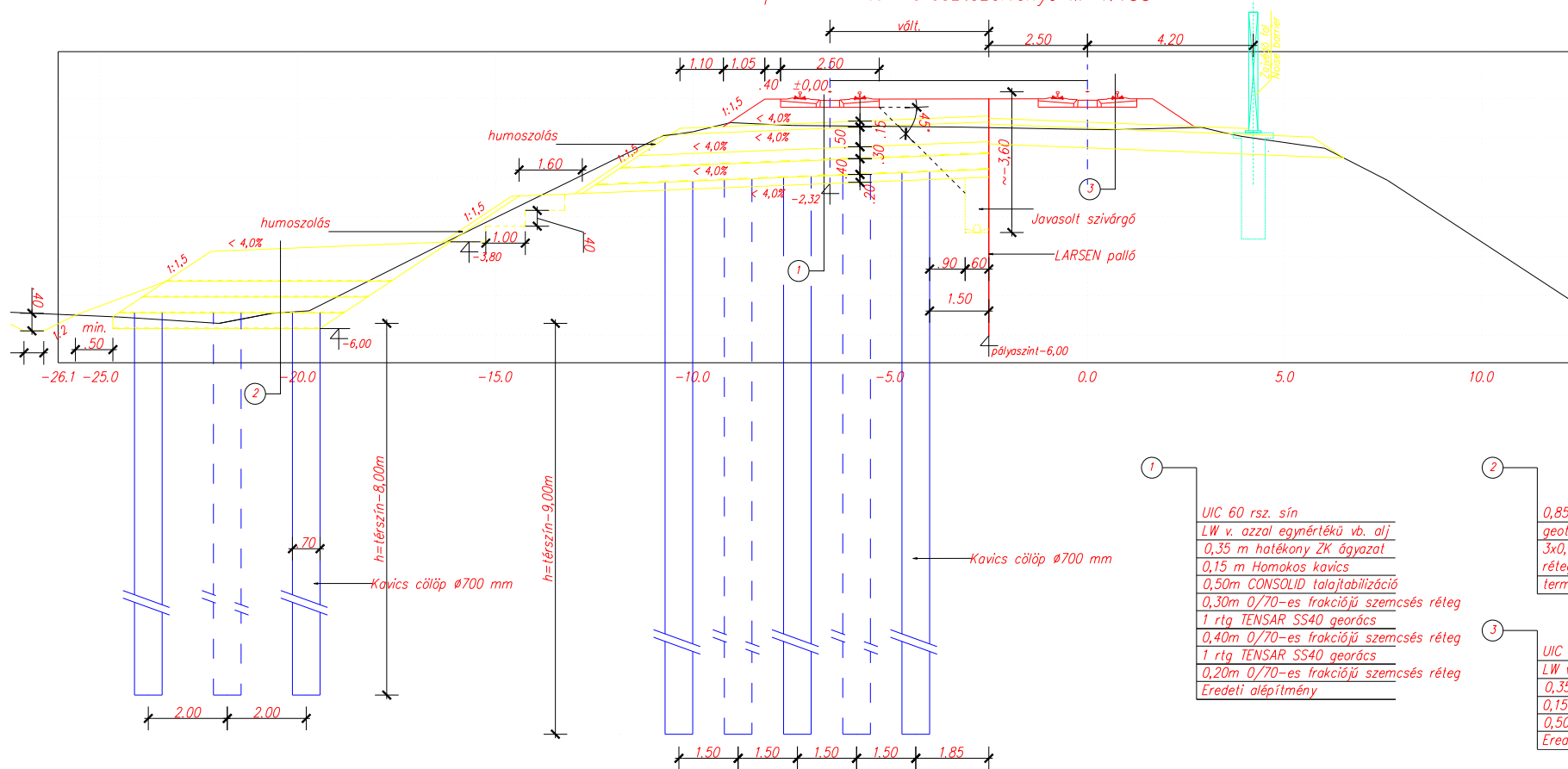
Vibrált kőoszlop

**Megcsúszott rézsű helyreállítása
kavicscölöpökkel**



Vibrált kőoszlop

Töltésalapozás minta-keresztszelvénye M=1:100



Cölöpözés



MSZ EN 14731 – Mélyvibrációs talajkezelés

Mélyvibrátorokkal és tömörítőrudakkal végzett mélyvibrációs talajkezelés

- tervezésére, kivitelezésére, vizsgálatára és megfigyelésére

A kezelés jellege és eredménye lehet:

- vibrációs mélytömörítés
- vibrált kőoszlopok

A vibrált kőoszlopok **háromféle technológiával** készíthetők:

- felülről tápláló száraz eljárás
- nedves eljárás
- alulról tápláló száraz eljárás

A mélyvibrációs kezelés anyaga :

lehet homok, kavics, zúzottkő vagy újrahasznosított anyag,
pl. téгла- vagy betonzúzalék.

Mélyvibráció - ajánlott szemcseméret	
Eljárás	Szemcseméret (mm)
Felülről tápláló száraz eljárás	40 – 75
Nedves eljárás	25 – 75
Alulról tápláló száraz eljárás	8 – 50

Tervezési megfontolások

A vibrációs mélytömörítés tervezése feleljen meg az EN 1997 előírásainak. Alapfeladatként a talajviszonyokra vonatkozó információkat értékelni kell annak eldöntéséhez, hogy a talaj alkalmas-e a mélyvibrációs talajkezelésre.

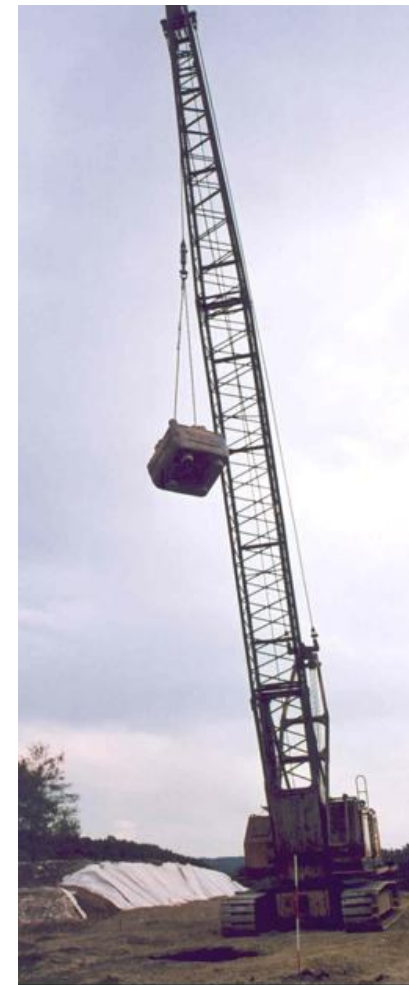
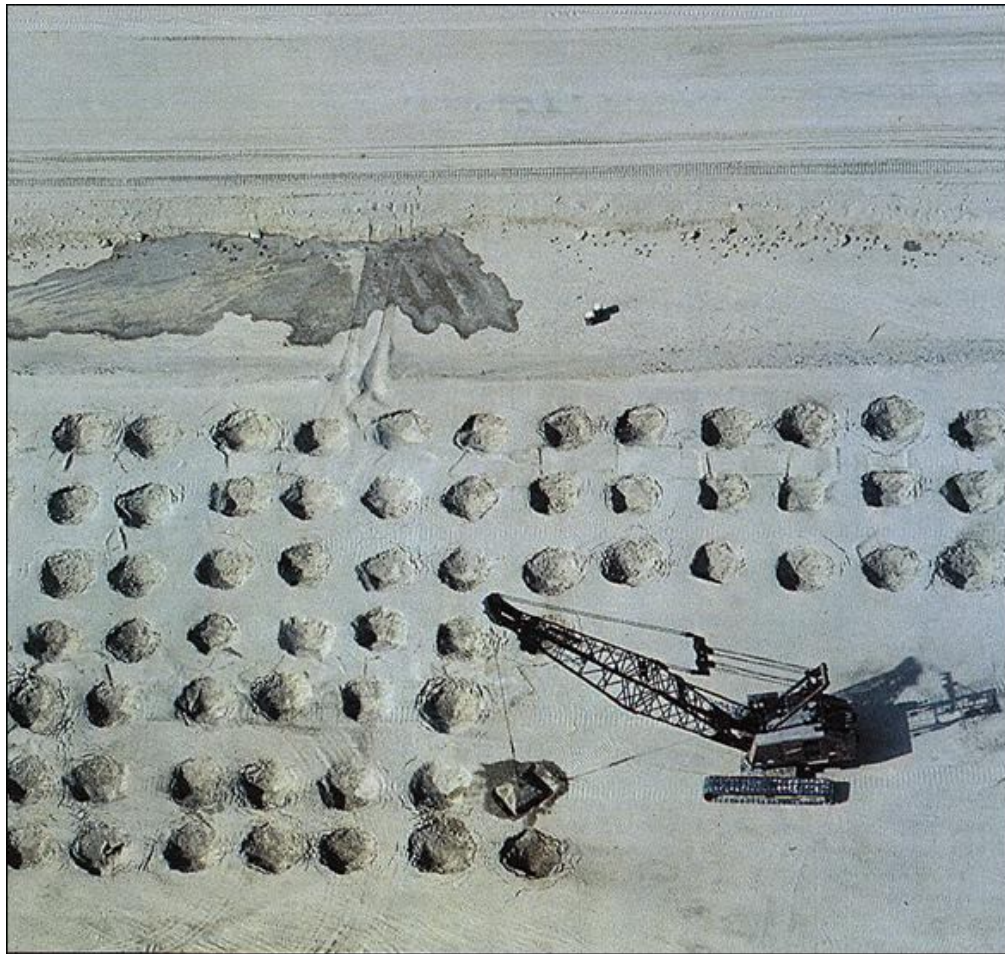
A tervezésekor a következőket kell meghatározni:

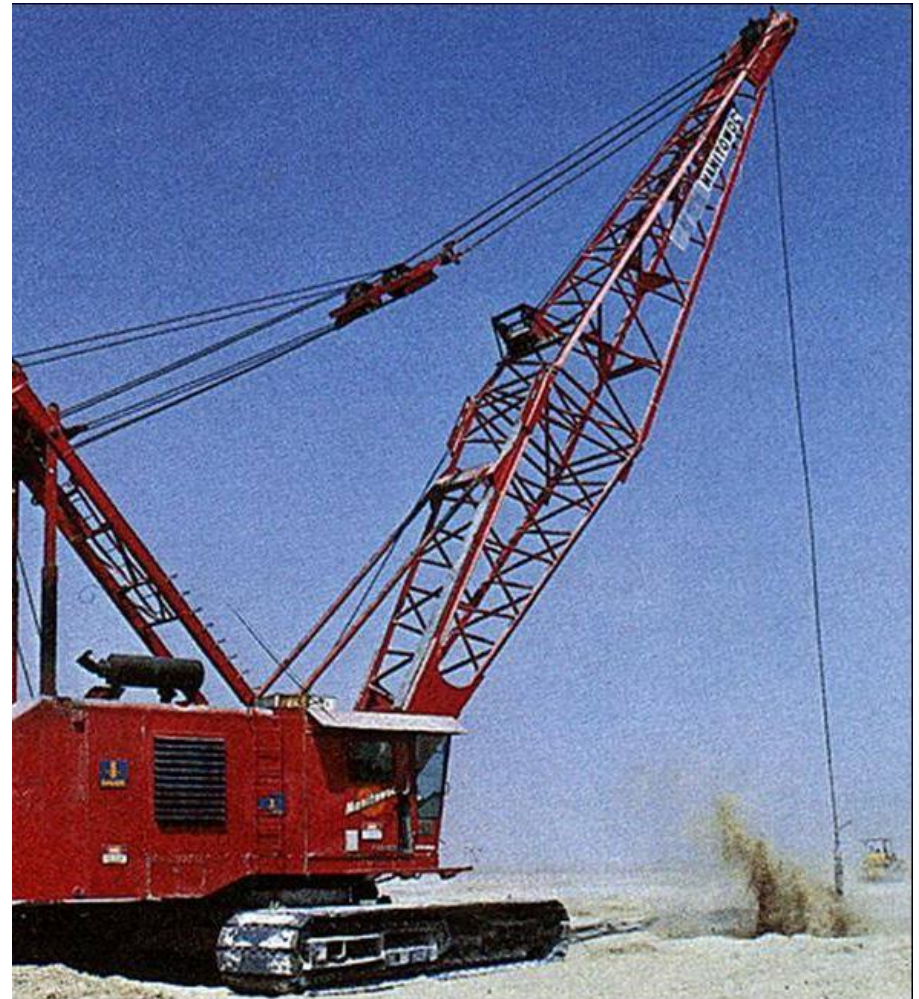
- a talajkezelés műszaki célja (pl.: a teherbírás növelése és a süllyedés csökkentése, a folyósodási hajlam csökkentése, a nedvesedés okozta roskadás csökkentése vagy az áteresztőképesség csökkentése),
- a kezelt talaj elvárt geotechnikai jellemzői (pl.: nyírószilárdság, merevség vagy áteresztőképesség),
- azok a kritériumokat, amelyek alapján a kezelés mélysége, távolsága és kiterjedése eldönthető,
- az előírányzott teljesítőképesség és a kezelés eredményességének mérésen alapuló értékelési módja,
- javaslatot az újratömörítésre, ha a kezelést követően földkiemelésre kerül sor.

Dinamikus konszolidáció

Dinamikus konszolidáció

- 8-20 tonnás tömegek ejtegetése 10-20 m magasságból
- hatásmélység 5-10 m a talajtól és ejtési energiától függően









Dinamikus talajcsere

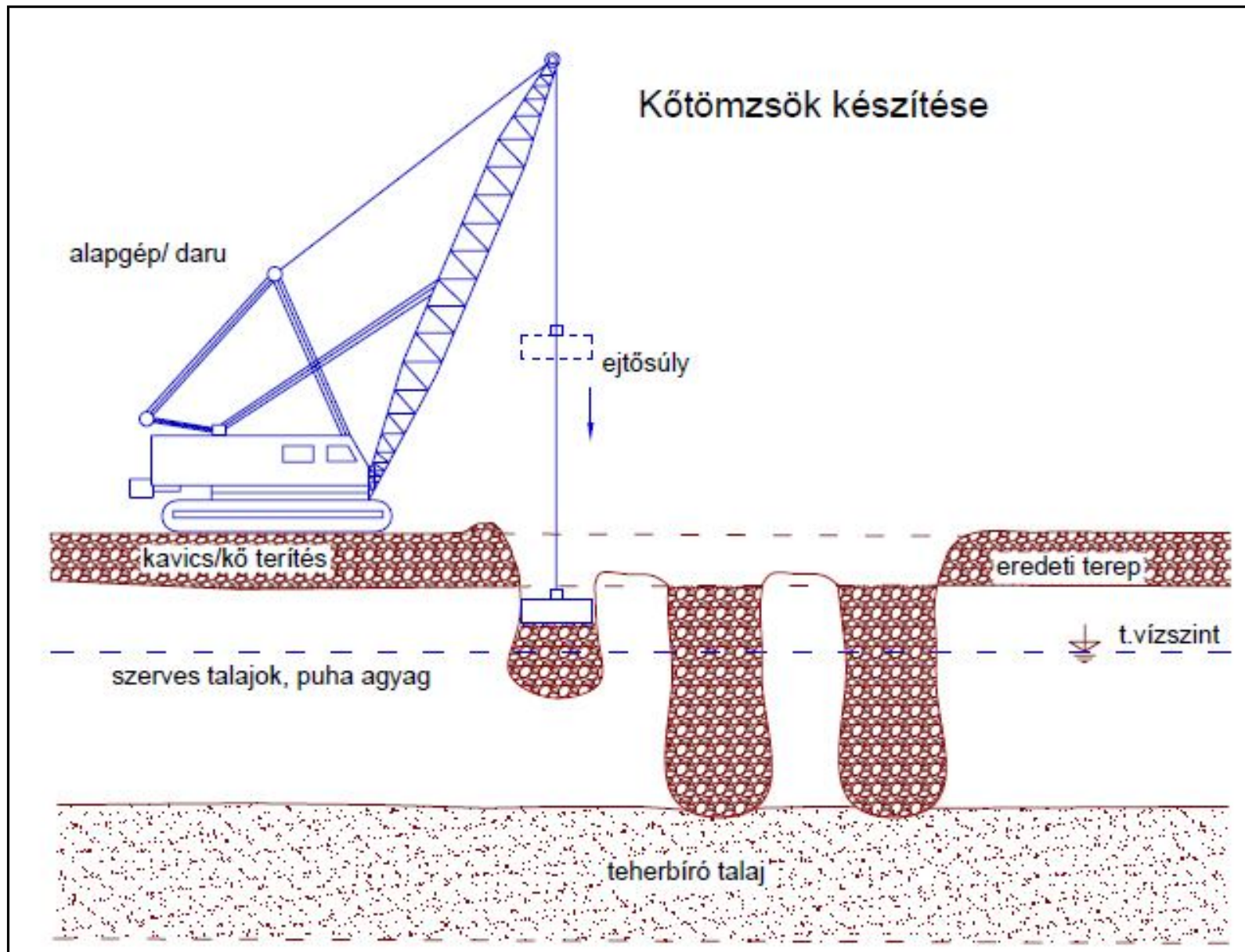
a kötőzsök révén

- részleges talajcsere jön létre,
- függőleges drénezést nyerünk,
- a környező talaj mechanikai tulajdonságai feljavulnak.

E szerkezet, illetve technológia

- csökkenti a süllyedéseket,
- növeli a talajtöréssel szembeni biztonságot
- gyorsítja a konszolidációt.







- néhány méter vastag, különösen gyenge talaj javítására alkalmas
- a 3...6 m mélységű, lefelé javuló talajok javításában igazán hatékony
- egyenletes teherbírású kötömsz
- ejtegetett test 1,5...2,5 m átmérőjű, gömbszerű alakzat
- egy-egy kötömszöt 3...6 fázisban, fázisonként 5...6 döngöléssel érdemes előállítani
- 8...12 m ejtési magasság és 8...10 t tömeg
- a kötömszök területe a teljes terület 20 %-át közelítse
- tört szemcsés anyag, ($\varphi=35...40^\circ$, $E_s=25...50$ MPa, $k=10^{-5}$ m/s)
- a kavicscölöpök készítése előtt feltöltés készítése (legalább 1,0 m)
- a feltöltés alá – ha nincs fűtakaró – célszerű vékony geotextíliát fektetni
- a kötömszök elkészülte után 0,5 m szemcsés feltöltés
- indokolt lehet, hogy mindkét szemcsés réteg alá geotextília kerüljön (elősegíti az átbitózódással kialakuló teherelosztást)

Soil Cons







Rapid Impact Contractor

Rapid Impact Compactor (RIC)



Rapid Impact Compactor (RIC)



With either DDC or RIC, the maximum depth of compaction d_{MAX} is a function of the impact energy per weight drop. Numerous researchers over the past 40 plus years have demonstrated that the depth of compaction d_{MAX} (in meters) can be approximated by:

$$d_{MAX} = N\sqrt{WH}$$

where W = weight of tamper in tons, H = drop height in meters, and N is typically 0.5. N can be as high as 0.9 for clean sands.

Using an N of 0.5 for normal soils and typical DDC drop parameters demonstrates that:

$$d_{MAX} = 0.5\sqrt{7.5\text{tons} \times 1.2\text{m}} = 1.5\text{m} \text{ for RIC}$$

$$d_{MAX} = 0.5\sqrt{20\text{tons} \times 24.4\text{m}} = 11\text{m} \text{ for DDC}$$

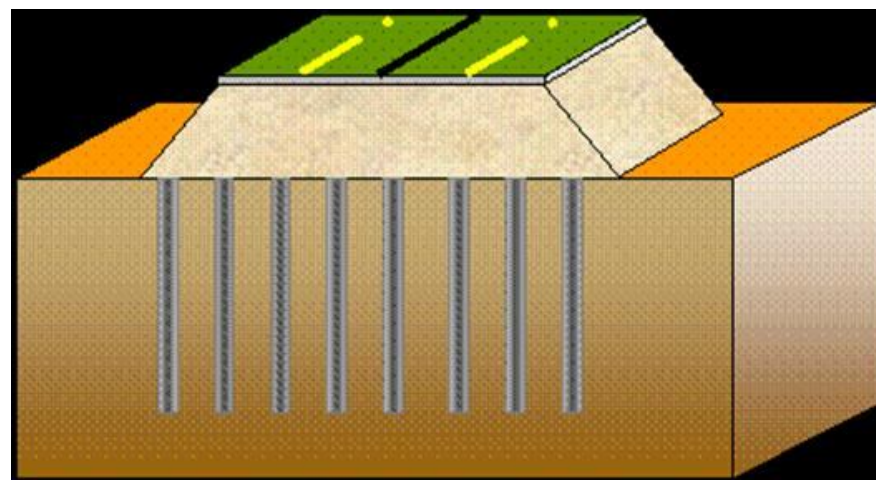
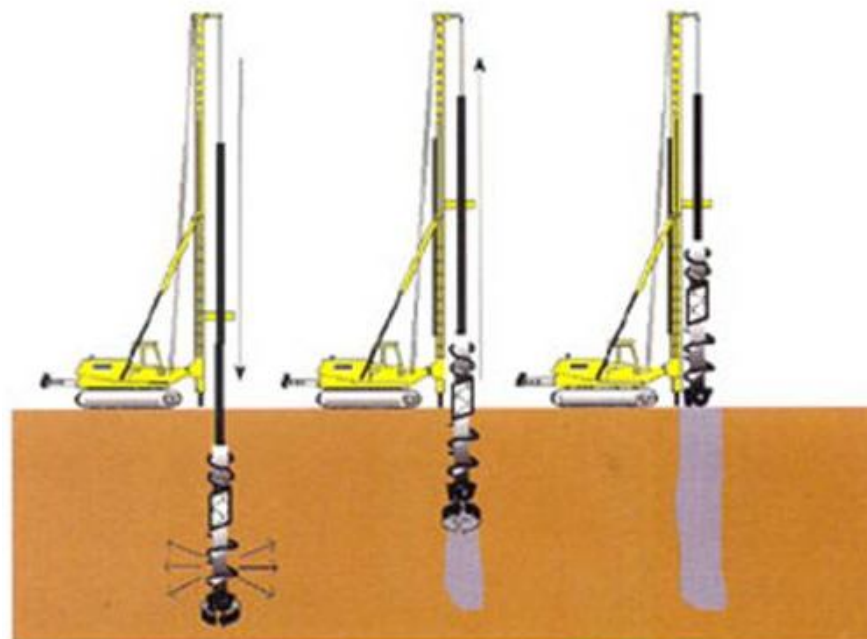
	RIC	DDC
Tamper	7.5 tons	20 tons
Max Drop Height	4 feet	80 feet
Max Energy Per Impact	60,000 ft-lbs	3.2 million ft-lbs
Max Impact Rate	Rate 30-40 bpm	2 bpm
Max Energy Per Minute	2.4 million ft-lbs	6.4 million ft-lbs



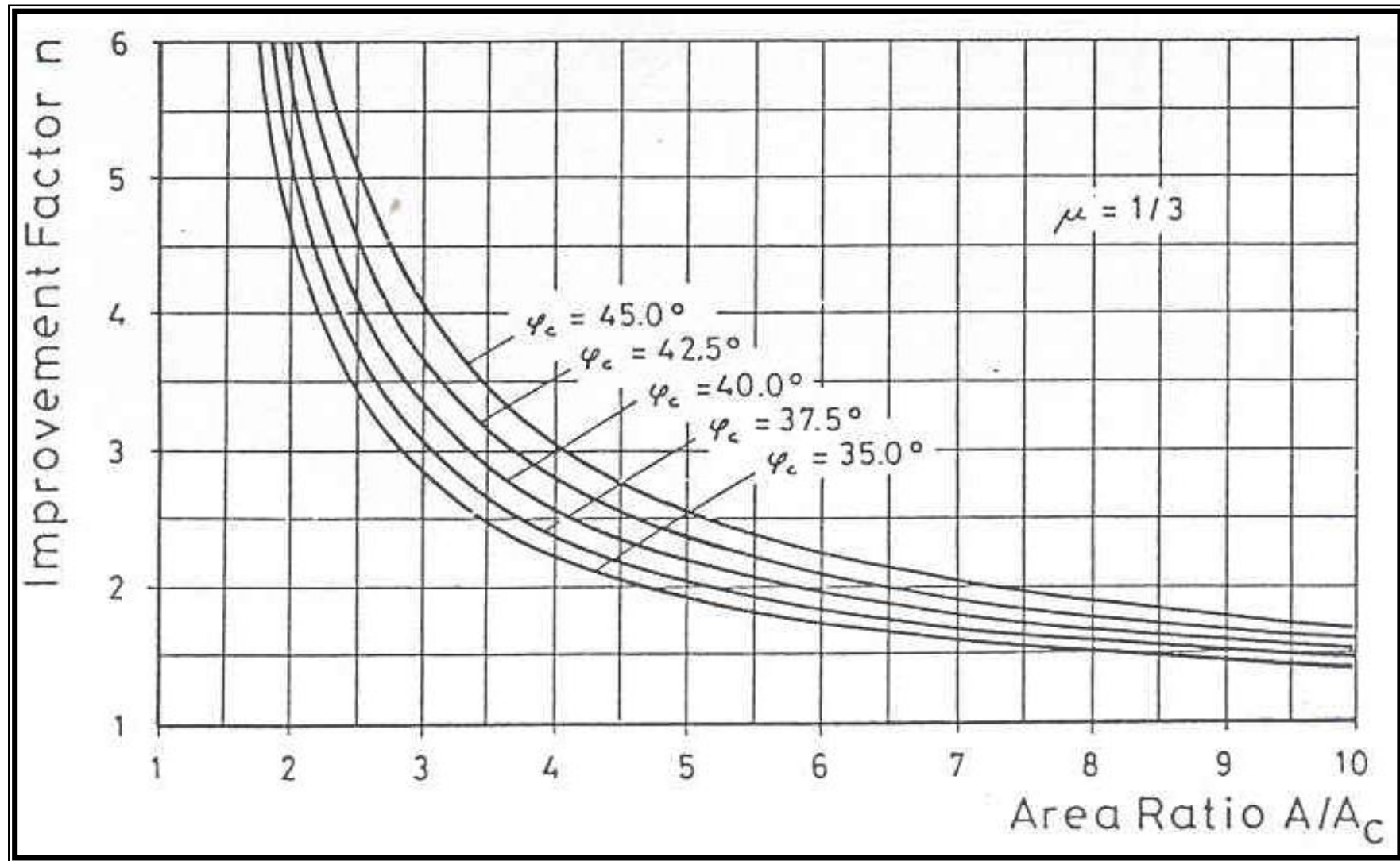
Betoncölöpözés

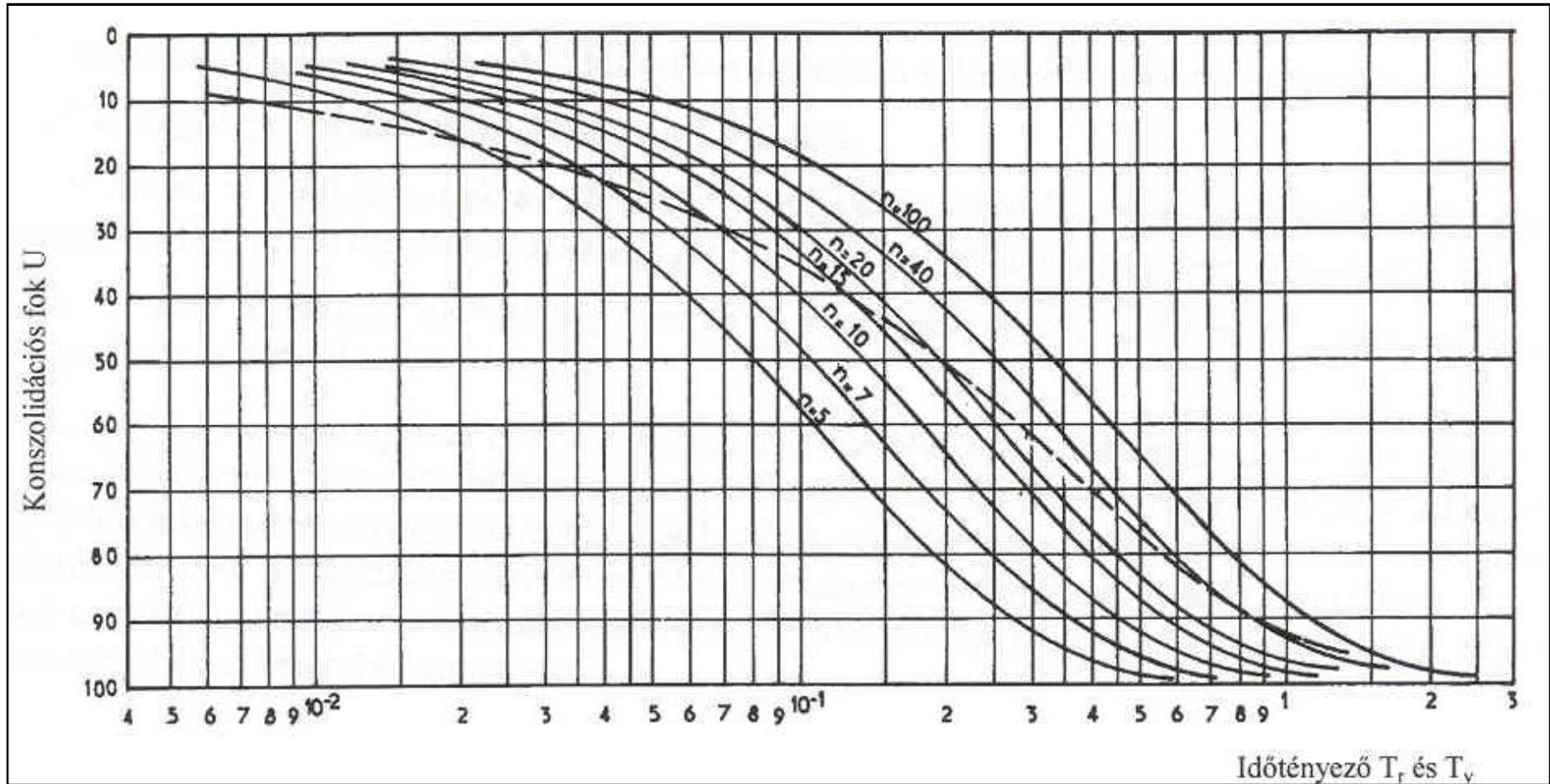
Betoncölöpözés





Tervezési kérdések



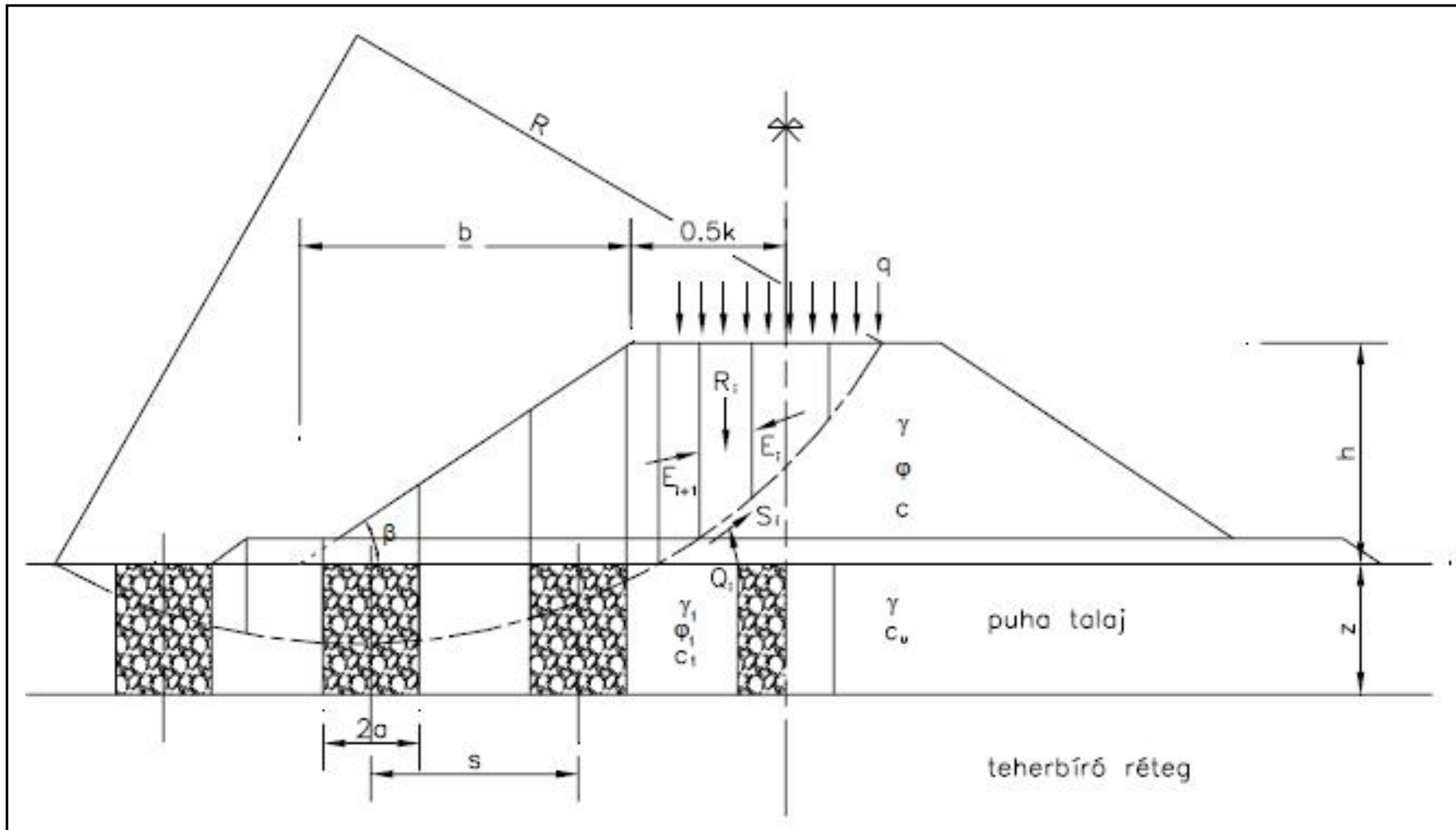


$$T_v = c_v \times \frac{1}{H^2} \times t$$

$$1 - U = (1 - U_v) \times (1 - U_r)$$

$$n = D/d$$

$$T_r = c_r \times \frac{1}{D^2} \times t$$

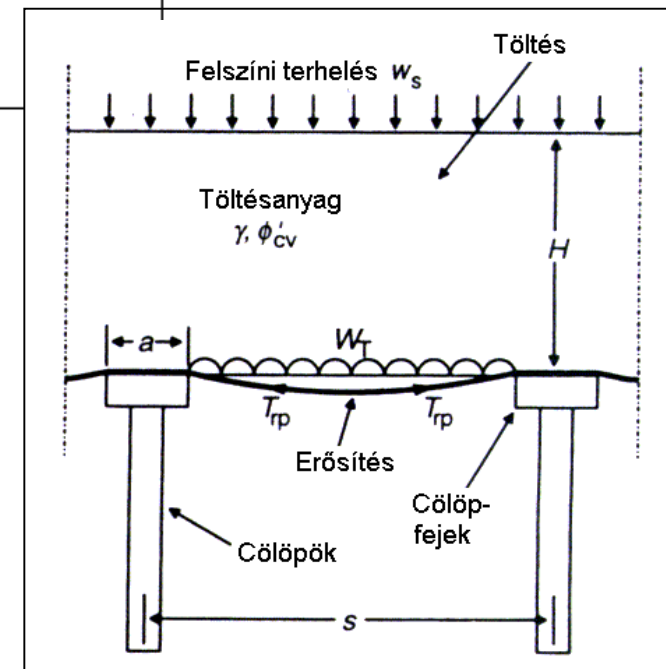


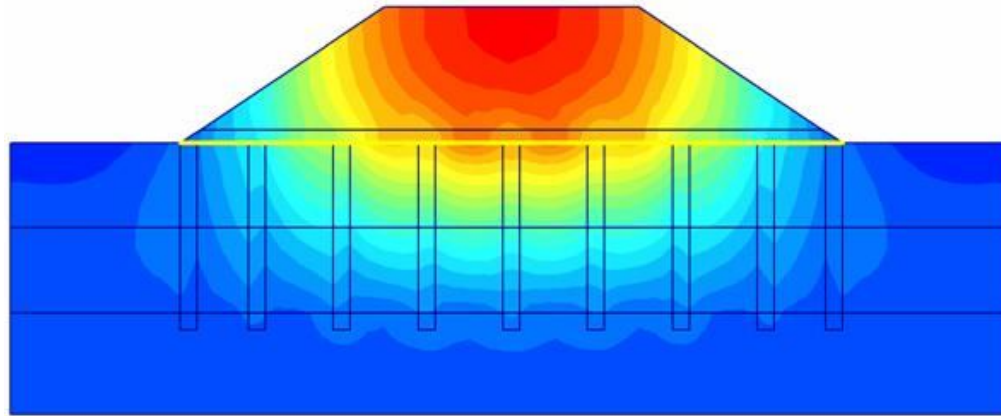
A kezelt talaj egyenértékű tulajdonságaival

Szerző	Alapelv, feltevés	Kritikus töltésmagasság aránya $h_c / (s - d_o)$
BS 8006:1995	Marston elmélete	1,4
Terzaghi [1936]	silónyomási kísérlet homokkal	2,5
Hewlett & Randolph [1988]	kismodell megfigyelése; térbeli boltozat sugarának mérése	1,4
Horgan & Sarsby [2000]	kísérlet síkbeli modellen	1,55 ... 1,92
Naughton [2007]	elméleti számítás síkbeli állapotra és log-spirális csúszólapra	1,25 ... 2,40

h_c = a kőoszlopok feletti szemcsés réteg átboltozódáshoz szükséges magassága,

s = az oszlopok tengelytávolsága, d_o = az oszlopok átmérője





**Függőleges irányú
elmozdulások
a töltésépítést követően**

Zalavasút

- kavicscölöp építés
- Mohr-Coloumb
- 6 építési fázis
- $s_{\max} = 9$ cm
- teherfelvitel
- konszolidációs idők

