

Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgony alkalmazása a DIN EN 14199: 2005.

/MSZ EN 14199:2005
SPECIÁLIS GEOTECHNIKAI MUNKÁK KIVITELEZÉSE. MIKROCÖLÖPÖK./
szabvány alapján



KÉSZÍTETTE:



SYCONS KFT.

2094, NAGYKOVÁCSI, NAGYKOVÁCSI ÚT 26-30.

TEL. / FAX: 06-1-397-4856, 397-5482

WWW.SYCONS.HU

E-MAIL: SYCONS@SYCONS.HU

Forrás: www.ischebeck.de

1. Bevezetés

Az Ischebeck TITAN rendszer egy olyan fúrt-injektált horgonyrendszer, mely egyaránt felhasználható injektált cölöpként, horgonyként, húzott cölöpként, gyökércölöpként és talajszegként. Az alábbi képeken (1-4 kép) támfalak, partfalak, munkagödrök megtámasztására ill. megerősítésére mutatunk néhány példát.



1. kép (Tihany: partfal-megerősítés, kivitelező: Sycons Kft.)



2. kép (Tihany: partfal-megerősítés, kivitelező: Sycons Kft.)



3. kép (Budapest, Helsinki út: támfal, kivitelező: Sycons Kft.)



4. kép (Budapest, Búzavirág u.: munkagödör megtámasztás, kivitelező: Sycons Kft.)

Az 5. képen látható medence megsüllyedt, a problémát fűrt-injektált cölöpözéssel lehetett megoldani.



5. kép (Visegrád, kivitelező: Sycons Kft.)

A horgonyrúd egy bordázott acélcső (egy csőszerűen kialakított menetbordás, nagyszilárdságú betonacél rúd), amely fúrószárként, injektáló csőként és horgonyrúdként egyaránt szolgál, ezáltal hármas funkciót lát el.

A fúrólyuk beomlásával fenyegető talajok (puha talajok és mállott sziklák) esetén kiküszöbölhető a védőcső alkalmazása is, mivel a fúrólyuk falát megtámasztja az öblítéshez használt folyadék, ami tulajdonképpen a környező talajszerkezet erőjátékban való részvételét biztosító injektáló folyadék, esetünkben cementtej. Ezáltal a beépítési sebessége a védőcsöves fúrás beépítési sebességének 2-3-szorososa.

A fúrás, és az ezzel egyidejűen a fúrólyuk folyadékkal történő megtámasztása után rögtön meg is történik a cementtej talajba való injektálása. Ennek köszönhetően az üreges horgonyrúd körül egy cementtest alakul ki, mely a horgonyrúd korrózióvédelmét is biztosítja, majd ekörül egy még nagyobb átmérőjű, cementtel átitatott talajköpeny jön létre, melynek felülete érdes, szabálytalan, ebből adódóan jól tapad az azt körülvevő talajrétegekhez (6. kép). Ez a megnövekedett nyírási ellenállás azt eredményezi, hogy a hasznos terhek okozta elmozdulások kicsik, kisebbek mint a hasonló nagyságú, előfeszített, a DIN EN 1537 által előírt szabad horgonyhosszal ellátott horgonyok esetében.

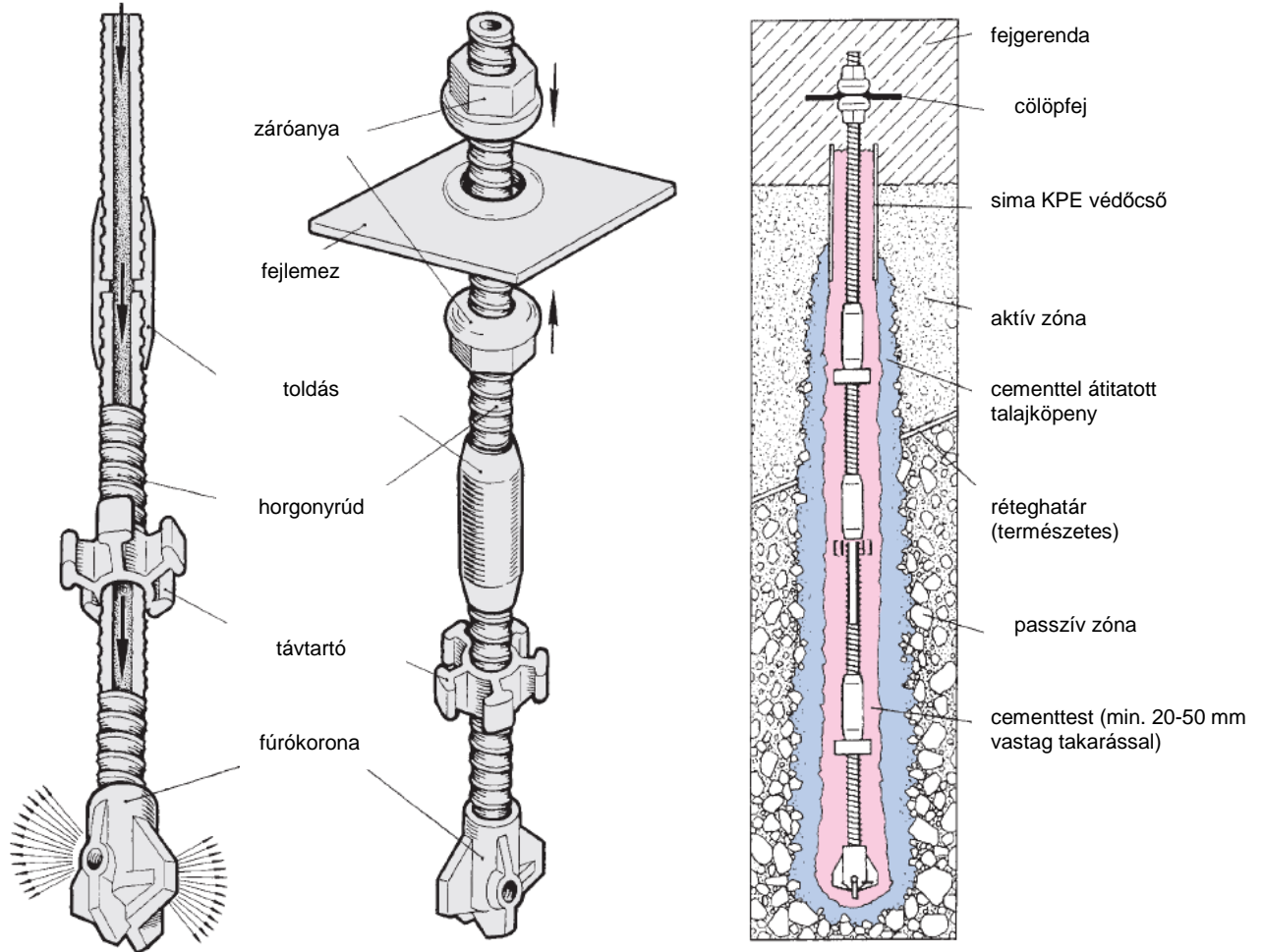
Elmondható tehát, hogy az Ischebeck TITAN fűrt-injektált talajhorgony műszakilag egyenértékű, de gazdaságilag előnyösebb megoldás, mint az előfeszített horgony, különösen puha talajok esetén.



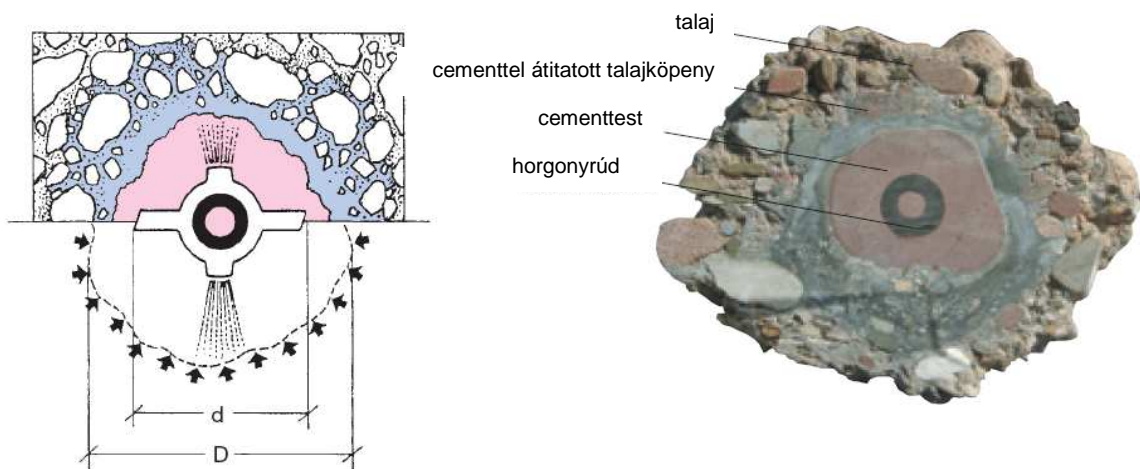
6. kép

2. Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgony felépítése

Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgony részeit az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra



2. ábra

Az így keletkezett horgonycölöp keresztmetszete látható a 2. ábrán.

3. Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgony kialakításának előnyei

- Az Ischebeck TITAN rendszer horgonyrúdja cső keresztmetszetű, mint az a fenti ábrákból is látható. A cső alakú keresztmetszet statikailag sokkal előnyösebb egy tömör rúdnál, mind hajlítás, mind nyírás, mind pedig a cölöp köpenysúrlódása tekintetében (a cső keresztmetszet a tömör rúdnál kedvezőbb keresztmetszeti inerciát biztosít, a nagyobb csőátmérőnek köszönhetően pedig nagyobb lesz a köpenysúrlódásból adódó teherbírás).
- A Bevezetés c. fejezetben már említett hármaskör funkció időt és energiát takarít meg, hiszen nincs szükség a fúrószár és a védőcső visszahúzására. A horgonyrúd injektálócsőként betöltött funkciója fölöslegessé teszi az injektáló tömlőket, emellett megbízható hatékonysággal tölti ki az injektálandó hézagokat.
- A horgonyrúd anyaga S460 minőségű (DIN EN 10210-1 szerint), az ütőmunkának ellenálló finomszemcsésű acél. (Az ütőmunka-ellenállása legalább 39 Joule. Nagyszilárdságú acélból készült feszítőpásmák, illetve az üvegszálak esetén mindez csupán 15 Joule.) Szakadó nyúlása meghaladja a 10 %-ot. Hegeszthető.
- Különösen kedvezőtlen környezeti feltételek esetén (pl. agresszív talajvíz, depóniák cölöpalapozása) ill. olyan esetekben, ahol nincs mód a horgonyrudat védő cementkő takarás létrehozására, alkalmazható korrózióálló INOX anyagú horgonyrúd is.
- Minden talajtípushoz rendelkezésre áll a megfelelő fúrófej, így a várttól eltérő talaj esetén nem szükséges másik technológiát választani.
- A horgonyrúd a betonacélokhöz hasonlóan bordázott, s ez jó tapadást biztosít az acél és a cementtest között. (7. kép)
- A számítások és az ellenőrző kísérletek során az bizonyult optimálisnak, ha a horgonyrúd menetemelkedésének és átmérőjének aránya ~0,15 körüli.



7. kép

- Amennyiben a bordák és a rúdtengely által bezárt szög nem haladja meg a 45°-ot, a cölöpre ható normálerőből keletkező nyíróerő nem terheli a cementtestet, és ezáltal nem okoz benne repedéseket. A DIN 4128 szabvány injektált cölöpökre engedélyezett repedéstágassága 0,1 mm. Az előnyös kialakításnak köszönhetően az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgonyok ennek megfelelnek.
- Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgonyok horgonyrúdja körül a horgonyrúd átmérőjét többszörösen meghaladó, az injektálásnak köszönhető cementtest és cementtel átitatott talajköpeny jön létre, mely biztosítja a fúrt-injektált talajhorgonyok teherbírását, és a horgonyrúd korrózióvédelmét. Az alábbi, 1. és 2. táblázatok vizsgálati eredményeket szemléltetnek, melyek megadják a fúrófej és a keletkezett cementtest és szilárdított földköpeny átmérőjének arányát (F: növekedési faktor). A DIN EN 14199 szabvány húzott cölöpök esetén 30 mm, nyomott cölöpök esetén pedig 20 mm cementfedést ír elő, korrózióvédelmi célokból.
- A fúrt-injektált talajhorgonyok cölöpfejének elmozdulása nem haladja meg feszített horgonyok esetében jellemző értéket. Mivel a horgonycölöp nem igényel feszítést, megtakaríthatók a feszítéses eljárásokat kísérő, költséges és gyakori felülvizsgálatok.

Ø 130 mm-es fúró					
TITAN horgonycölöp 73/53					
	Mért terület (K) mm	A cementtest és a cementtel átitatott földköpeny együttes sugara (mm) $R = K / (2\pi)$	Effektív átmérő $D = 2 R$	Növekedési faktor $F = 2R / 130$	Cementkő-fedés $C = (2R-73) / 2$
1. keresztmetszet	550,0	87,54	175,07	1,35	51,04
2. keresztmetszet	550,0	87,54	175,07	1,35	51,04
3. keresztmetszet	546,0	86,90	173,80	1,34	50,40
Átlag	548,7	87,32	174,65	1,34	50,82

1. táblázat

Ø 110 mm-es fúró					
TITAN horgonycölöp 40/16					
	Mért terület (K) mm	A cementtest és a cementtel átitatott földköpeny együttes sugara (mm) $R = K / (2\pi)$	Effektív átmérő $D = 2 R$	Növekedési faktor $F = 2R / 130$	Cementkő-fedés $C = (2R-40) / 2$
1. keresztmetszet	466,0	74,17	148,33	1,35	54,17
2. keresztmetszet	471,0	74,96	149,92	1,36	54,96
3. keresztmetszet	472,0	75,12	150,24	1,34	55,12
4. keresztmetszet	464,0	73,85	147,70	1,32	53,85
Átlag	468,3	74,52	149,05	1,35	54,52

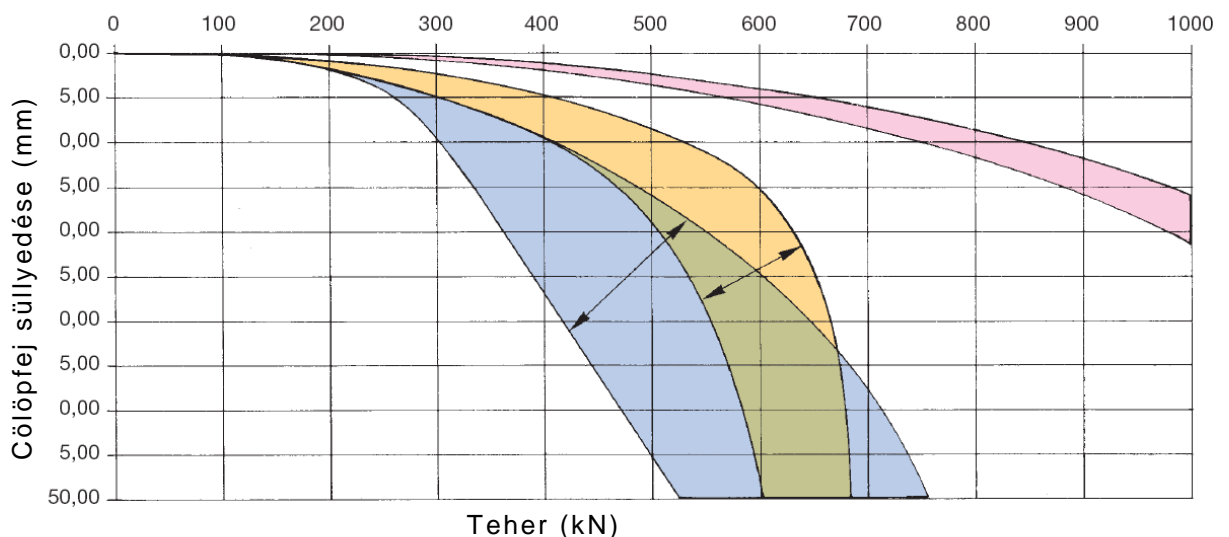
2. táblázat

4. Az Ischebeck TITAN fúrt-injektált talajhorgonyok teherbírási eredményei

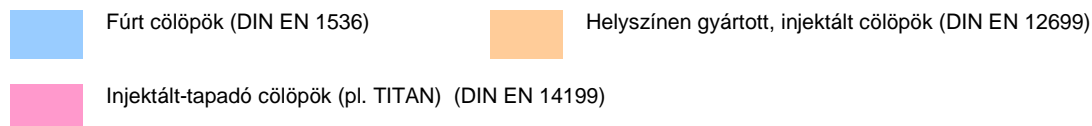
A fúrt-injektált talajhorgonyok köpenysúrlódásból adódó teherbírása az egyéb technológiákkal (helyszíni betonozással, veréssel, stb...) készített cölöpökre jellemző értékek 2-5 - szöröse. A fúrt-injektált talajhorgonyok teherbírását leginkább teher-elmozdulás mérésekkel szemléltethetjük. Azonos talaj és azonos terhelés esetén a fúrt-injektált talajhorgonyok elmozdulás értékei jelentősen kisebbek. A rugalmas alakváltozások max. 500 kN hasznos teher mellett általában 5 mm alattiak. A TITAN horgonycölöpök rugalmassági modulusa 50-100 kN/mm körüliek. (Az értékek talajtípustól függőek, a kötött talajoktól a homokon át a kavicstalajok felé emelkednek.) Szilárdsági szempontból nagyon előnyös, hogy az acélcső nagy nyomatóki teherbírását kiegészíti a cementtest keresztmetszeti méreteiből adódó jelentős nyírási teherbírása. A cölöp körüli és alatti talaj megtámasztó hatása is növekszik, hiszen az injektálás tömörebb talajszerkezetet eredményezett. Ennek köszönhetőek a kisebb süllyedési értékek.

Az alábbi, 3. ábra a különböző cölöpfajták teher-elmozdulás diagramjait szemlélteti, van Weele professzor kutatásai nyomán.

Rugalmassági modulus a süllyedések számításához: $E_s=65-150$ kN/mm



3. ábra



5. Méretezési kérdések

A fúrt-injektált talajhorgonyok méretezése különböző szabványok szerint történik. Az alábbiakat minden esetben vizsgálni kell:

- Belső teherbírás (horgony, cölöp)
- Külső teherbírás (talaj)
- Kihajlás (normálerőből adódik)
- Használhatóság
- Tartósság

A továbbiakban a következő jelöléseket, értékeket, szabványokat fogjuk használni:

- L_b : a cölöp hossza
- D : a cölöp átmérője
- q_{sk} : köpenysúrlódás
- q_c : csúcsellenállás
- $c_{u,k}$: nyírószilárdság

A köpenysúrlódás értékét azonosnak vesszük húzott és nyomott cölöpök esetén. A DIN 1054 szabvány szerint (3. táblázat):

Talajfajta	Köpenysúrlódás q_{sk}	
	MN/m ²	kN/m ²
Közepes és durva kavics*	0,20	200
Homok-homokos kavics*	0,15	150
Kötött talajok**	0,10	100
* $D \geq 0,4$ ill. $q_{ck} \geq 10$ MN/m ²		
** $I_c \sim 1$ ill. $c_{uk} \geq 150$ kN/m ²		

3. táblázat

Mikrocölöpök esetén ($D \leq 0,30$ m) a DIN 4094-1 CPT kísérleteinek eredményeire hagyatkozhatunk (4-5. táblázat):

Szemcsés talajokban	
A sonda átlagos csúcsellenállása (q_c) MN/m ²	Köpenysúrlódás (q_{sk}) kN/m ²
7,5	135-175
15	215-280
≥ 25	255-315
A megadott értékek között lineáris interpoláció megengedett.	

4. táblázat

Kötött talajokban	
Nyírószilárdság a drénezetlen talajban ($c_{u,k}$) kN/m ²	Köpenysúrlódás (q_{sk}) kN/m ²
60	55-65
150	95-105
≥ 250	115-125
A megadott értékek között lineáris interpoláció megengedett.	

5. táblázat

5.1. Számítási példa: cölöp teherbírás-vizsgálata (DIN 1054 szerint)

Alkalmazott fúrt-injektált talajhorgony: Ischebeck TITAN 73/53

 $R_k = 860 \text{ kN}$ (belső teherbírás karakterisztikus értéke) $\gamma_m = 1,15$ biztonsági tényezőBelső teherbírás tervezési értéke: $E_d = R_k / \gamma_m = 748 \text{ kN}$ Milyen hosszúságú fúrt-injektált talajhorgony biztosítja a belső teherbírással egyenlő külső teherbírást? ($L_b = ?$)

A számítás során használandó mennyiségek

 $d = 0,13 \text{ m}$ (fúrófej átmérője) $D = d + 50 \text{ mm}$ (növekedési faktor homokban) $\gamma_p = 1,20$ próbaterhelésekre vonatkozó biztonsági tényező

$$L_b \geq E_d \cdot \gamma_p / (q_{sk} \cdot \pi \cdot D)$$

$$L_b \geq 742 \text{ kN} \cdot 1,20 / (150 \text{ kN/m}^2 \cdot \pi \cdot (0,13 \text{ m} + 0,05 \text{ m})) = 10,5 \text{ m}$$

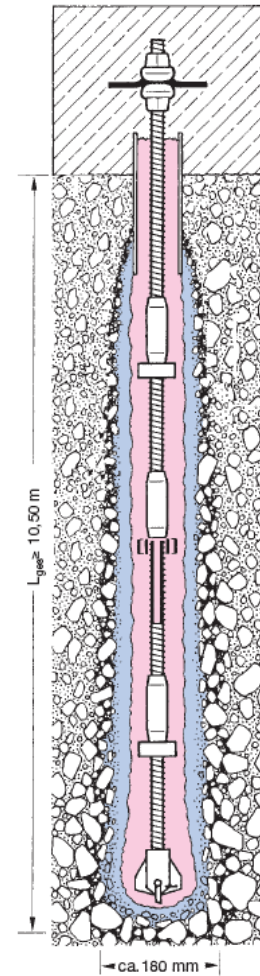
A talajból kiálló 0,5 m-es részt is figyelembe véve:

$$L_b + 0,5 \text{ m} = 11,00 \text{ m}$$

Az alkalmazott cölöp hossz: $L_{alk} = 12,00 \text{ m}$

A nyomott cölöpöket mindezek mellett még a kihajlás szempontjából is vizsgálni kell. TITAN mikrocölöpök esetében a DIN 1054 / DIN EN 14199 úgy rendelkezik, hogy kötött talajok esetében kihajlásvizsgálat csak akkor végzendő, ha a drénezetlen talaj nyírószilárdsága (c_{uk}) nem éri el a 15 kN/m^2 értéket.

A Z-34.14-209 előírásai szerint $c_{uk} < 10 \text{ kN/m}^2$ esetén folyamatosan megoszló oldalsó megtámasztás (talajágyazat) nélkül, $10 \text{ kN/m}^2 < c_{uk} < 30 \text{ kN/m}^2$ értékű nyírószilárdság esetében pedig folyamatos, oldalirányú megtámasztó ágyazat figyelembevételével végzendő el a vizsgálat.

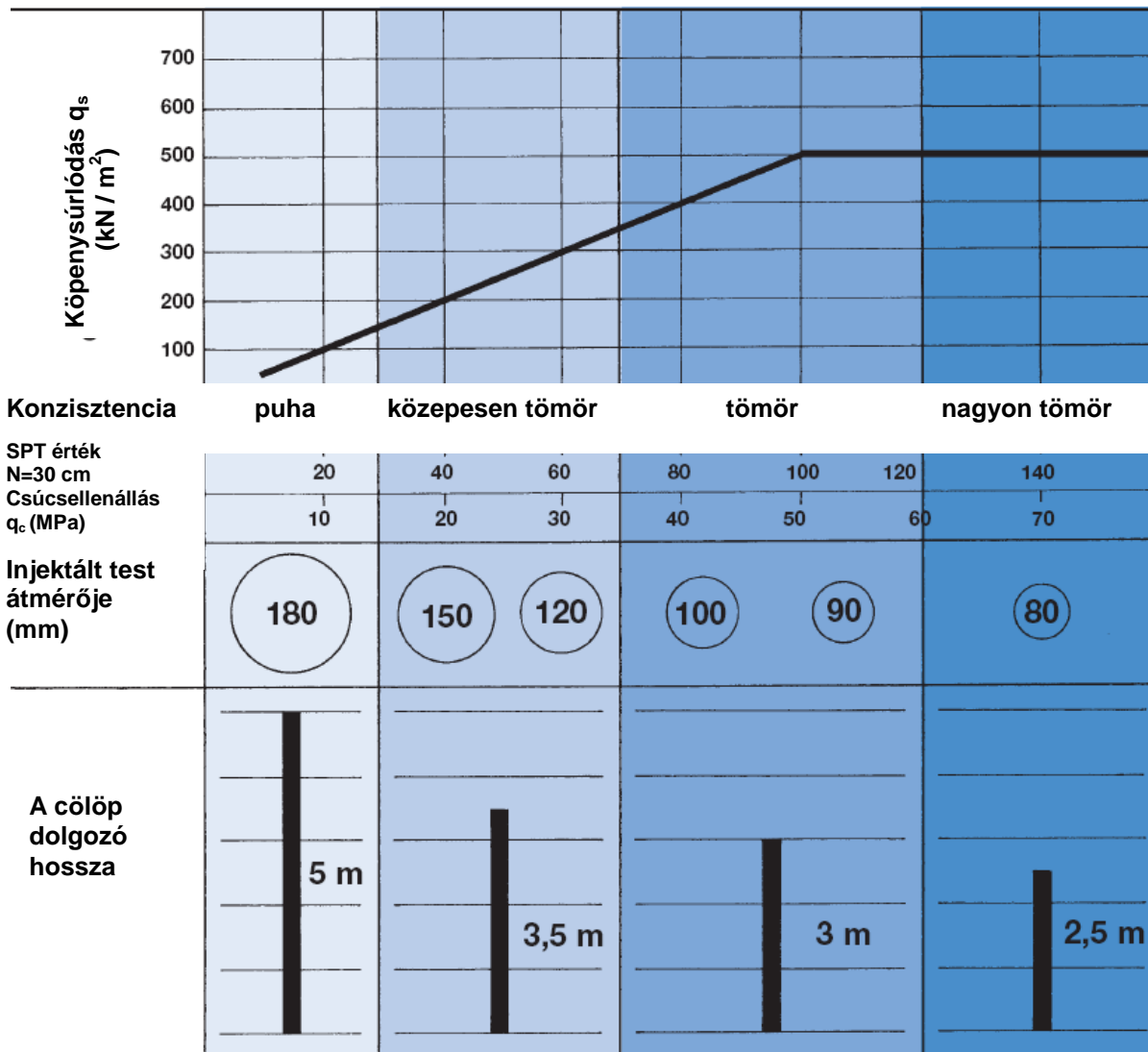


4. ábra

Az EAU E 9 norma az alábbi, kötött talajokra vonatkozó nyírószilárdsági értékeket adja meg:

Iszap / agyag (puha)	$c_{uk} = 5 - 60$	kN / m^2
Iszap / agyag (kemény)	$c_{uk} = 20 - 150$	kN / m^2
Iszap / agyag (félkemény)	$c_{uk} = 50 - 300$	kN / m^2
Szerves iszap / agyag (pépes)	$c_{uk} = 2 - < 15$	kN / m^2
Szerves iszap (pépes)	$c_{uk} = < 6$	kN / m^2

Szemcsés talajok esetére mutat példát a 6. táblázat. A táblázat az Ischebeck TITAN 30/11 jelű talajhorgonyra vonatkozó, homokos kavicsban mért értékeket adja meg.



6. táblázat

5.2. Számítási példa: cölöppel kihorgonyozott támfal horgonycölöpének szükséges hossza (DIN 1054 szerint)

A horgonyban keletkező normálerő (húzás) tervezési értéke:	$E_d = 400 \text{ kN}$
Az alkalmazott talajhorgony:	Ischebeck TITAN 40/16
Az alkalmazott horgonycölöp belső teherbírása:	$R_d = 404 \text{ kN}$
A horgonyrúd vízszintes irányú bezárt szöge:	20°
A fúrókorona átmérője:	90 mm
A talaj típusa:	homok

Mekkora a talajhorgony szükséges hossza? $L = ?$

A számítás során használandó mennyiségek:

$d = 0,09 \text{ m}$ (fúrófej átmérője)

$D = d + 50 \text{ mm}$ (növekedési faktor homokban)

$\gamma_p = 1,40$ próbaterhelések nélküli esetre vonatkozó biztonsági tényező

$q_{sk} = 150 \text{ kN/m}^2$ (homokban mért köpenysúrlódás)

$l_{ab} = 8,10 \text{ m}$ (a horgony hossza a támfaltól a horgonytest közepéig)

A horgonytest szükséges hossza:

$$L_b \geq E_d \cdot \gamma_p / (q_{sk} \cdot \pi \cdot D)$$

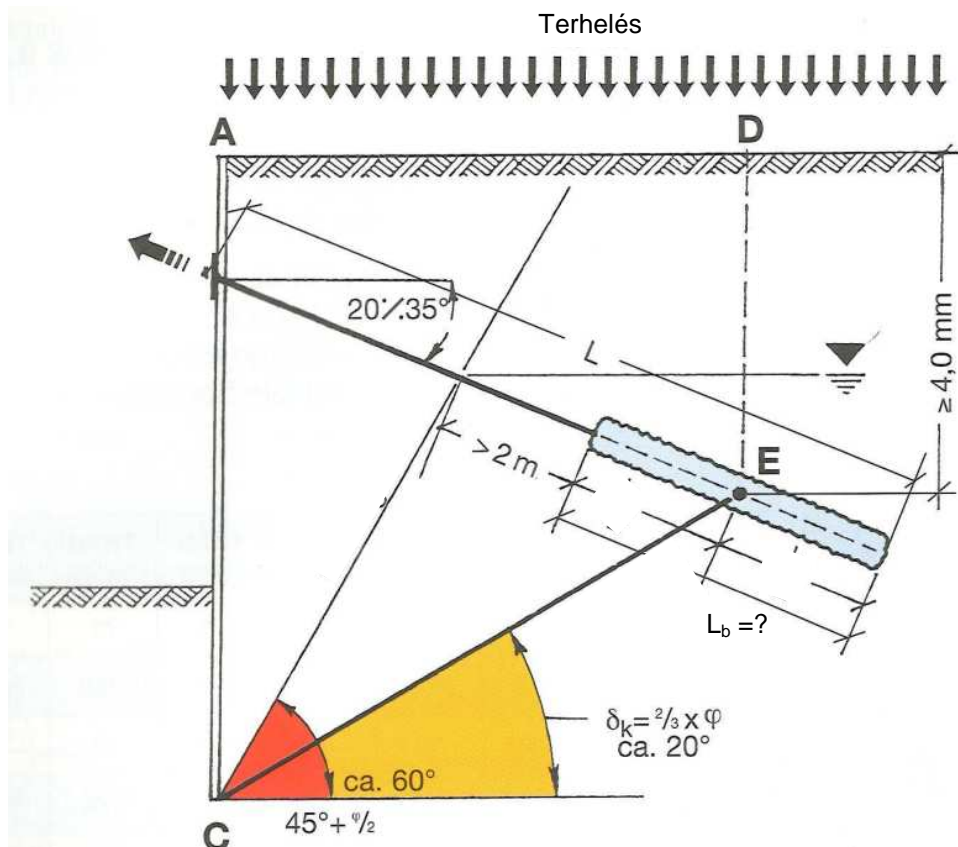
$$L_b \geq 400 \text{ kN} \cdot 1,40 / (150 \text{ kN/m}^2 \cdot \pi \cdot (0,09 \text{ m} + 0,05 \text{ m})) = 8,49 \text{ m}$$

A talajhorgony teljes hossza, a talajból kiálló részt (~30 cm) is figyelembe véve:

$$L = L_b/2 + L_{ab} + 0,30 \text{ m}$$

$$L = 8,49 \text{ m} / 2 + 8,10 \text{ m} + 0,30 \text{ m} = 12,665 \text{ m}$$

Tehát az alkalmazott cölöphossz: $L_{alk} = 13,00 \text{ m}$



5. ábra