



www.sze.hu/~szepesr

Magyar Mérnöki Kamara

2011. március

Szepesházi Róbert

Széchenyi István Egyetem, Győr

Geotechnikai tervezés az Eurocode 7 és
a kapcsolódó geotechnikai szabványok szerint

Az előadás tartalma

1. Az európai geotechnikai szabványosítás áttekintése
2. A geotechnikai tervezés alapjai az Eurocode 7 szerint
3. A síkalapok tervezése az Eurocode 7 szerint - I. rész
4. A síkalapok tervezése az Eurocode 7 szerint - II. rész
5. A cölöpalapok tervezése az Eurocode 7 szerint - I. rész
6. A cölöpalapok tervezése az Eurocode 7 szerint - II. rész

Cikkek, előadások

Szepesházi R. Hidak cölöpalapozásának biztonsága. 1. rész.
Közúti és Mélyépítési Szemle, 2006/12, Budapest, 2006

Szepesházi R., Hidak cölöpalapozásának biztonsága. 2. rész.
Közúti és Mélyépítési Szemle, 2007/1, Budapest, 2007

Szepesházi R., Geotechnika. Egyetemi jegyzet. 3. korszerűsített, bővített kiadás.
Universitas-Győr, www.sze.hu/~szepesr, 2008

Szepesházi R., Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó geotechnikai szabványok szerint.
Business Media Magyarország, Budaörs, 2008

Szepesházi R., Meszlényi Zs., Radványi L., Munkagödörök tervezésének magyarországi gyakorlata az Eurocode 7 tükrében.
1. Budapesti geotechnikai Mesterkurzus, Budapest, 2009.

Szepesházi R., ÚT 2.1-222:2006 Utak és autópályák létesítésének általános geotechnikai szabályai.
Magyar Közút Kht. Továbbképző tanfolyam. Előadás 6 alkalommal, különböző helyszíneken, 2009

Szepesházi R., Hídalapozások fejlesztése.
50. Hídmérnöki Konferencia, Siófok, 2009

Szepesházi R., Az Eurocode 7 „végleges” bevezetése elé.
Geotechnika 2009, Ráckeve, 2009

Szepesházi R., Eurocode 7: új követelmények és lehetőségek a geotechnikai tervezésben.
Magyar Szabvány-ügyi Testület Szakmai Fóruma: Áttérés az Eurocode-ok alkalmazására. Budapest, 2010

Szepesházi R., Az Eurocode 7 követelményei a hidak geotechnikai tervezésében.
Magyar Útügyi Társaság, Budapest, 2010

Szepesházi R., Cölöpök CPT-alapú méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint.
PhD-értekezés, Miskolci Egyetem, 2011

Szepesházi R., Cölöpök CPT-alapú méretezése az Eurocode 7 követelményei szerint.
Vasbetonépítés, Budapest, 2011 (megjelenés alatt)

Szepesházi Róbert

Geotechnikai tervezés

Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján



Geotechnikai tervezés – Általános szabályok

Geotechnikai tervezés – Geotechnikai vizsgálatok

Talajok és kőzetek azonosítása és osztályozása

Speciális geotechnikai munkák kivitelezése

**Utak és autópályák
létesítésének általános
geotechnikai szabályai**

General Geotechnical Rules of
Planning and Construction of
Roads and Highways

Magyar Mérnöki Kamara

A geotechnikai tevékenységek szabályai
az Eurocode-ok szerinti tervezésben

Tervezet

Előterjeszti:

Magyar Mérnöki Kamara
Geotechnikai Tagozata

Összeállította:

Szepesházi Róbert

Közreműködtek:

Czap Zoltán, Meszlényi Zsolt,
Radványi László, Szilvágyi László

Budapest

2010. március 24.

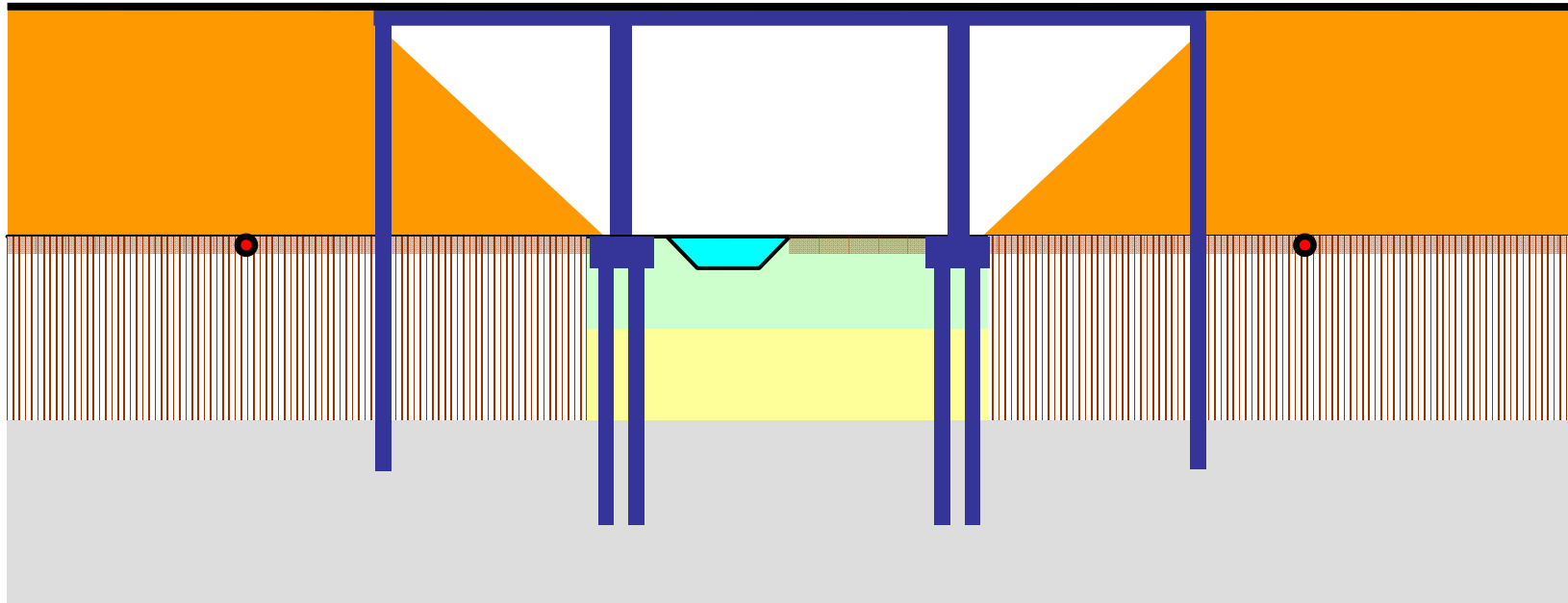
Geotechnikai tevékenységek

A szolgáltatás jellege	A szolgáltatás tárgya, tartalma
Geotechnikai információk előállítása, dokumentálása	építésföldtani adatszolgáltatás konkrét projekthez
	terepi talajvizsgálatok tervezése, irányítása, feldolgozása és dokumentálása
	laboratóriumi talajvizsgálatok tervezése, irányítása, feldolgozása és dokumentálása
	talajvizsgálati jelentés készítése konkrét projektekhez
Geotechnikai tervezés	geotechnikai megvalósíthatósági tanulmány készítése konkrét projekthez
	sík- és cölöpalapozás tervezése
	támfal, más földmegtámasztó szerkezet és talajhorgony tervezése
	talajjavítás és víztelenítés tervezése
	földmű tervezése
	földalatti műtárgy (mélygarázs, aluljáró, metróállomás, alagút) tervezése
Geotechnikai szerkezetek megvalósításának irányítása, vizsgálata	technológiai utasítás, organizációs terv és minőségbiztosítási terv készítése
	geotechnikai szerkezet (cölöp, horgony, földmű stb.) méréses vizsgálata, próbaterhelése
	geotechnikai szerkezet megvalósításának műszaki felügyelete
	geotechnikai megfigyelés tervezése, irányítása és értékelése
Meglévő építménnyel és természeti képződménnyel kapcsolatos geotechnikai feladatok	meglévő építmény geotechnikai vizsgálata
	meglévő építmény megerősítésének vagy átalakításának geotechnikai tervezése
	természetes földtani képződmény geotechnikai vizsgálata
	természetes földtani képződmény védelmének tervezése
Geotechnikai tervellenőrzés	geotechnikai információs dokumentum alkalmasságának értékelése
	geotechnikai terv ellenőrzése
	geotechnikai megvalósítási dokumentum ellenőrzése
	meglévő építményről és természetes képződményről szóló dokumentum ellenőrzése

Segítik-e a mérnököt
az európai geotechnikai szabványokat?

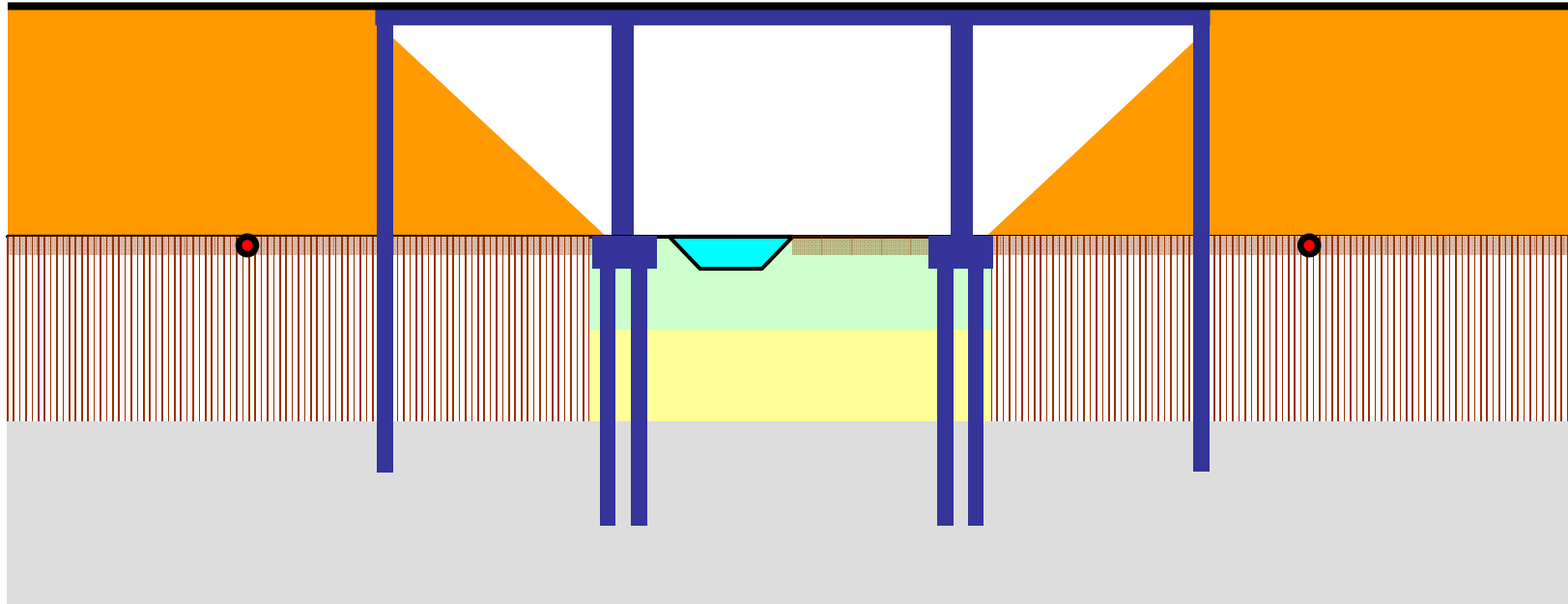
Egy káreset az Eurocode 7 tükrében

M7 autópálya Nagykanizsa-Becsehely



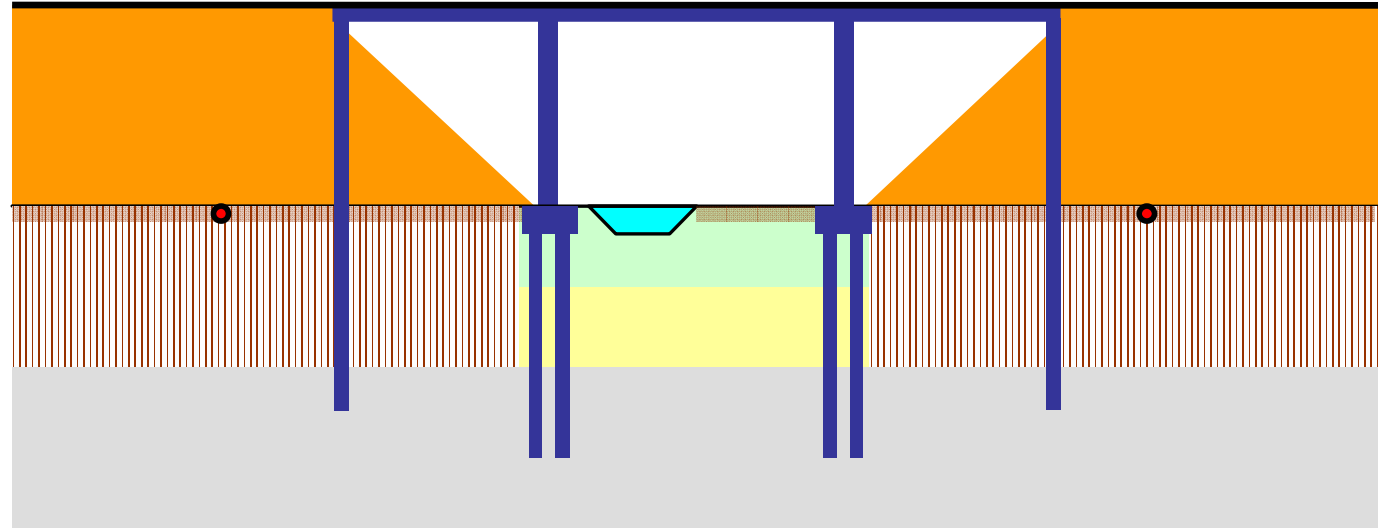
- töltésmagasság 14 m,
- rézsűhajlás keresztirányban 1:2 hosszirányban 1:1,5
- puha agyag és iszap → kavicscölöp 1,5×1,5 m / 60 cm
- CFA-cölöp D=80 cm pannon agyagban hídfő: 12 db, pillér: 17 db
- süllyedésmérés a háttöltés alatt

M7 autópálya Nagykanizsa-Becsehely



- kavicscölöpözés után közbenső támaszok cölöpözése
- gyors (nem dokumentált) töltésépítés
- 25 cm süllyedés a korona alatt 10 cm emelkedés a lábnál
- a patakmeder „feltöltődik”, visszaduzzaszt
- a közbenső támaszok oszlopai 20 cm-t befelé dőltek
- felhelyezhetők-e a tartók - okkeresés

**EURO-
CODE
7
Cölöp-
alozás**



Ajánlatos figyelemmel lenni a következő tervezési állapotokra, melyek a cölöpökre keresztirányú hatásokat eredményezhetnek:

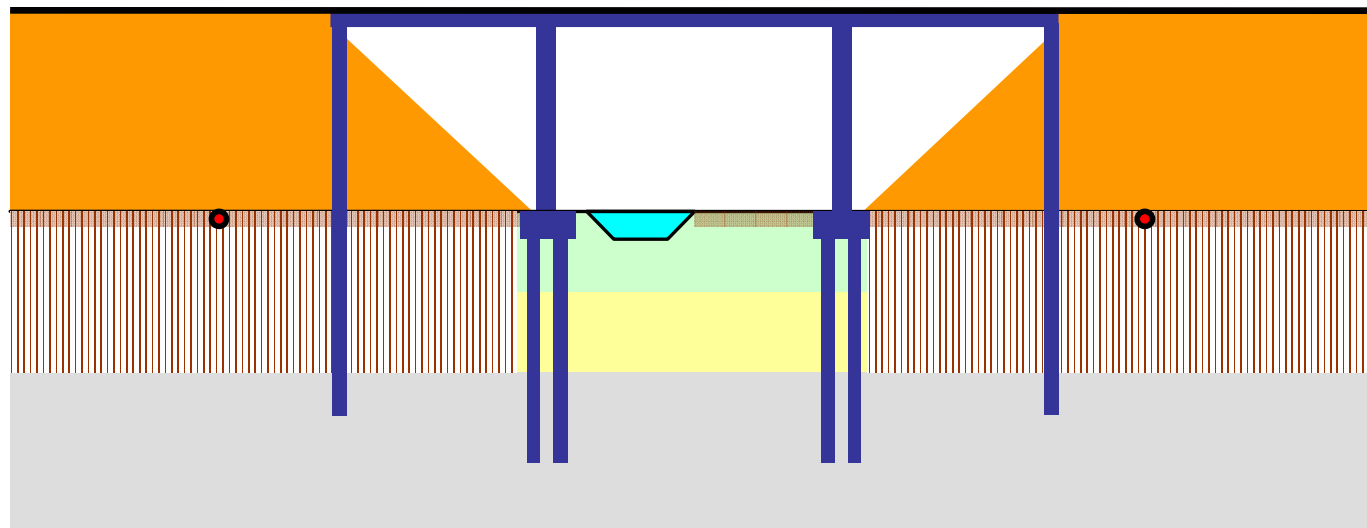
- különböző mértékű terhelés a cölöpalap különböző oldalain (pl. egy töltésben vagy annak közelében);

A cölöpalapok keresztirányú terhelését általában a merev vagy hajlékony gerendaként modellezett cölöpök és a mozgó talajtömeg közötti kölcsönhatás vizsgálatával ajánlatos megállapítani.

EURO- CODE

7

Töltések



Kis szilárdságú és nagyon összenyomható altalajra kerülő töltések esetén olyan kivitelezési folyamatot kell előírni, mely biztosítja, hogy a teherbíró képességet nem lépik túl, és a kivitelezés közben nem fordulnak elő túlzottan nagy süllyedések vagy mozgások.

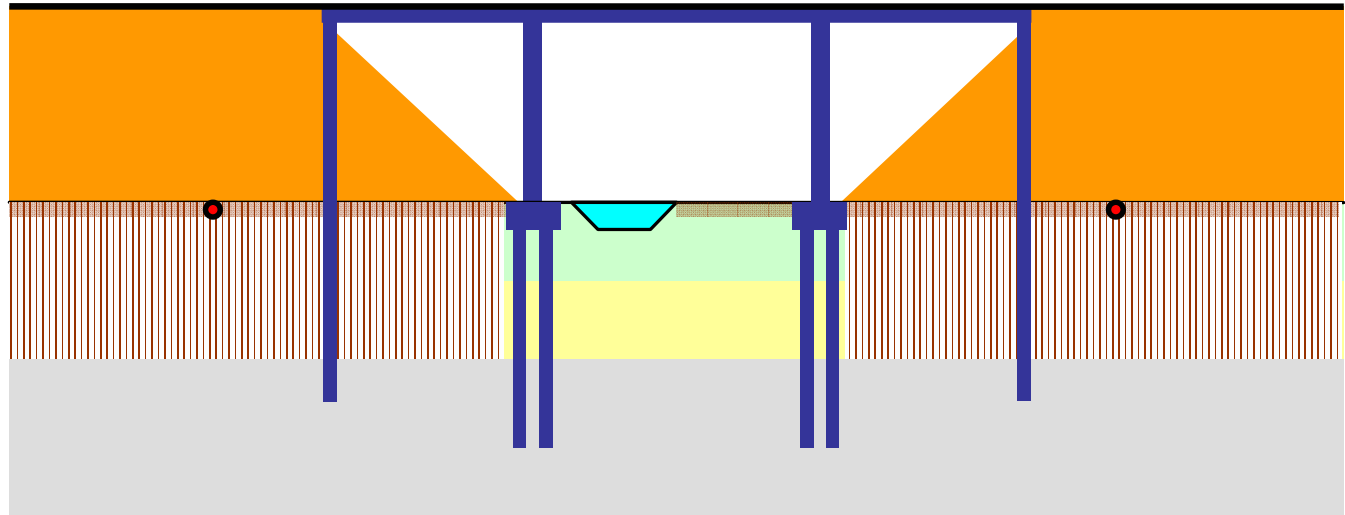
Ha talajjavítást írnak elő, akkor ajánlatos a kezelendő talaj térfogatát kellő ráhagyással tervezni, hogy ne alakulhassanak ki káros alakváltozások.

Ahol a töltést utak vagy vízfolyások keresztezik, ajánlatos különös figyelmet fordítani a különböző szerkezeti elemek térbeli kölcsönhatásaira.

A tervben ki kell mutatni, hogy a töltések alakváltozásai miatt nem következik be használhatósági határállapot a töltésben, ill. a rajta, benne vagy közelében levő tartószerkezetekben, utakban és közművekben.

**EURO-
CODE
7**

**Műszaki
felügyelet,
megfigyelés**



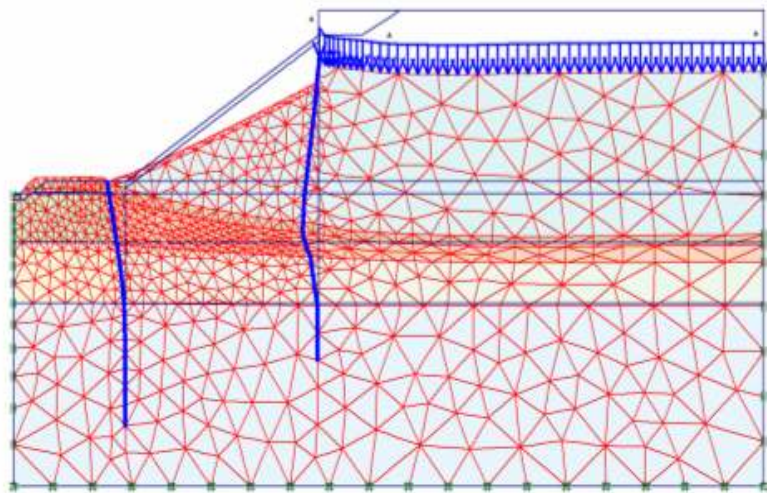
A töltések megfigyelése szükséges, ha a tartószerkezeteket és a közműveket érő károsító hatások ellenőrzését kívánják meg.

Ha követelmény, hogy a műszaki felügyeletre és a megfigyelésre program készüljön, akkor ezt a tervezőnek a geotechnikai tervezési beszámoló részeként kell elkészítenie. Elő kell írni a megfigyelés észleléseinek értékelését és az annak alapján szükséges tennivalókat.

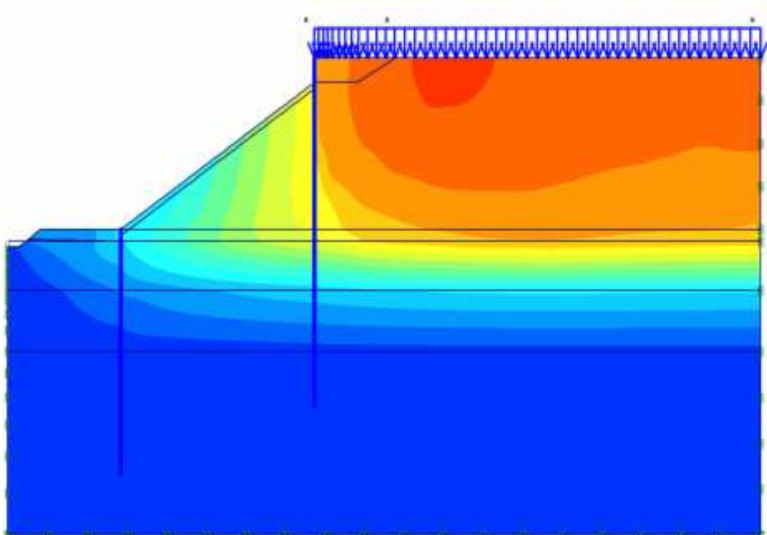
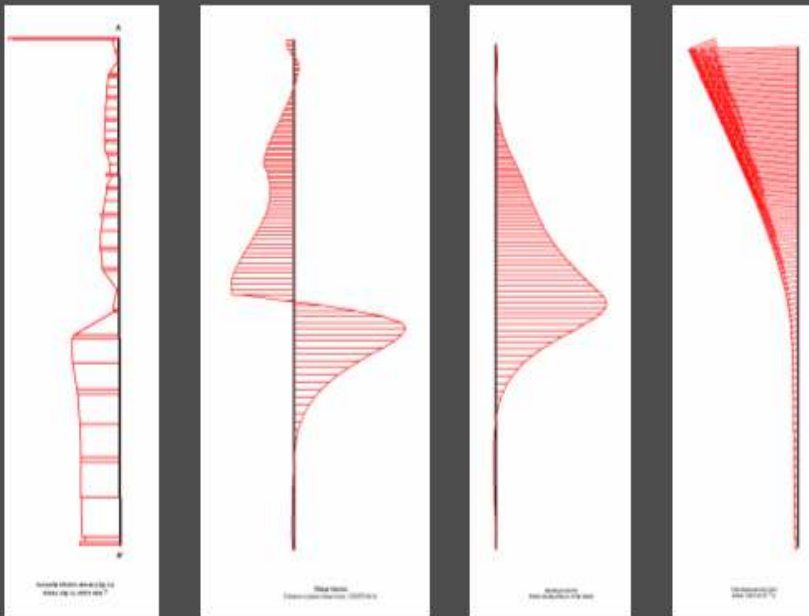
Mindenkor értékelni és értelmezni kell a megfigyelés eredményeit, és ez általában számszerűsített formában valósuljon meg.

A 2. geotechnikai kategória esetén a teljesítőképességet a tartószerkezet kiválasztott pontjainak mozgásmérései alapján lehet értékelni.

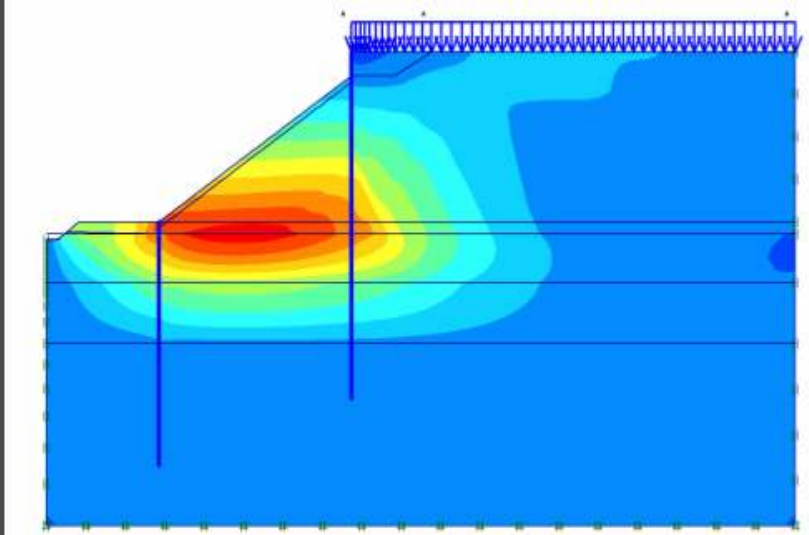
Hajlékony gerendaként modellezett cölöpök és a mozgó talajtömeg közötti kölcsönhatás vizsgálata PLAXIS-programmal



Deformed Mesh
Extreme total displacement $262,90 \cdot 10^{-3}$ m
(displacements scaled up 20.00 times)



Total displacements (U_{tot})
Extreme U_{tot} $262,90 \cdot 10^{-3}$ m



Horizontal displacements (U_x)
Extreme U_x $-05,23 \cdot 10^{-3}$ m

A geotechnikai tervezés alapelve

MSZ EN 1997-1

2. A geotechnikai tervezés alapjai

2.4. A számításokon alapuló geotechnikai tervezés

(2) A geotechnikában az altalaj állapotának ismerete függ az elvégzett geotechnikai vizsgálatok mennyiségétől és minőségétől. Ezen ismeretek megszerzése és a kivitelezés szakszerű irányítása sokkal fontosabb az alapvető követelmények teljesítéséhez, mint a számítási modellek és a parciális tényezők pontossága.

Az Eurocode 7 alapfeltevései

- megfelelően képzett személyzet gyűjtötte össze, rögzítette és értelmezte a tervezéshez szükséges adatokat;
- kellően képzett és tapasztalt szakemberek tervezték a tartószerkezeteket;
- folyamatosság és a kapcsolattartás a közreműködő szakemberek között az adatgyűjtésben, a tervezésben és a kivitelezésben;
- megfelelő a műszaki felügyelet és a minőségellenőrzés az üzemekben, a telepeken és a munkahelyen;
- a kivitelezést a vonatkozó szabványokat és előírásokat betartva, kellő jártassággal és tapasztalattal rendelkező személyek végzik;
- az építési anyagokat és termékeket az ezen Eurocode, vagy az anyagra, illetve termékre vonatkozó előírások szerint használják fel;
- a tartószerkezet fenntartása megfelelő lesz, és ezáltal az a tervezett teljes élettartama alatt biztonságos és használható lesz;
- a tartószerkezetet a tervben meghatározott célra használják.

1.

Az európai geotechnikai szabványosítás áttekintése

Az európai geotechnikai szabványosítás tárgykörei

- geotechnikai tervezés
 - geotechnikai vizsgálatok
 - speciális mélyépítési technológiák
-
- mélyépítési szerkezetek, termékek
 - geoműanyagok alkalmazása, vizsgálata
-
- földmunkák

MSZ EN 1997-1:2006 Eurocode 7-1

Geotechnikai tervezés.

1. rész

Általános szabályok.

- Tartószerkezetek tervezése sorozatban
- Magyar változat bevezetése 2006-ban
- Nemzeti melléklettel együtt
- Javítás 2010 elején

Az Eurocode 7-1 tartalma

1. Általános elvek
2. A geotechnikai tervezés alapjai
3. Geotechnikai adatok
4. Az építés műszaki felügyelete, megfigyelés, fenntartás
5. Földművek, víztelenítés, talajjavítás és talajerősítés
6. Síkalapok
7. Cölöpalapok
8. Horgonyzások
9. Támszerkezetek
10. Hidraulikus talajtörés
11. Általános állékonyság
12. Töltések

MSZ EN 1997-2: 2006 EC 7-2

Geotechnikai tervezés.

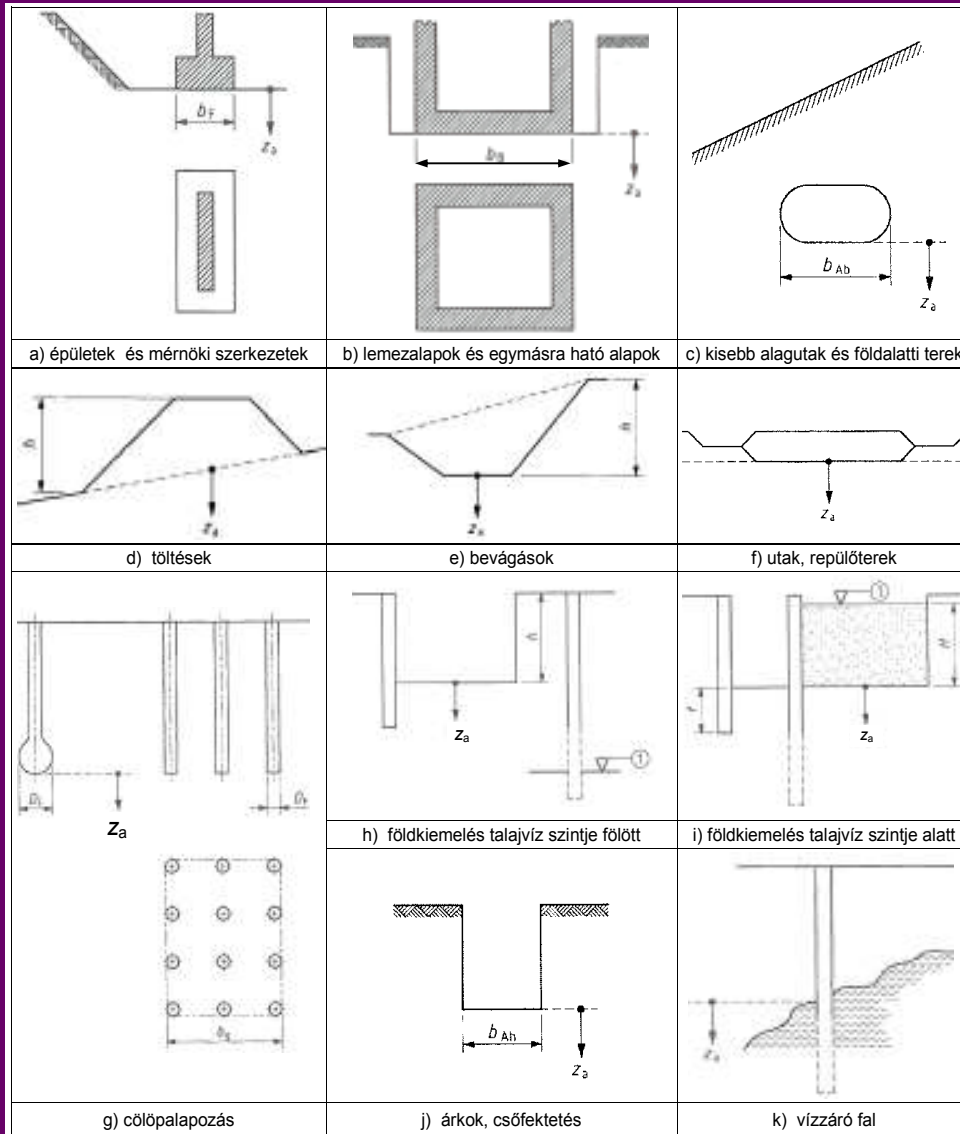
2. rész: Talajvizsgálatok.

Fejezetek

1. Általános elvek
2. A talajvizsgálatok megtervezése
3. Mintavétel és talajvízmérések
4. Terepi vizsgálatok
5. Laboratóriumi vizsgálatok
6. Talajvizsgálati jelentés

- 2007 európai bevezetés – 2008 magyar változat bevezetése
- tárgy, követelmények, értékelés, felhasználás a főbb vizsgálatokra
- a technikai részletek szabályozását illetően hivatkozások
- mellékletekben sok hasznos korrelációs összefüggés és pl. cölöptervezés

A talajvizsgálatok mértéke



Építmény típus	A feltárási helyek kiosztása
magas építmények és ipari szerkezetek	15 – 40 m-es hálózat
nagy alapterületű szerkezetek	max. 60 m-es hálózat
vonalas létesítmény (út, vasút, csatorna, csővezeték, gát, alagút, támfal)	20 – 200 m-es hálózat
speciális szerkezetek (pl. híd, kémény, gépalap)	2 – 6 vizsgálat alaptestenként
gátak és duzzasztóművek	25 – 75 m a fontos szelvényekben

Ábra	Építmény típus	A feltárási mélysége
a	magas szerkezetek és mérnöki építmények	$z_a \geq 6 \text{ m}$ $z_a \geq 3,0 \cdot b_F$
b	lemezalapok, több alaptesten álló szerkezetek, ha hatásuk szuperponálódik	$z_a \geq 1,5 \cdot b_B$
c	kisebb alagutak és földalatti terek	$b_{Ab} < z_a < 2,0 \cdot b_{Ab}$
d	töltések	$0,8 \cdot h < z_a < 1,2 \cdot h$ $z_a \geq 6 \text{ m}$
e	bevágások	$z_a \geq 2 \text{ m}$ $z_a \geq 0,4 \cdot h$
f	utak és repülőterek	$z_a \geq 2 \text{ m}$
g	cölöpök	$z_a \geq 1,0 \cdot b_g$ $z_a \geq 5,0 \text{ m}$ $z_a \geq 3 \cdot D_F$
h	földkiemelés a talajvíz (vagy annak piezometrikus szintje) fölött	$z_a \geq 0,4 \cdot h$ $z_a \geq (t + 2,0) \text{ m}$
i	földkiemelés a talajvíz (vagy annak piezometrikus szintje) alá (* 5,0 m-re növelendő, ha nincs z_a -ig kevésbé vízáteresztő réteg)	$z_a \geq (H + 2,0) \text{ m}$ $z_a \geq (t + 2,0^*) \text{ m}$
j	árok és csővezetékek	$z_a \geq 2 \text{ m}$ $z_a \geq 1,5 \cdot b_{Ah}$
k	vízzáró fal	$z_a \geq 2 \text{ m}$

Mindig nagyobb vizsgálati mélységet kell választani, ha kedvezőtlenek a geológiai viszonyok, pl. ha gyanítható, hogy a jobb teherbírású rétegek alatt gyenge vagy összenyomódó rétegek vannak.

Ha a szerkezet bizonyosan teherbíró rétegre kerül, akkor a vizsgálati mélység $z_a=2 \text{ m}$ -ig csökkenthető, kivéve, ha a geológiai viszonyok bizonytalanok, mert ez esetben legalább egy fúrást legalább $z_a=5 \text{ m}$ -ig le kell mélyíteni. (Ha a tervezett alapsíkon alapkőzet jellegű formáció van, akkor ettől kell z_a -t értelmezni, egyébként z_a az alapkőzet felszínére vonatkoztatva értendő.)

A mintavétel minősége

Terepi vizsgálati módok ^{a)}	Az elérhető eredmények																			
	Mintavétel						Terepi vizsgálatok												Talajvízmérések	
	Talaj			Szilárd kőzet			CPT & CPTU	Pressziométer ^{c)}	rugalmas		SPT ^{d)}	DPL / DPM	DPH / DPH	WST	FVT	DMT	PLT	Nyílt rendszer	Zárt rendszer	
	A kategória	B kategória	C kategória	A kategória	B kategória	C kategória			RDT	Lapdilatometer										
Alapvető információk																				
Talajfajta	C1 F1	C1 F1	C2 F2	—	—	—	C2 F2	C3 F3	—	C3 F3	C2 F1	C3 F3	C3 F3	—	—	C2 F2	—	—	—	
A szilárd kőzet fajtája	—	—	—	R1	R1	R2	R3 ^{e)}	R3	R2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
A rétegek kiterjedése ^{b)}	C1 F1	C1 F1	C3 F3	R1	R1	R2	C1 F1	R3 C3 F3	R3	C3 F3	C2 F2	C1 F2	C1 F2	F2	—	C2 F1	—	—	—	
Talajvízszint	—	—	—	—	—	—	C2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R2 C1 F2	R1 C1 F1	
Pórusvíznyomás	—	—	—	—	—	—	C2 F2	F3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	R2 C1 F2	R1 C1 F1	
Geotechnikai tulajdonságok																				
Szemcsenagyság	C1 F1	C1 F1	—	R1	R1	R2	—	—	—	—	C2 F1	—	—	—	—	—	—	—	—	
Víztartalom	C1 F1	C2 F1	C3 F3	R1	R1	—	—	—	—	—	C2 F1	—	—	—	—	—	—	—	—	
Atterberg-határok	F1	F1	—	—	—	—	—	—	—	—	F2	—	—	—	—	—	—	—	—	
Tömorség	C2 F1	C3 F3	—	R1	R1	—	C2 F2	—	—	—	C2 F2	C2	C2	—	—	C2 F2	—	—	—	
Nyírószilárdság	C2 F1	—	—	R1	—	—	C2 F1	C1 F1	—	—	C2 F3	C2 F3	C2 F3	C2	F1	C2 F1	R3 C3 F3	—	—	
Összenyomhatóság	C2 F1	—	—	R1	—	—	C2 F1	C1 F1	R1	F1	C2 F2	C2 F2	C2 F2	C2	—	C2 F1	C1 F1	—	—	
Áteresztőképesség	C2 F1	—	—	R1	—	—	C3 F2	F3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	C2 F3	C2 F2	
Vegyészeti vizsgálatok	C1 F1	C1 F1	—	R1	R1	—	—	—	—	—	C2 F2	—	—	—	—	—	—	—	—	
^{a)} a megnevezést illetően lásd a 3. és 4. fejezetet ^{b)} vízszintesen és függőlegesen ^{c)} a pressziométer fajtájától függ ^{d)} mintavételt is feltételezve ^{e)} csak puha kőzet				R1 nagy a szilárd kőzetben C1 nagy a durva szemcsésű talajban ^{*)} F1 nagy a finom szemcsésű talajban ^{*)} — nem alkalmazható						R2 közepes a szilárd kőzetben C2 közepes a durva szemcsésű talajban F2 közepes a finom szemcsésű talajban				R3 kicsi a szilárd kőzetben C3 kicsi a durva szemcsésű talajban F3 kicsi a finom szemcsésű talajban						
Alkalmazhatóság:				^{*)} a „durva szemcsésű” és „finom szemcsésű” fő talajcsoportok az ISO 14688-1 szerint értelmezendők MEGJEGYZÉS: A talajviszonyoktól (pl. talajfajta, talajvízviszonyok) és a tervezett projekttől függően a vizsgálati módszerek megválasztása változhat, és eltérhet e táblázattól.																

Geotechnikai vizsgálatok

- talaj- és kőzetosztályozás
magyar változat 2008-ban
nemzeti szabvánnyal kiegészítve
- talajfeltárás- és talajvízmérések
talajfeltárás - magyar változata 2010-ben
talajvízmérések - ts-változatok pr-stádiumban
- terepi talajvizsgálatok
elhúzódó európai megjelenés
2012 végére magyar változatok (?)
- laboratóriumi talajvizsgálatok
rutinvizsgálatokra magyar változat MSZE-ként 2008-ban bevezetve
mechanikai vizsgálatok magyar változata MSZE-ként 2010-ben bevezetve
- geotechnikai szerkezetek vizsgálata
elhúzódó európai megjelenés
fontosabbak (statikus cölöppróbaterhelés) magyar változata 2012-ben (?)

Talaj- és kőzetosztályozás

MSZ EN ISO 14688-1:2005	Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 1. rész: Azonosítás és leírás.
MSZ EN ISO 14688-2:2005	Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 2. rész: Osztályozási alapelvek.
<i>pr EN ISO 14688-2:2006</i>	<i>Geotechnikai vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 3. rész: A talajazonosítás elektronikus adatkezelése.</i>
MSZ EN ISO 14689-1:2005	Geotechnikai vizsgálatok. Kőzetek azonosítása és osztályozása. 1. rész: Azonosítás és leírás.
<i>pr EN ISO 14689-2:2006</i>	<i>Geotechnikai vizsgálatok. Kőzetek azonosítása és osztályozása. 2. rész: A kőzetazonosítás elektronikus adatkezelése.</i>
MSZ 14043-2:2006	Talajmechanikai vizsgálatok. Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból.

Az osztályozás alapja	iszap+agyagtartalom	plasztikus index
	$S_{0,063}$ %	I_p %
a szemeloszlás, ha	< 40	< 10
a plasztikus index, ha	> 40	> 10
A szemeloszlás és a plasztikus index együttes értékelése, ha	< 40	> 10
	> 40	< 10

plaszticitási index I_p	csoportnév	megnevezés
10 % alatt	nem plasztikus	szemeloszlás alapján
10 és 15 % között	kis plaszticitású	iszap
15 és 20 % között	közepes plaszticitású	sovány agyag
20 és 30 % között		közepes agyag
nagyobb 30 %-nál	nagy plaszticitású	kövér agyag

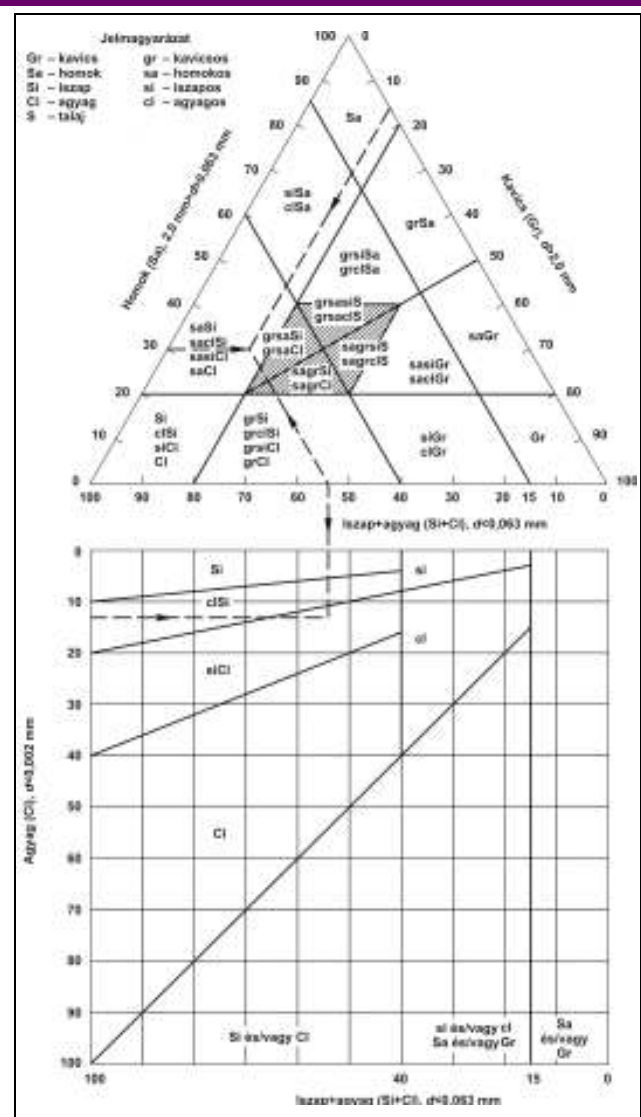
Az iszapok és agyagok konzisztenciája	Konzisztencia-index I_c
Nagyon puha	< 0,25
Puha	0,25 – 0,50
Gyúrható	0,50 – 0,75
Merev	0,75 – 1,00
Kemény	> 1,00

MSZ EN ISO 14688-1:2006 MSZ EN ISO 14688-2:2006 MSZ 14043-2:2006	Jellemzés	Szervesanyag-tartalom (≤ 2 mm) tömeg %-ban
	Kissé szerves	2 – 6
	Közepesen szerves	6 – 20
	Nagyon szerves	> 20

Szemecscsoport	Szemecsefrakció	Jelölés	Szemcseméret (mm)
Nagyon durva	Kötömb	LBo	> 630
	Görgeteg	Bo	200 – 630
	Macskakő	Co	63 – 200
Durva	Kavicsok	Gr	2,0 – 63
	Durva kavics	CGr	20 – 63
	Közepes kavics	MGr	6,3 – 20
	Apró kavics	FGr	2,0 – 6,3
	Homokok	Sa	0,063 – 2,0
	Durva homok	CSa	0,63 – 2,0
	Közepes homok	MSa	0,2 – 0,63
	Finom homok	FSa	0,063 – 0,2
	Finom	Iszapok	Si
Durva iszap		CSi	0,02 – 0,063
Közepes iszap		MSi	0,0063 – 0,02
Finom iszap		FSi	0,002 – 0,0063
Agyag		Cl	$\leq 0,002$

Szemeloszlási görbe alakja	C_u	C_c
Lapos	> 15	1 – 3
Elnyúló	6 – 15	< 1
Meredek	< 6	< 1
Lépcsős	rendszerint nagy	akármennyi (rendszerint < 0,5)

Megnevezés	Tömörégi index I_D %
Nagyon laza	0 – 15
Laza	15 – 35
Közepesen tömör	35 – 65
Tömör	65 – 85
Nagyon tömör	85 – 100



23. ábra. Talajosztályozási segédlet

MSZE CEN ISO/TS 17892
Geotechnikai vizsgálatok
Talajok laboratóriumi vizsgálata

1. A víztartalom meghatározása
2. A finomszemcséjű talajok térfogatsűrűségének meghatározása
3. A szemcsék sűrűségének meghatározása. Piknométer-módszer
4. A szemeloszlás meghatározása
5. Kompressziós vizsgálat lépcsőzetes terheléssel
6. Ejtőkúpos vizsgálat
7. Finomszemcsés talajok egyirányú nyomóvizsgálata
8. Konzolidálatlan, drénezetlen triaxiális vizsgálat
9. Konzolidált triaxiális nyomóvizsgálat telített talajokon
10. Közvetlen nyíróvizsgálat
11. Áteresztőképességi vizsgálat
12. Az Atterberg-határok meghatározása

KÚPOS PENETROMÉTER

a folyási határ megállapítására
a Casagrande-készülék helyett

MSZE EN ISO/TS
17893-12

Geotechnikai vizsgálatok.
Talajok laboratóriumi vizsgálata

12. rész.

Az Atterberg határok meghatározása



MSZE CEN ISO/TS 22476

Geotechnikai vizsgálatok

Terepi vizsgálatok

<i>pr EN</i>	22476-1	<i>Nyomószondázás elektromos mérőberendezéssel</i>
MSZ EN	22476-2	Verőszondázás
MSZ EN	22476-3	SPT-szondázás
<i>pr EN</i>	22476-4	<i>Pressziométeres vizsgálat Menard-féle berendezéssel</i>
<i>EN</i>	22476-5	<i>Rugalmas dilatométeres vizsgálat</i>
<i>pr EN</i>	22476-6	<i>Pressziométeres vizsgálat önlefúró berendezéssel</i>
<i>EN</i>	22476-7	<i>Fúrólukás terhelés</i>
<i>EN</i>	22476-8	<i>Pressziométeres vizsgálat teljes elmozdulással</i>
<i>pr EN</i>	22476-9	<i>Terepi nyírószondázás</i>
<i>TS</i>	22476-10	<i>Súlyszondázás</i>
<i>TS</i>	22476-11	<i>Lapdilatométeres vizsgálat</i>
<i>pr EN</i>	22476-12	<i>Nyomószondázás mechanikus mérőberendezéssel</i>
<i>EN</i>	22476-13	<i>Tárcsás terhelés</i>



SPT
standard
behatolási
vizsgálat

Geotechnikai vizsgálatok

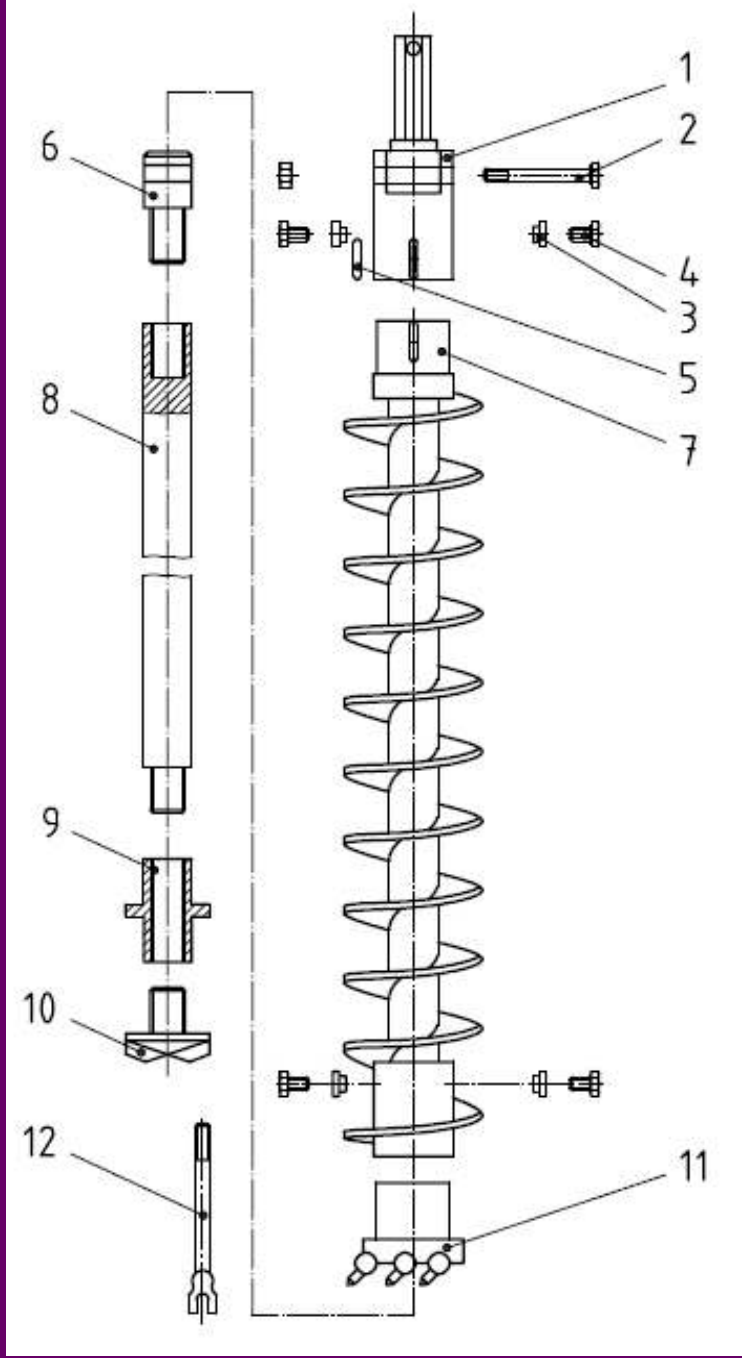
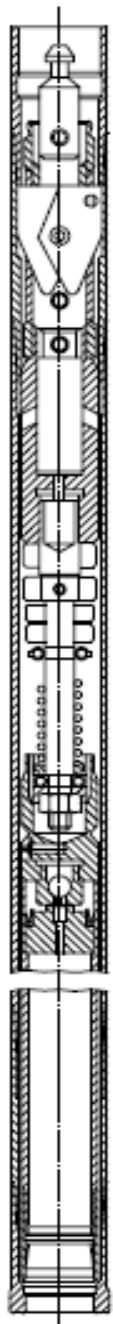
Mintavételi módszerek és talajvízmérések

MSZ EN ISO 22475

1. Műszaki alapelvek
2. *Minősítési kritériumok*
3. *Megfelelőségi értékelés*

ISO/TS 22282

1. *Általános elvek*
2. *Áteresztőképességi vizsgálat pakker nélkül*
3. *Víznyomásos vizsgálat*
4. *Próbaszivattyúzás*
5. *Nyeletéses vizsgálat*
6. *Áteresztőképességi vizsgálat fúrólukban pakkerrel*



Speciális mélyépítési munkák

MSZ EN 1536	Fúrt cölöpök (felülvizsgált változat 2011-ben?)
MSZ EN 12063	Szádfalak
MSZ EN 1537	Talajhorgonyok
MSZ EN 1538	Résfalak (felülvizsgált változat 2011-ben?)
MSZ EN 12699	Talajkiszorításos cölöpök
MSZ EN 12715	Talajszilárdítás
MSZ EN 12716	Talajhabarcsosítás
MSZ EN 14199	Mikrocölöpök
MSZ EN 14475	Erősített töltés
MSZ EN 14679	Mélykeverés
MSZ EN 14731	Mélyvibrálás
MSZ EN 15237	Függőleges drénezés (magyar nyelven 2011-ben?)
pr EN 14490	Talajszegezés (magyar nyelven 2011-ben?)

Mélykeverés



Mélyépítési szerkezetek, termékek

MSZ EN 12794:2005

Előre gyártott betontermékek. Cölöpök alapozáshoz

MSZ EN 13331-1:2003

Munkaárok-dúcoló rendszerek. 1. rész: Termékmeghatározás.

MSZ EN 13331-2:2003

Munkaárok-dúcoló rendszerek. 2. rész: Számítás vagy vizsgálat

MSZ EN 14653-1:2005

Kézi működtetésű hidraulikus alátámasztó rendszerek alapozási munkákhoz. 1. rész: Termékelőírások

MSZ EN 14653-2:2005

Kézi működtetésű hidraulikus alátámasztó rendszerek alapozási munkákhoz. 2. rész: Számítás vagy vizsgálat

Előregyártott vasbeton cölöp



EN ISO 22477

Geotechnikai szerkezetek vizsgálata

1. *Cölöp-próbaterhelés tengelyirányú statikus nyomóerővel*
2. *Cölöp-próbaterhelés tengelyirányú statikus húzóerővel*
3. *Cölöp-próbaterhelés keresztirányú statikus húzóerővel*
4. *Cölöp-próbaterhelés tengelyirányú dinamikus nyomóerővel*
5. *Talajhorgonyok vizsgálata*
6. *Talajszegek vizsgálata*
7. *Talajerősítés vizsgálata*

Cölöppróbaterhelés



Geotextíliák és rokon termékek alkalmazása

MSZ EN 13249:2001 - utak és más közlekedési területek

MSZ EN 13250:2001 - vasutak

MSZ EN 13251:2001 - földmunkák és az alapozások

MSZ EN 13252:2001 - vízelvezető rendszerek

MSZ EN 13253:2001 - erózióvédelem

MSZ EN 13254:2000 - víztározók és gátak

MSZ EN 13255:2000 - csatornák

MSZ EN 13256:2000 - alagutak és föld alatti műtárgyak szerkezete

MSZ EN 13257:2001 - szilárd hulladéklerakók

MSZ EN 13261:2001 - víztározók

MSZ EN 13262:2001 - csatornák

MSZ EN 13265:2001 - folyékony hulladéklerakók

MSZ EN 13291:2004 - alagutak és föld alatti szerkezetek szigetelése

MSZ EN 13292:2004 - folyékony hulladéklerakók

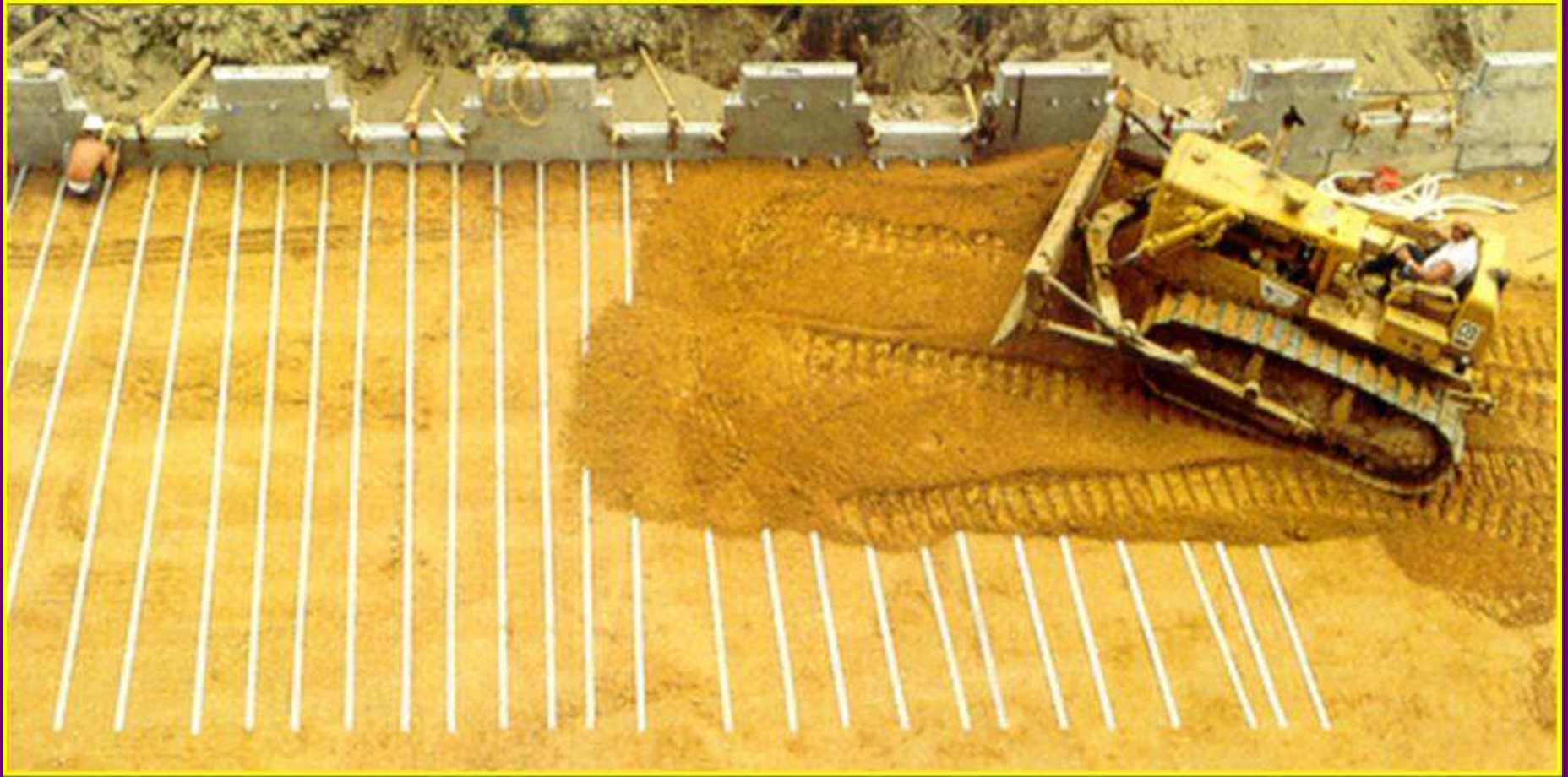
MSZ EN 13293:2005 - szilárd hulladéklerakók

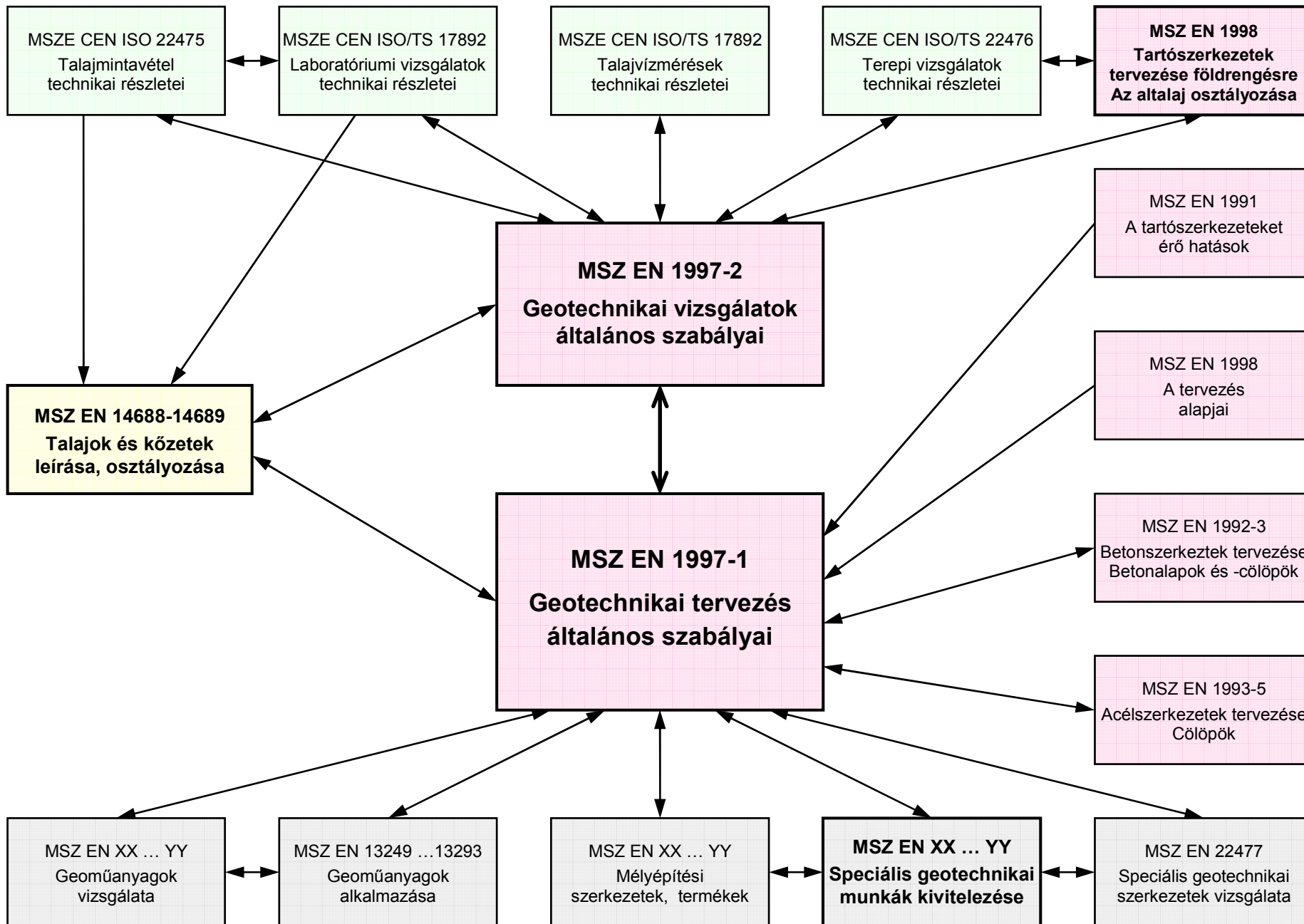
Geoműanyagok vizsgálata

43 európai szabvány

MSZ EN angol nyelven

- Alapjellemzők
 - polimerfajta, vastagság, területi sűrűség
- Hidraulikai jellemzők
 - jellemző szűrőnyílás,
 - áteresztőképesség síkban és arra merőlegesen
- Mechanikai jellemzők
 - szakítószilárdság, merevség, kúszás, összenyomhatóság
 - súrlódási jellemzők, statikus és dinamikus átszakadás
- Tartósság, degradációs jellemzők
 - oxidáció, kémiai, mikrobiológiai hatások, UV-sugárzás





2.

A geotechnikai tervezés alapjai
az Eurocode 7 szerint

EC 7-1 2. fejezet

A geotechnikai tervezés alapjai

Tervezési állapot

Határállapot

Tartósság

Geotechnikai kategória

Tervezési eljárások

Karakterisztikus érték

Tervezési módszerek

A tervezés alapkövetelménye

Valamennyi geotechnikai tervezési állapotra vonatkozóan igazolni kell, hogy egyetlen, az EN 1990:2002-ben értelmezett és veszélyesnek vélelmezhető határállapot túllépése sem következik be.

Tervezési állapot

A tervezett építmény környezeti körülményeinek, hatásainak saját méreteinek és anyagjellemzőinek az építés vagy az üzemelés közben kialakuló olyan együttese, melynek kialakulásakor a létesítmény vagy környezetének valamely teherbírási vagy használhatósági határállapota bekövetkezhet, ezért a jellemzők ezen együttesével leírható állapotot vizsgálni kell.

Teherbírási határállapot

A tervezett szerkezet, a talaj vagy a környező építmények valamely részének törés jellegű **tönkremenetele**, mely a szerkezet rendeltetésszerű használatát lehetetlenné teszi, s általában a szerkezetet használókat, ill. a környezetben lévőket is veszélyezteti.

EQU

az egyetlen merev testnek tekintett tartószerkezet vagy talajtömb **állékonyságvesztése**, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a szerkezeti anyagok és a talaj szilárdsága nem befolyásolja jelentősen

STR

a tartószerkezet vagy a tartószerkezeti elemek, pl. a síkalapok, a cölöpök vagy az alapfalak **belső törése** vagy **túlzott alakváltozása**, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a szerkezeti anyagok szilárdsága jelentősen befolyásolja

GEO

a talaj **törése** vagy **túlzott alakváltozása**, melynek bekövetkezésekor az ellenállást a talaj vagy a szilárd közeg szilárdsága jelentősen befolyásolja

UPL

a tartószerkezet vagy a talaj **egyensúlyvesztése** a víznyomás (felhajtóerő) vagy más függőleges hatás miatti **felúszás** folytán

HYD

hidraulikus gradiens által a talajban okozott **hidraulikus felszakadás**, **belső erózió** vagy **buzgárosodás**

Használhatósági határállapot

A tervezett szerkezet, a talaj vagy a környező építmények olyan mértékű elmozdulása, deformációja, mely annak rendeltetészerű használatát megnehezíti vagy korlátozza.

Tartósság

A talajba kerülő anyagok tervezésekor a következőket kell vizsgálni:

beton esetén

agresszív anyagok, például savak vagy szulfátok előfordulása

acél esetén

a kémiai korrózió a talajvíz és az oxigén bejutása nyomán

nyílt víznek kitett acélfalak felületi korróziója az átlagos vízszint táján

repedezett vagy porózus betonba ágyazott acél pontkorróziója

faanyagok esetén

a gombák és aerob baktériumok oxigén jelenlétében kifejtett hatása

szintetikus anyagok esetén

az UV-sugárzás vagy az ózondegradáció öregítő hatása

a hőmérséklet és a feszültség együttes hatása

kémiai bomlás másodlagos hatásai

Geotechnikai kategorizálás

a várható geotechnikai
nehézségek és kockázatok,
illetve
az alkalmazandó eszközök, eljárások
alapján

Együttesen értékelendők

- a talajkörnyezet
- a feladat, az építmény
- az alkalmazandó geotechnikai megoldások és eljárások
- a környezeti kölcsönhatások

geotechnikai kategória	1	2	3
építmény	kisméretű egyszerű	hagyományos átlagos	nagy szokatlan
altalaj-adottságok	nem kedvezőtlen	átlagos	nehéz
környező építmények	nincsenek veszélyeztetve	veszélyeztetve lehetnek	óvintézkedések kellenek
kockázat	kicsi	közepes	nagy
példák	épület (1-2 em.) pillér (250 kN) fal (100 kN/m) gödör (2 m) támfal (2 m)	lemezalap cölöpalap támfal, gödör horgonyzás földmunka	toronyház mély gödör magas földmű víztelenítés talajjavítás
vizsgálatok	egyszerű (azonosító)	rutin labor és terepi	kiegészítő speciális

A geotechnika tervezési eljárásai

Számításon alapuló tervezés

Tervezés megelőző intézkedésekkel

Tervezés modellkísérletek és
próbaterhelések alapján

A megfigyeléses módszer alkalmazása

2. A geotechnikai tervezés alapjai

2.4. A számításra alapuló geotechnikai tervezés

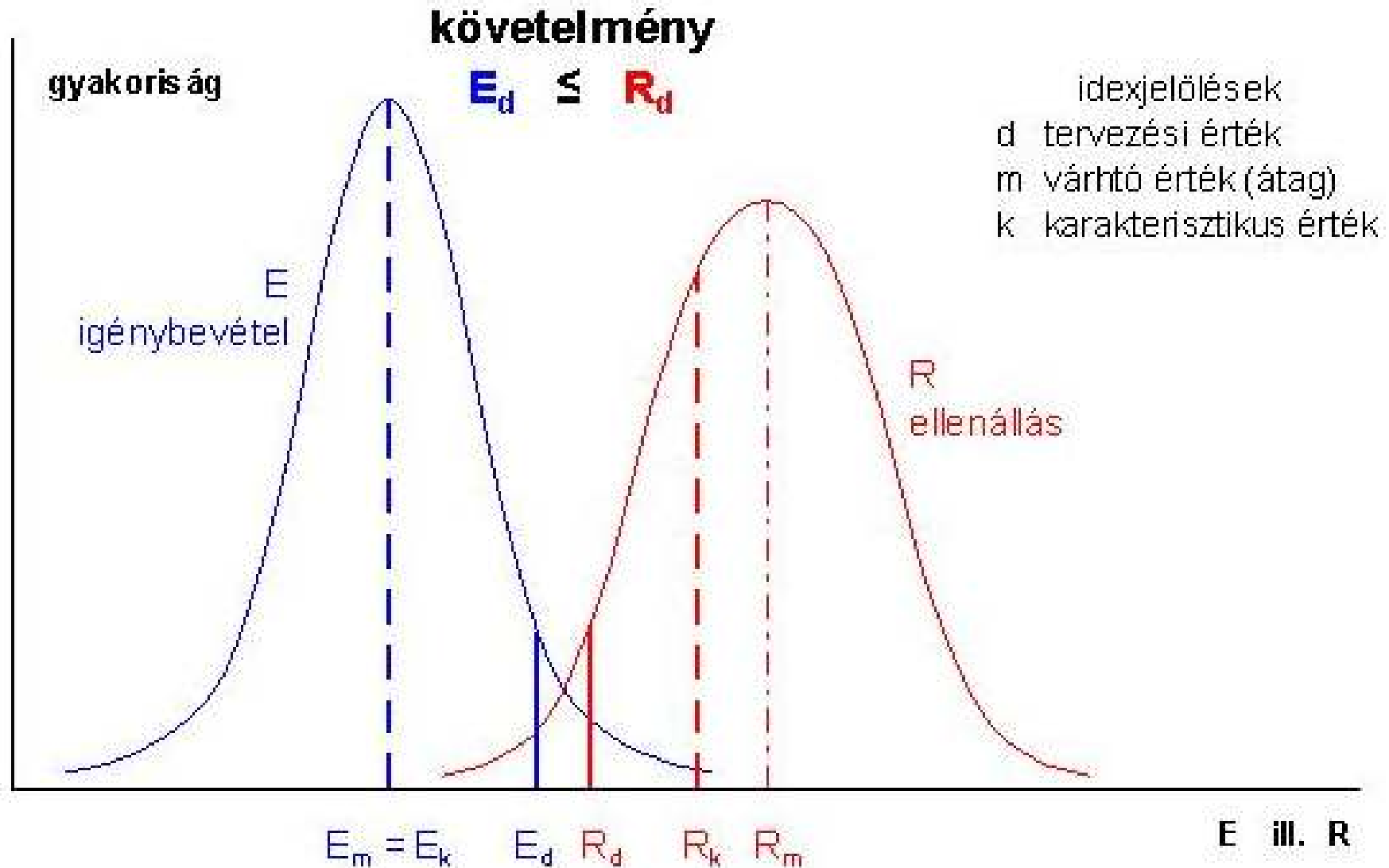
2.4.1. Általános elvek

(1)P A számításra alapuló tervezés legyen összhangban az EN 1990:2002 alapkövetelményeivel, továbbá e szabvány rendelkezéseivel. A számításra alapuló tervezés elemei

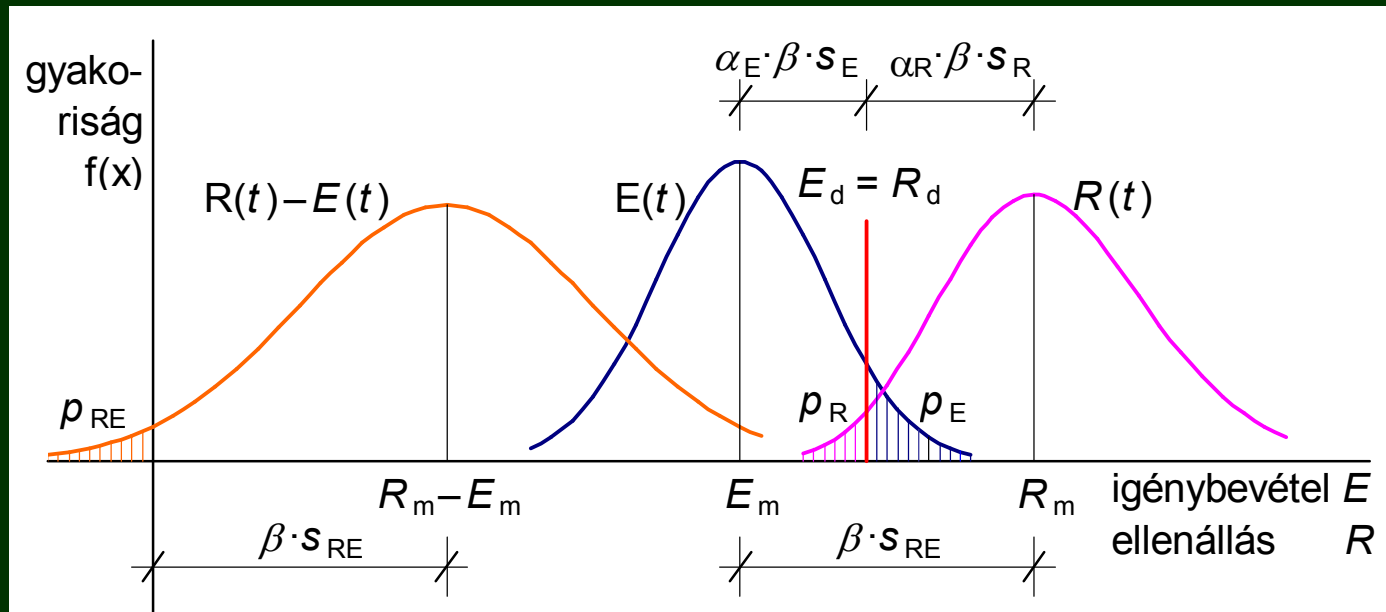
- hatások, amelyek lehetnek terhek vagy kényszerelmozdulások,
- a talajok, szilárd kőzetek és egyéb anyagok jellemzői;
- geometriai adatok;
- az alakváltozások, repedéstágasságok, rezgések stb. határértékei;
- számítási modellek.

(2) A geotechnikában az altalaj állapotának ismerete függ az elvégzett geotechnikai vizsgálatok mennyiségétől és minőségétől. Ezen ismeretek megszerzése és a kivitelezés szakszerű irányítása sokkal fontosabb az alapvető követelmények teljesítéséhez, mint a számítási modellek és a parciális tényezők pontossága.

A tervezés alapkövetelményének értelmezése az igénybevételek és az ellenállások eloszlásának figyelembevételével



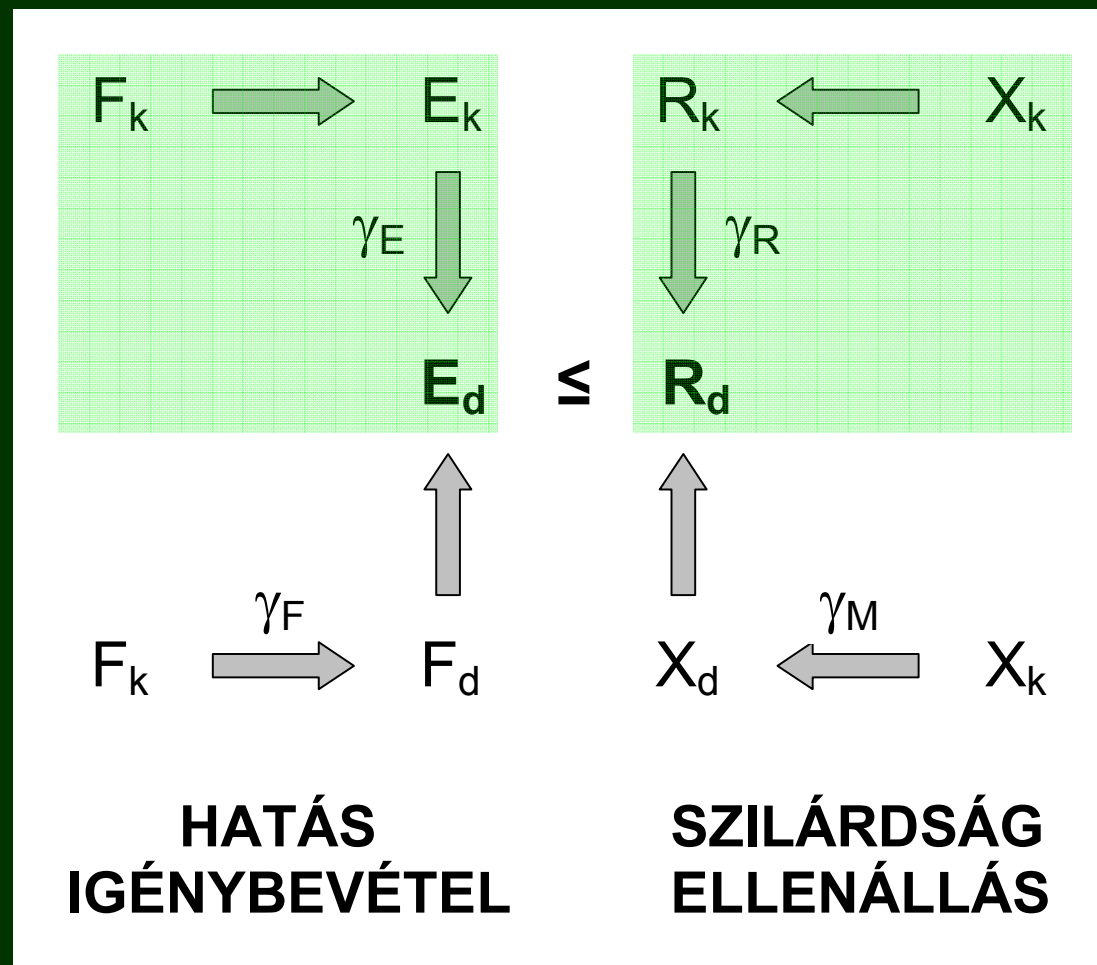
Szerkezetek méretezés valószínűségelméleti alapon



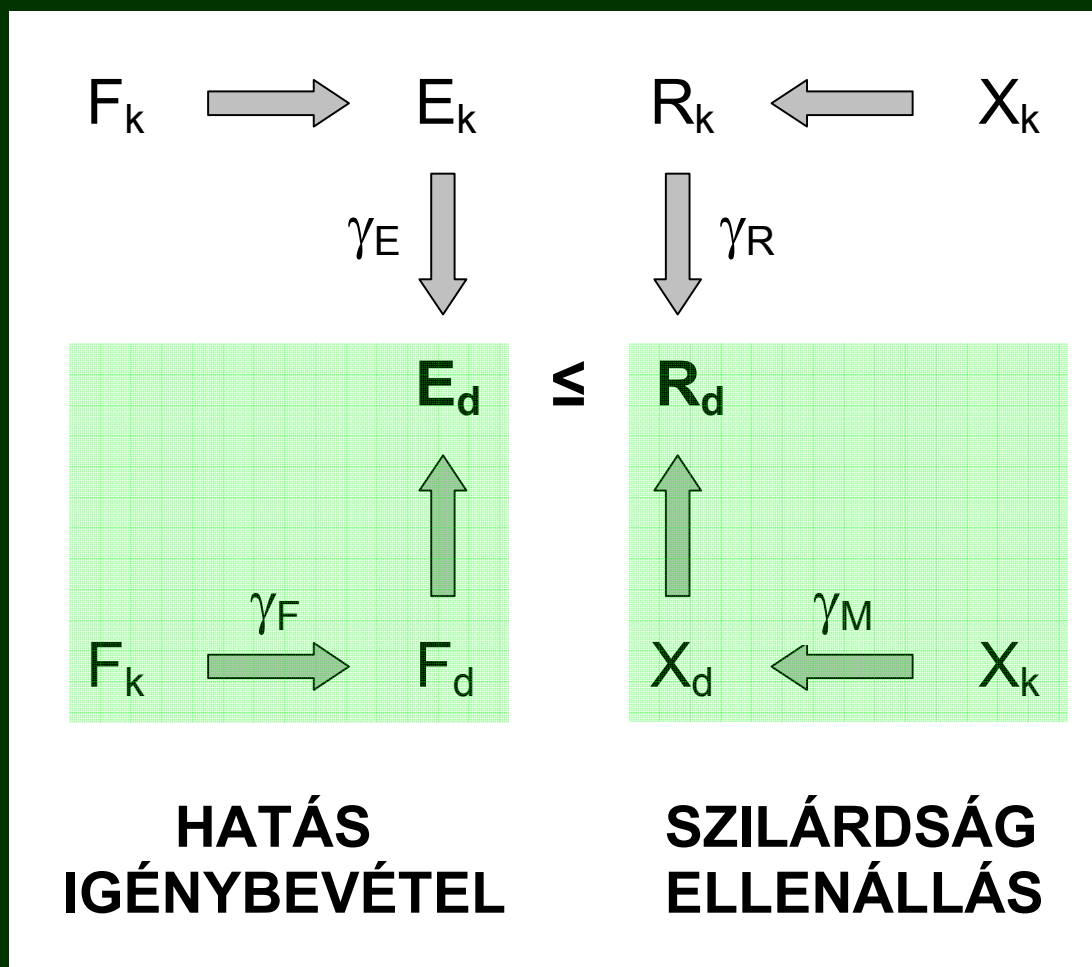
tönkremeneteli valószínűség	p_{RE}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}
megbízhatósági index	β	1,28	2,32	3,09	3,72	4,27	4,75	5,20

γ_{RE}	ν_R	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
ν_E	$\gamma_E \backslash \gamma_R$	1,16	1,36	1,58	1,84	2,14	2,49	2,90	3,37	3,93	4,57
0,05	1,13	1,32	1,54	1,79	2,08	2,42	2,82	3,28	3,82	4,45	5,18
0,10	1,27	1,47	1,72	2,00	2,33	2,71	3,15	3,67	4,27	4,97	5,79
0,15	1,40	1,63	1,90	2,21	2,57	2,99	3,48	4,05	4,72	5,49	6,40
0,20	1,53	1,78	2,08	2,42	2,81	3,28	3,81	4,44	5,17	6,02	7,00

Síkalapok, cölöpök, horgonyok és bármely más geotechnikai szerkezet tervezése a 2. tervezési módszer szerint a parciális tényezőcsoportok A1 „+” M1 „+” R2 kombinációjával (Magyar nemzeti melléklet NA9.1)



Rézsűk és bármely geotechnikai szerkezet
általános állékonyságának vizsgálata a 3. tervezési módszer szerint
a parciális tényezőcsoportok A2 „+” M2 „+” R2 kombinációjával
(Magyar nemzeti melléklet NA9.2)



Az Eurocode szerinti tervezés kockázati és megbízhatósági szintjei és
kezelésük az igénybevételek módosító tényezőjével vagy a tervezés és/vagy a kivitelezés megfelelő ellenőrzési szintjeivel

Kárhányad szerinti és megbízhatósági osztály	β megbízhatósági index minimális értékei		Tönkremenetellel járó veszteség	Igénybevételek módosító tényezője	Tervellenőrzés szintjei		A helyszíni ellenőrzés szintje	
	1 éves referenciaidőszak	50 éves referenciaidőszak			DSL	IL	DSL	IL
illetve ellenőrzési szintek				K_{Fi}	Jellemzők	Ajánlott minimális követelmények a számítások, a tervlapok és a műszaki leírások ellenőrzéséhez	Jellemzők	Követelmények
3 CC3 RC3 DSL3 IL3	5,2	4,3	Az emberélet veszélyeztetése nagy, vagy a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk rendkívül jelentősek	1,1	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés: A tervezőtől független szervezet által végzett ellenőrzés	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés
2 CC2 RC2 DSL2 IL2	4,7	3,8	Az emberélet veszélyeztetése közepes, vagy a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk jelentősek	1,0	Szokásos ellenőrzés	A felelős tervezőtől független személyek által végzett ellenőrzés a működési szabályzat szerint	Szokásos ellenőrzés	A működési szabályzat keretei között végzett ellenőrzés
1 CC1 RC1 DSL1 IL1	4,2	3,3	Az emberélet veszélyeztetése csekély és a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk nem jelentősek vagy elhanyagolhatóak	0,9	Szokásos ellenőrzés	Önellentőrzés: A tervező által végzett ellenőrzés	Szokásos ellenőrzés	Önellentőrzés

A talajparaméterek karakterisztikus értéke

Figyelembe veendő

a talajvizsgálati módszer
mért eredmények szórása
tapasztalati adatok
az érintett talajzóna kiterjedése
építmény merevsége
a károsodás következményei

EC7 irányelve

„óvatosan becsült átlag vagy szélső érték”

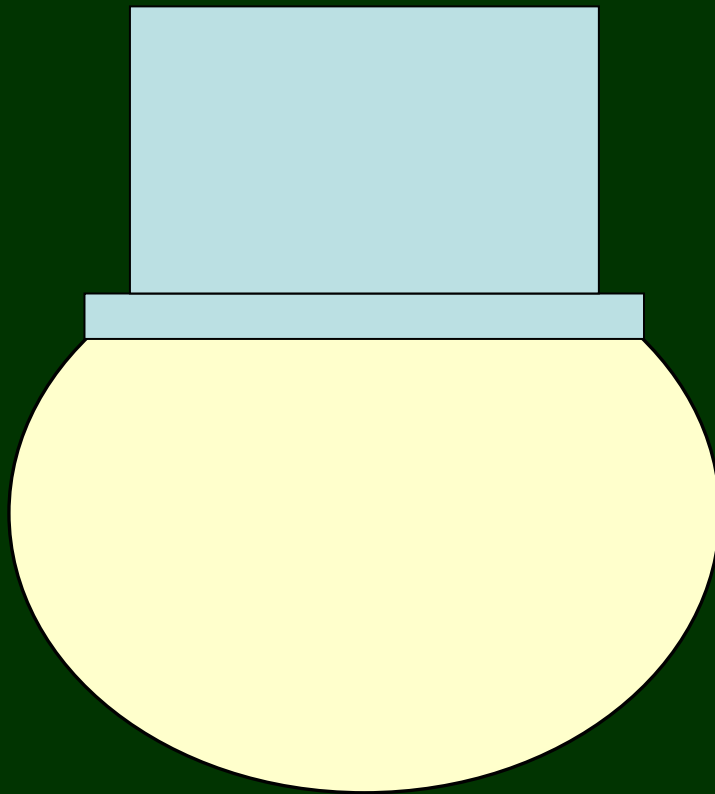
annak az értéknek óvatos becslésével kell kiválasztani, mely a vizsgált határállapot bekövetkezését előidézzi (govern)”.

Talajparaméterek megválasztása

- előírások a talajvizsgálatokra
vizsgálattípus és terhelési program
- karakterisztikus értékek felvétele
óvatosan becsült átlag vagy szélső érték
tervezői feladat (érintett zóna, terhelés jellege, kockázat)
- korrelációk alkalmazása
azonosító talajparaméterekből, szondázásokból
- korszerű szoftverek
„fejlesztett” anyagmodellek

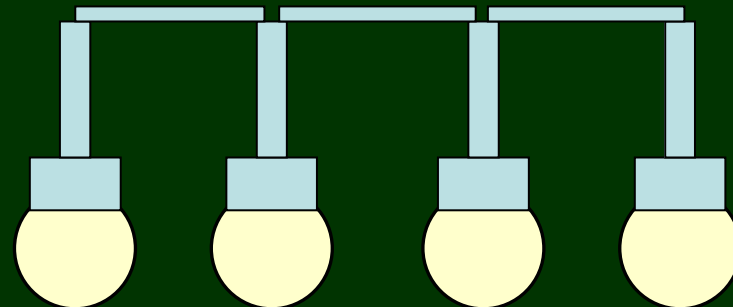
Karakterisztikus érték

Mélyebb talajzóna
átlagértéke



Lemezalapozású merev épület

Felszínközeli talajzóna
szélső értéke



Pillérialapozású csarnok

A talajparaméterek karakterisztikus értéke

$$X_k = \bar{X} - k_n \cdot s_x = \bar{X} \cdot (1 - k_n \cdot v_x)$$

- az átlag 95 % megbízhatósággal becsült értékét a

$$k_n = 1,64 \cdot \sqrt{\frac{1}{n}}$$

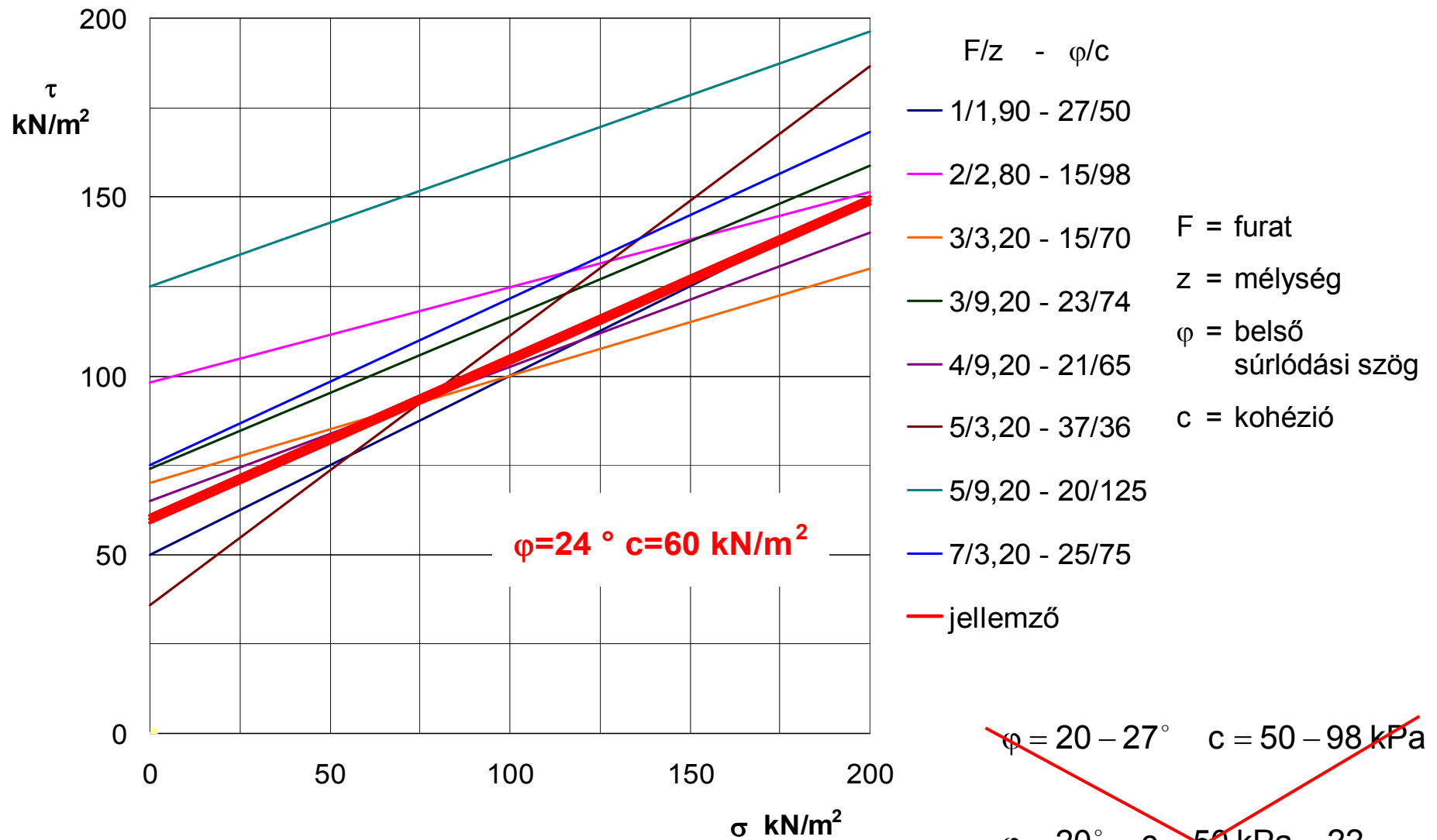
- a legkisebb érték 5 % valószínűségű értékét

$$k_n = 1,64 \cdot \sqrt{\frac{1}{n} + 1}$$

- Schneider javaslata

$$k_n = 0,5$$

Nyírószilárdság karakterisztikus értékeinek felvétele



Hol van a c=36 kPa, illetve φ=15°paraméterű zóna?
 Lehetnek-e kritikusak ezek a gyengébb értékek ?

A geotechnikai terv tartalma

A feladat ismertetése

Az építési helyszín és a környezete bemutatása

A tervezett építmény bemutatása

A talajkörnyezet ismertetése

A tervezés talajkörnyezeti modelljeinek vázolása

A tervezési követelmények rögzítése

A geotechnikai számítások ismertetése

A technológiai követelmények bemutatása

Minőségbiztosítási követelmények ismertetése

A műszaki felügyelet terve

Az építmény viselkedésének megfigyelési terve

Fenntartási és üzemelési utasítások

A tervezés alapjául vett szabályozási anyagok

Projekt- szakasz	Műszaki dokumentáció	Adatszolgáltatás	Terv
Elő- készítés	Tanulmányterv	Előkészítő talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai tanulmányterv
	Engedélyezési terv	Tervezési talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai engedélyezési terv
Vállalatba- adás	Ajánlatkérő (tender-) terv	Tervezési talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai tenderterv
	Ajánlati terv	Kiegészítő talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai ajánlati terv
Meg- valósítás	Kiviteli terv	Kiegészítő talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai kiviteli terv
	Megvalósulási dokumentum	Ellenőrző talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai megvalósulási dokumentum
Hasz- nálat	Fenntartási-átalakítási terv	Ellenőrző talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai fenntartási-átalakítási terv
	Helyreállítási terv	Ellenőrző talajvizsgálati jelentés	Geotechnikai helyreállítási terv

EC 7-1 3. fejezet

Geotechnikai adatok

A geotechnikai adatgyűjtés, vizsgálat
célja, típusai

EC 7-1 3. fejezet Geotechnikai adatok

1. A geotechnikai vizsgálatok általános követelménye

Szolgáltatniuk kell

az építés helyszínének és környezetének

talaj- és talajvízviszonyaira vonatkozó

mindazon adatokat, amelyek

a lényeges talajtulajdonságok megfelelő jellemzéséhez és

a tervezési számításokban felhasználandó

talajparaméterek karakterisztikus értékeinek

megbízható felvételéhez szükségesek.

EC 7-1 3. fejezet

Geotechnikai adatok

2. Előzetes vizsgálatok célja

- a hely általános alkalmasságát meg lehessen ítélni;
- alternatív helyeket lehessen választani, ha szükséges;
- a tervezett munkálatok nyomán várható változásokat meg lehessen becsülni;
- a tervezési és ellenőrző vizsgálatokat meg lehessen tervezni, beleértve a tartószerkezet viselkedését lényegesen befolyásoló talajzóna kiterjedésének azonosítását;
- az anyagnyerőket – ha szükségesek – ki lehessen jelölni.

EC 7-1 3. fejezet

Geotechnikai adatok

3. Tervezési vizsgálatok

Az információk célja

- az ideiglenes és végleges létesítmények megfelelő tervezése
- az építési módszer megtervezése
- az építés közben lehetséges bármely nehézség azonosítása

Az információk tartalma

- a tervezett építés szempontjából lényeges, vagy az által befolyásolt talajzóna felépítését és jellemzői
- a tartószerkezet teljesítőképeségére kiható paraméterek

A geotechnikai tevékenység típusai és dokumentumai az EC7 szerint

előkészítés - talajvizsgálati jelentés

tervezés - geotechnikai tervezési beszámoló

~~talajmechanikai (geotechnikai) szakvélemény~~

A Talajvizsgálati jelentés (TVJ) elvárt tartalma	
Az információk bemutatása	A vizsgálatok célja
	A hely, a létesítmény ismertetése, geodéziai adatai
	A feltételezett geotechnikai kategória
	A terepi és laborvizsgálatok ideje, módja, eszközei
	A közreműködők adatai
	A helyszín bejárásakor szerzett adatok
	A helyszín története, korábbi építési tapasztalatok
	Geológiai adottságok, szeizmicitás
	A terepi és laboratóriumi mérések eredményei
	A felszín alatti vizek adatai
	Fúrásnaplók
	Az eredmények közzlése táblázatokban, jegyzőkönyvekben
Az információk értékelése	A terepi és labormunka értékelése
	A hibásnak vélt, vagy hiányos adatok ismertetése
	Javaslat további vizsgálatokra indoklással, programmal
	Az eredmények célszerű ábrázolása
	A változó adatok statisztikai értékelése
	Talajszelvények bemutatása
	A talajrétegek szöveges ismertetése
A tervezési paraméterek felvételére alkalmas adatbemutatás	

A geotechnikus közreműködése geotechnika szerkezetek tervezésében a geotechnikai kategória függvényében

1. GK: szaktanácsadó - kiegészítő dokumentum igény szerint
2. GK: társtervező - geotechnikai terv, tervfejezet
3. GK: főtervező - önálló geotechnikai terv altervezőkkel

EC 7-1 4. fejezet

Műszaki felügyelet, megfigyelés, fenntartás

Műszaki felügyelet (supervision)

a körülmények és a kivitelezés

megfelelnek-e a tervben feltételezettnek?

Megfigyelés (monitoring)

az építmény viselkedése építés és üzemelés közben

megfelel-e a tervezettnek?

Fenntartás (maintenance)

milyen tevékenységek kellenek

a tervezett viselkedés tartós biztosításához?

Műszaki felügyelet

Vizsgálandó elemek és elfogadhatósági kritériumaik

- talaj
- talajvíz
- építési módszerek

Vizsgálati módszerek

- szemle
- mérés

Értékelés

- dokumentálás
- tervező értesítése
- megőrzés

Előírások
a tervezési beszámolóban!

Megfigyelés

Vizsgálandó elemek

- a tartószerkezet által befolyásolt talaj alakváltozásai;
- a hatások értékei;
- a talaj és a szerkezet érintkezési felületén fellépő nyomások;
- pórusvíznyomások;
- a szerkezeti elemekben keletkező erők és alakváltozások

Vizsgálati módszerek

- szemle
- mérés
- mérés + analízis

Értékelés

- dokumentálás
- tervező értesítése
- megőrzés

Előírások
a tervezési beszámolóban!

Fenntartás

Előírások tartalma

- a tartószerkezet rendszeres szemrevételezést igénylő kényes elemei
- munkálatok, melyeket tilos tervezői felülvizsgálat nélkül elkezdni
- a szemrevételezések elvárt gyakorisága

Előírások
a tervezési beszámolóban!

3-4.

A síkalapok tervezése
az Eurocode 7 szerint

Síkalapok tervezésének alapjai

Alapsík mélységének felvétele

Szemponatok

- megfelelő teherbírású réteg felszíne
- térfogatváltozási határ
- fagyhatár
- talajvízszintek üzemi és építési állapotban
- talajmozgások vagy szilárdságcsökkenés veszélyei
- szomszédos alapok vagy más szerkezetek helyzete
- jövőben várható földkiemelések az alapok körül
- építmény okozta hőmérsékletek hatásai
- aláüregelődési veszély;
- oldódó anyagok (mész, agyag, gipsz kő) helyzete.

Tervezési módszerek

- **közvetlen módszer**

más-más számítási modellt alkalmazva vizsgáljuk a határállapotokat:

- a használhatósági határállapotokat süllyedésszámítással;
- a teherbírási határállapotokat az elképzelt törési mechanizmus alapján.

- **közvetett módszer**

összehasonlítható tapasztalatok, terepi vagy labormérések alapján

a használhatósági határállapot terheit úgy választjuk meg, hogy teljesüljenek az adott esetben értelmezhető összes határállapot követelményei.

- **szokáson alapuló módszer**

valószínűsített talajtörési ellenállással számolunk.

Síkalapok határállapotai

- az általános állékonyság elvesztése;
- az alap alatti talajtörés, átfúródás, kipréselődés;
- tönkremenetel elcsúszás miatt;
- a tartószerkezet és az altalaj együttes tönkremenetele;
- a tartószerkezet tönkremenetele az alap mozgása miatt;
- túlzottan nagy süllyedések;
- túlzottan nagy megemelkedés duzzadás, fagy v. más ok miatt;
- elfogadhatatlan mértékű rezgések.

Síkalapok hatásainak felvétele

6.3. Hatások és tervezési állapotok

- (3) Ha a tartószerkezet merevsége számottevő, a hatások eloszlásának meghatározása céljából szükség lehet a szerkezet és az altalaj kölcsönhatásának vizsgálatára.

Síkalapok méretezése talajtöréssel szemben

Síkalapok talajtörési ellenállása

6.5.2.2. Számításos módszer

- (2)P Az R_d tervezési értékének analitikus meghatározásakor **mind a rövid, mind a hosszú időtartamra** vonatkozó eseteket vizsgálni kell, különösen a finom szemcséjű talajok esetében.
- (3)P Ha az alap alatti talaj- vagy közettömegben markáns **rétegződés** vagy más diszkontinuitás van, akkor az alapul vett törési mechanizmus, valamint a kiválasztott nyírószilárdsági és alakváltozási paraméterek számoljanak az altalaj ezen szerkezeti sajátosságaival.
- (4)P Ha olyan **többrétegű üledékre** kerül az alap, amelyen belül a rétegek tulajdonságai egymáshoz képest jelentősen változnak, akkor a talajparaméterek tervezési értékeit minden egyes rétegre meg kell állapítani.
- (5) Ahol **szilárd réteg** fekszik egy **gyengébb zóna alatt**, ott a talajtörési ellenállás a gyengébb réteg nyírási paraméterei alapján számítható. **Fordított elrendezés esetén** indokolt ellenőrizni az átfúródást.
- (6) Gyakran előfordul, hogy a 6.5.2.2. szakasz (3)P, (4)P és (5) bekezdése szerinti tervezési állapotokra az analitikus módszerek nem alkalmasak. Ilyenkor ajánlatos **numerikus eljárásokat** alkalmazni a legkedvezőtlenebb törési mechanizmus meghatározására.

A talajtörés (GEO) vizsgálata az EC 7-1 szerint

$$E_d \leq R$$

$$E_d = F_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_{\text{rep}} \leq R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{B' \cdot L' \cdot \sigma_t}{\gamma_R}$$

E_d	az igénybevétel tervezési értéke (függőleges erő)
F_d	a hatás tervezési értéke
$\gamma_G = 1,35$	az állandó hatások parciális tényezője
G_k	az állandó hatások karakterisztikus értéke
$\gamma_G = 1,50$	az állandó hatások parciális tényezője
Q_{rep}	az esetleges hatások reprezentatív értéke
R_d	a talajtörési ellenállás tervezési értéke (függőleges erő)
R_k	a talajtörési ellenállás karakterisztikus értéke
$\gamma_R = 1,40$	a talajtörési ellenállás állandó hatások parciális tényezője
B' és L'	a alapfelület dolgozó szélesség és hosszúsága
σ_t	a síkalap törőfeszültségének függőleges komponense

A hatások / igénybevételek oldalán megjelenő biztonság

Hatások, igénybevételek kombinációi az EC1 szerint

- alapkombináció

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

- alkombinációk részletes erőteni számításhoz
a) b)

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Parciális és más tényezők

állandó

$$\gamma_G = 1,35$$

forgalmi

$$\gamma_Q = 1,35$$

esetleges egyidejűségi

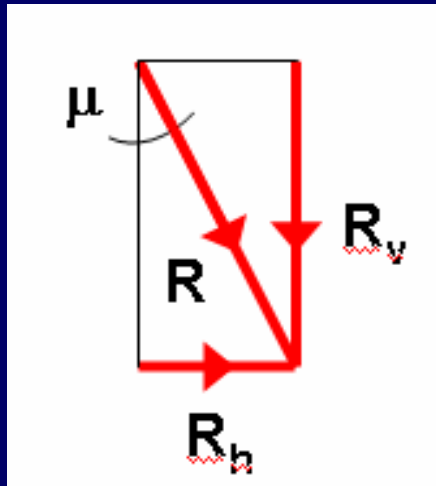
$$\gamma_Q = 1,50$$

csökkentő

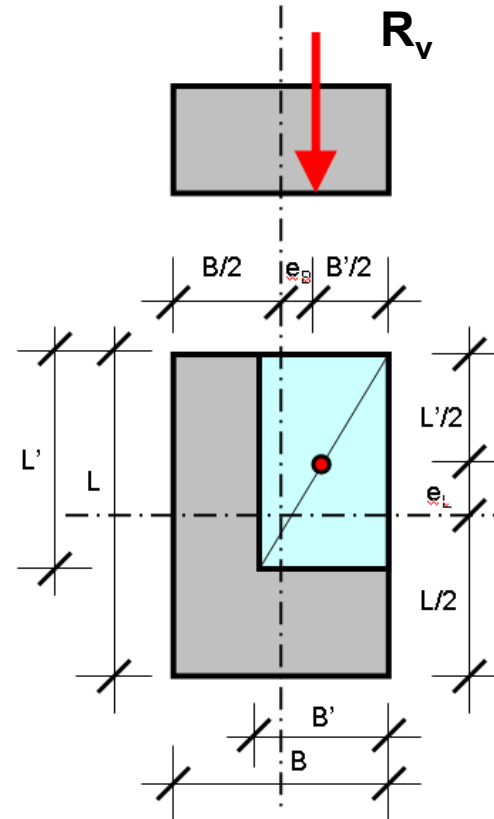
$$\psi_{0,1} < 1,0$$

$$\xi_j = 0,85$$

Síkalap talajtörési ellenállása



A terhelés
külpontosságának hatása



tényleges keresztmetszet

B szélesség

L hosszúság

külpontosság

e_B B irányában

e_L L irányában

dolgozó keresztmetszet

B' szélesség

$B' = B - 2 \cdot e_B$

L' hosszúság

$L' = L - 2 \cdot e_L$

MSZ 15004

$$\sigma_t = a_B \cdot \gamma_1 \cdot B' \cdot N_B \cdot i_B \cdot j_B + a \cdot \gamma_2 \cdot t \cdot N_t \cdot i_t \cdot j_t + a \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot j_c$$

EC-7

$$R_v / (B' \cdot L') = s_\gamma \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot 0,5 + s_q \cdot q \cdot N_q \cdot i_q \cdot b_q + s_c \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot b_c$$

MSZ 15004

$$\sigma_T = a_B \cdot \gamma_1 \cdot B' \cdot N_B \cdot i_B \cdot j_B + a \cdot \gamma_2 \cdot t \cdot N_t \cdot i_t \cdot j_t + a \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot j_c$$

EC-7

$$R_v / (B' \cdot L') = s_\gamma \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot 0,5 + s_q \cdot q \cdot N_q \cdot i_q \cdot b_q + s_c \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot b_c$$

Teherbírási tényezők

MSZ 15004

$$N_B = (N_t + 1) \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

$$N_t = e^{\pi \cdot \operatorname{tg} \varphi} \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi/2)$$

$$N_c = (N_t - 1) \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

EC-7

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

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

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

Alaki tényezők

MSZ 15004

$$a_B = 1 - B/(3L)$$

$$a_t = a_c = 1 + B/(2L)$$

EC-7

$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot (B/L)$$

$$s_q = 1 + (B/L) \cdot \sin \varphi$$

$$s_c = (s_q \cdot N_q - 1)/(N_q - 1)$$

Az alapsík ferdeségét figyelembe vevő tényező

EC-7

$$b_q = b_\gamma = (1 - \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

A terep ferdeségét figyelembe vevő tényező

MSZ 15004

$$j_t = j_B = (1 - \operatorname{tg} \varepsilon / \operatorname{tg} \varphi)^2$$

$$j_c = j_t - (1 - j_q) / (N_c \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

MSZ 15004 $\sigma_T = a_B \cdot \gamma_1 \cdot B' \cdot N_B \cdot i_B \cdot j_B + a \cdot \gamma_2 \cdot t \cdot N_t \cdot i_t \cdot j_t + a \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot j_c$

EC-7 $R_v / (B' \cdot L') = s_\gamma \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot 0,5 + s_q \cdot q \cdot N_q \cdot i_q \cdot b_q + s_c \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot b_c$

A terhelő erő ferdeségét figyelembe vevő tényezők

MSZ 15004

$$i_B = (1 - f)^3$$

$$i_t = (1 - 0,7 \cdot f)^3$$

$$i_c = (i_t \cdot N_q - 1) / (N_t - 1)$$

$$f = \text{tg } \mu = R_h / R_v$$

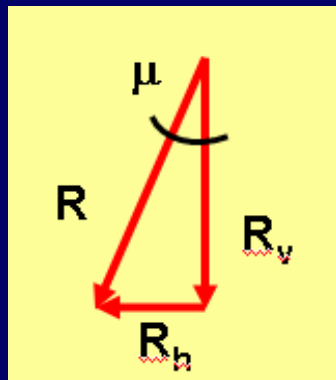
EC-7

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1}$$

$$i_q = (1 - f)^m$$

$$i_c = (i_q \cdot N_q - 1) / (N_q - 1)$$

$$f = R_h / (R_v + B' \cdot L' \cdot c \cdot \text{ctg } \varphi)$$



R_h vízszintes erő párhuzamos

B-vel

L-lel

$$m_B = \frac{2 + (B'/L')}{1 + (B'/L')}$$

$$m_L = \frac{2 + (L'/B')}{1 + (L'/B')}$$

sávalap ($L \gg B$) 2,0

1,0

pontalap ($L = B$) 1,5

1,5

A síkalap törőfeszültsége drénezetlen terhelésre az EC7 szerint

$$\sigma_t = R_v / (B' \cdot L') = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot s_c \cdot i_c + q$$

Alaki tényező

$$s_c = 1 + \frac{B'}{5 \cdot L'}$$

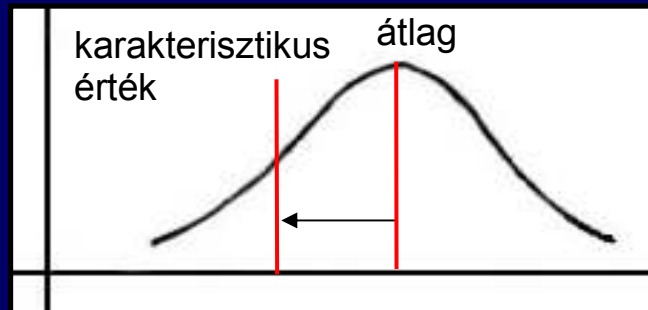
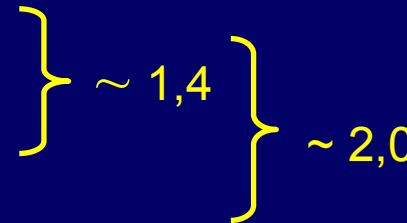
A terhelő erő ferdeségét figyelembe vevő tényező

$$i_c = 0,5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H_t}{A' \cdot c_u}} \right)$$

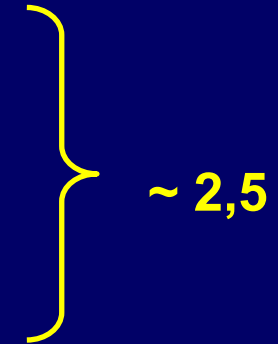
Síkalapozás parciális és biztonsági tényezői és a globális biztonság

EC-7

Állandó teher	1,35
Esetleges teher	1,50
Talajtörés ellen	1,40



→ ~ 1,25

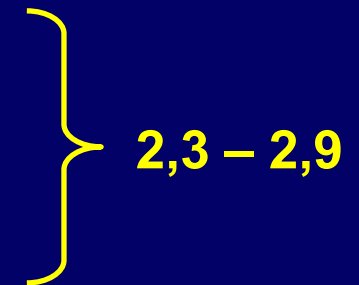
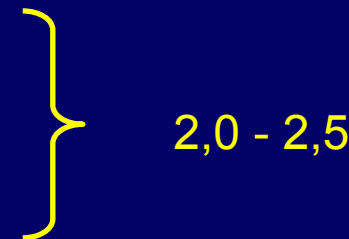


MSZ 15004

Állandó teher	1,10
Esetleges teher	1,30



α_1 - talajfeltárás	1,0 - 0,7
α_2 - nyírószilárdság	1,0 - 0,7
α_3 - építmény	0,9 - 0,5



A síkalapok méretezési biztonsága

Globális biztonság GEO határállapotra

Síkalap talajtörésre

alapkombináció

$$\text{FOS} \approx 1,40 \cdot 1,40 \approx 2,00$$

alkombinációk

$$\text{FOS} \approx 1,25 \cdot 1,40 = 1,75$$

(A karakterisztikus értékben levő biztonság nélkül.)

EC 7-1

szokáson alapuló (közelítő) számítás
az 1. geotechnikai kategóriában

valószínűsített talpellenállás

- összehasonlítható tapasztalat alapján
- terepi vizsgálat eredményéből korrelációval számítva
- talajtípus és -állapot alapján felvéve

Síkalapok közelítő méretezése talajtöréssel szemben

MSZ 15004

közelítő számítás határfeszültségi alapérték alapján
központos (?), függőleges (?) teherre

MSZ EN 1997

számítás elfogadott (?) valószínűsített talajtörési ellenállás alapján
GK1 és GK2 (?) esetén

MSZ 15004 - módszer transzformálása MSZ EN 1997 NM - módszerré
a parciális tényezők figyelembevételével
példa a cikkben

Síkalap határfeszültsége az MSZ 15004 közelítő eljárása szerint

$$\sigma_H = C_1 \cdot C_2 \cdot \sigma_a$$

- határfeszültségi alapérték

σ_a táblázatokból a talajfajta és -állapot alapján

- módosító tényezők

C_1 mélységi tényező

szemcsés talajra

$$C_1 = 0,5 \cdot (t+B)$$

kötött talajra

$$C_1 = 0,25 \cdot (t+B+2)$$

C_2 alakú tényező

sávalapra

$$C_2 = 1,0$$

négyzetes pilléralapra

$$C_2 = 1,25$$

téglalap alakú alapra

$$C_2 = 1 + 0,25 \cdot B/L$$

Síkalapok méretezése elcsúszással szemben

6.5.3. Ellenállás csúszással szemben

(1)P Ha az alaptestre nem merőleges az erő, ellenőrizni kell, nem következhet-e be **elcsúszási törés** az alapfelületen.

(2)P A következő egyenlőtlenségnek kell teljesülnie:

$$H_d \leq R_d + R_{p;d} \quad (6.2.)$$

(3)P H_d értékében kell szerepeltetni az alapra átadódó **aktív földnyomást**.

(5) R_d és $R_{p;d}$ legyenek összhangban a várható mozgások mértékével. Nagy elmozdulás esetén a **reziduális nyírási ellenállás** jellemző. $R_{p;d}$ igazodjék a szerkezet tervezett **élettartamához**.

(6)P Az agyagtalajok esetében az alaptestek függőleges fala mellől **zsugorodás** miatt elválhat az agyag.

(7)P Az alaptest homlokfala mellől az **erózió vagy emberi beavatkozás** eltávolíthatja a talajt.

6.5.3. Ellenállás csúszással szemben

(8)PDrénezett viszonyok esetén a nyírási ellenállás R_d tervezési értékét vagy a talajjellemzőkre, vagy **a talajellenállásra alkalmazott parciális tényezőkkel** kell számítani a következők szerint.

$$R_d = V'_d \cdot \tan \delta_d \quad (6.3.a)$$

vagy

$$R_d = (V'_d \cdot \tan \delta_k) / \gamma_{R;h} \quad (6.3.b)$$

(9)P V'_d meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy H_d és V'_d egymással összefüggő vagy független hatások-e.

(10)A δ_d **súrlódási szög** tervezési értéke

- helyben betonozott alaptestek esetében egyenlőnek vehető a nyírási ellenállás hatékony feszültségekhez és kritikus állapothoz tartozó szögének $\varphi'_{cv;d}$ tervezési értékével,

- sima, előre gyártott alaptestek esetében pedig $2/3 \varphi'_{cv;d}$ lehet.

A hatékony feszültségekhez tartozó **c' kohéziót** indokolt figyelmen kívül hagyni.

6.5.3. Ellenállás csúszással szemben

(11)P Drénezetlen viszonyok esetén a nyírási ellenállás R_d tervezési értékét vagy a talajjellemzőkre, vagy a talajellenállásra alkalmazott parciális tényezőkkel kell számítani a következők szerint:

$$R_d = A_c \cdot c_{u;d} \quad (6.4.a)$$

vagy

$$R_d = (A_c \cdot c_{u;k}) / \gamma_{R;h} \quad (6.4.b)$$

(12)P Ha víz vagy levegő juthat a drénezetlen agyag és az alaptest érintkezési felületéhez, a következő ellenőrzést kell elvégezni:

$$R_d \leq 0,4 V_d \quad (6.5.)$$

(13) A (6.5) követelményt csak akkor szabad figyelmen kívül hagyni, ha a talaj és az alaptest közötti hézag kialakulását a talaj tapadása ott is megakadályozza, ahol nincs pozitív talpfeszültség.

6.5.4. Nagy külpontosságú terhek

- (1)P Külön óvintézkedések szükségesek, ha az alapsíkon átadódó teher külpontossága meghaladja
- derékszögű alaprajzú alapok esetében az alapszélesség $1/3$ -át,
 - kör alaprajzú alaptestek esetében a sugár $0,6$ -szeresét.

Ilyen óvintézkedések lehetnek:

- újólag megvizsgálni a hatások tervezési értékeit;
 - az építési tűrések nagyságát figyelembe véve tervezni meg az alaptest széleinek helyzetét.
- (2) Hacsak nem várható különleges pontosságú kivitelezés, akkor indokolt $0,10$ m-es többleteltéréssel számolni.

Síkalap talajtörési teherbírési határállapota

Hatások és igénybevételek számítása

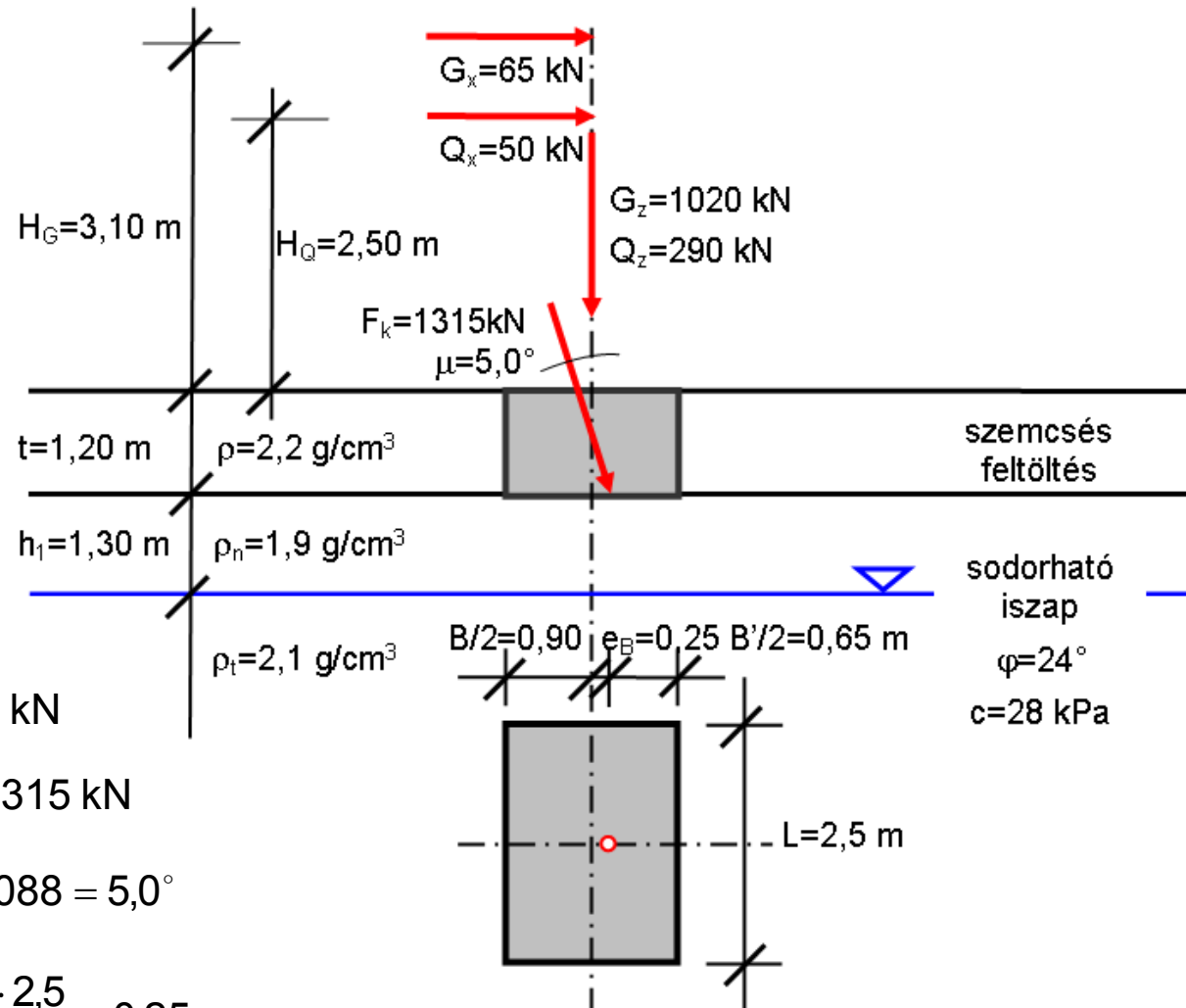
$$F_{x;k} = G_x + Q_x = 65 + 50 = 115 \text{ kN}$$

$$F_{z;k} = G_z + Q_z = 1020 + 290 = 1310 \text{ kN}$$

$$F_k = \sqrt{F_x^2 + F_z^2} = \sqrt{115^2 + 1310^2} = 1315 \text{ kN}$$

$$\mu = \operatorname{arctg} \frac{F_x}{F_z} = \operatorname{arctg} \frac{115}{1310} = \operatorname{arctg} 0,088 = 5,0^\circ$$

$$e = \frac{G_x \cdot H_x + Q_x \cdot H_Q}{F_z} = \frac{65 \cdot 3,1 + 50 \cdot 2,5}{1310} = 0,25 \text{ m}$$



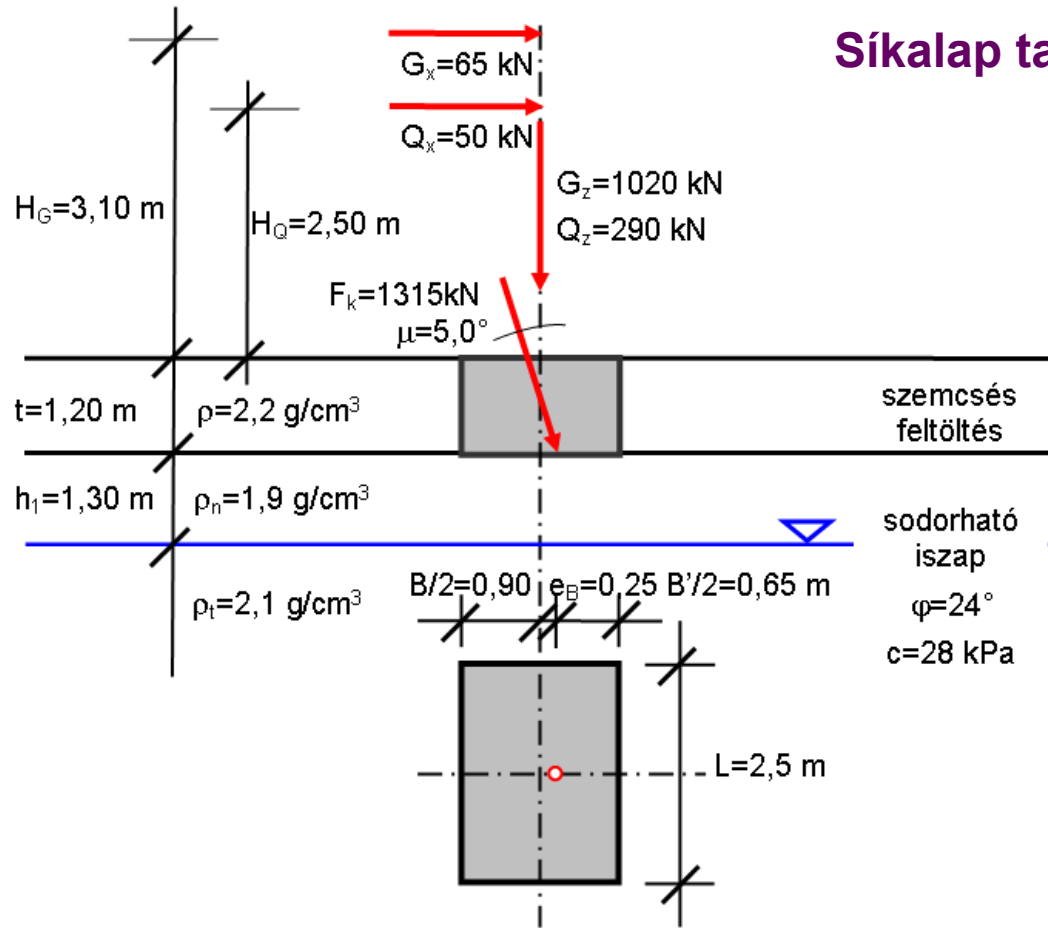
$$E_{x;d} = \gamma_G \cdot G_x + \gamma_Q \cdot Q_x = 1,35 \cdot 65 + 1,50 \cdot 50 = 163 \text{ kN}$$

$$E_{z;d} = \gamma_G \cdot G_z + \gamma_Q \cdot Q_z = 1,35 \cdot 1020 + 1,50 \cdot 290 = 1812 \text{ kN}$$

$$E_d = \sqrt{E_x^2 + E_z^2} = \sqrt{163^2 + 1812^2} = 1819 \text{ kN}$$

Síkalap talajtörési teherbírasi határállapota

Ellenállás számítása



$$s_\gamma = 1 - 0,3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0,3 \cdot \frac{1,30}{2,50} = 0,844$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \sin \varphi = 1 + \frac{1,30}{2,50} \sin 24 = 1,212$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1,212 \cdot 9,59 - 1}{9,59 - 1} = 1,237$$

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1,80 - 2 \cdot 0,25 = 1,30 \text{ m}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 2,50 - 2 \cdot 0,00 = 2,50 \text{ m}$$

$$\gamma_1' = \rho_1 \cdot g = 1,35 \cdot 10 = 13,5 \text{ kN/m}^3$$

$$q' = t \cdot \rho \cdot g = 1,20 \cdot 2,2 \cdot 10 = 26,4 \text{ kPa}$$

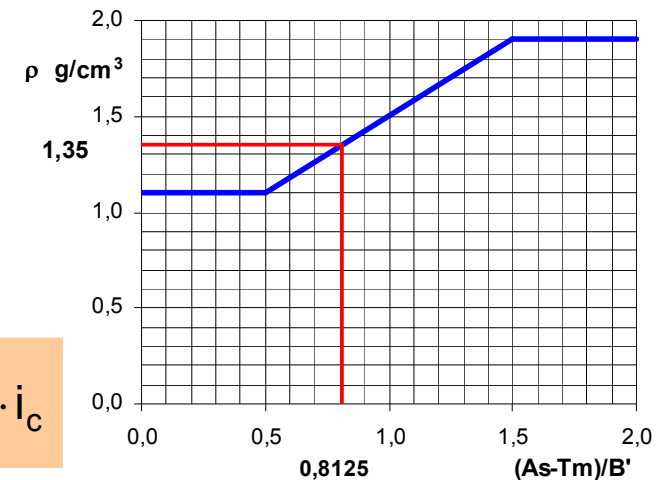
$$c = 28 \text{ kPa}$$

$$N_q = e^{\pi \cdot \text{tg} \varphi} \cdot \text{tg}^2(45 + \varphi / 2) = e^{\pi \cdot \text{tg} 24} \cdot \text{tg}^2(45 + 24 / 2) = 9,59$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_t - 1) \cdot \text{tg} \varphi = 2 \cdot (9,59 - 1) \cdot \text{tg} 24 = 7,65$$

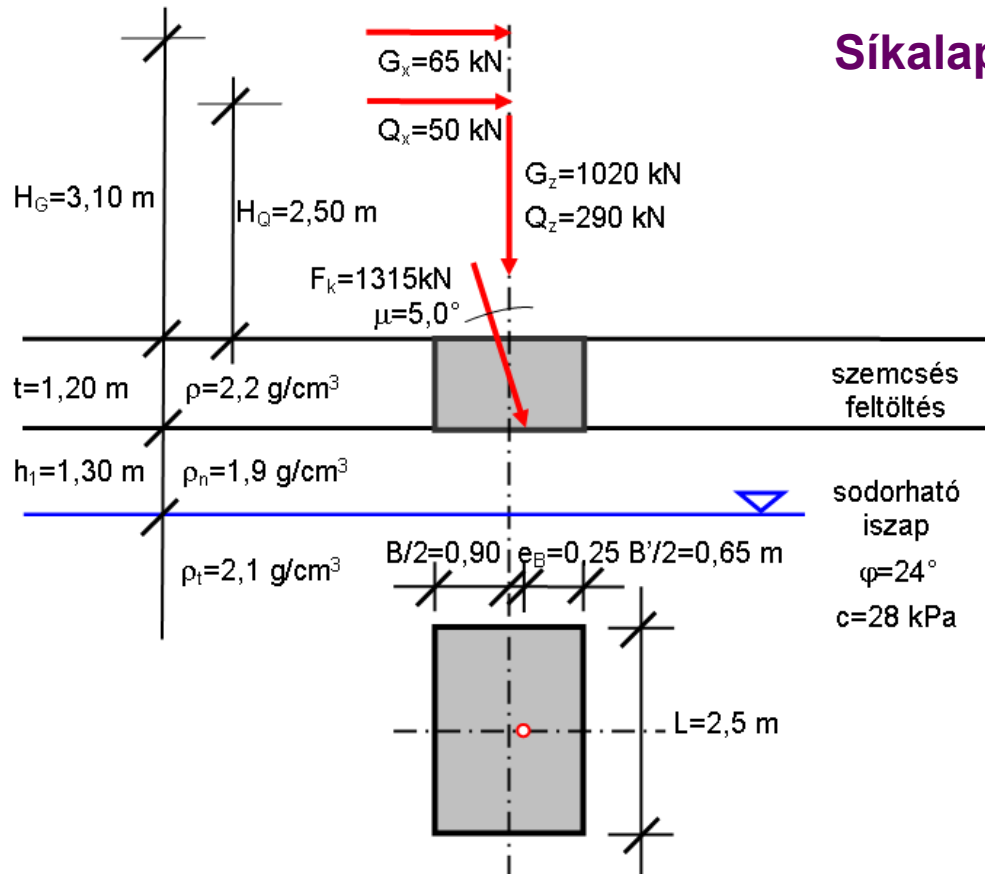
$$N_c = (N_t - 1) \cdot \text{ctg} \varphi = (9,59 - 1) \cdot \text{ctg} 24 = 19,29$$

$$\frac{R_z}{B' \cdot L'} = \sigma_t = B' \cdot \gamma_1' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c$$



Síkalap talajtörési teherbírasi határállapota

Ellenállás számítása



$$f = \frac{R_{x,k}}{R_{z,k} + B' \cdot L' \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} = \frac{\gamma_R \cdot E_x}{\gamma_R \cdot E_z + B' \cdot L' \cdot c \cdot \text{ctg} \varphi} \approx$$

$$\approx \frac{1,4 \cdot 163}{1,4 \cdot 1812 + 1,30 \cdot 2,50 \cdot 28 \cdot \text{ctg} 24} = 0,083$$

$$i_\gamma = (1 - f)^{m+1} = (1 - 0,086)^{1,658+1} = 0,787$$

$$i_q = (1 - 0,7 \cdot f)^m = (1 - 0,086)^{1,658} = 0,861$$

$$i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{0,861 \cdot 9,59 - 1}{9,59 - 1} = 0,845$$

$$m = \frac{2 + B'/L'}{1 + B'/L'} = \frac{2 + 1,30/2,50}{1 + 1,30/2,50} = 1,658$$

$$\sigma_t = \frac{R_z}{B' \cdot L'} = 1,30 \cdot 13,5 \cdot 7,65 \cdot 0,844 \cdot 0,787 \cdot 0,5 + 26,4 \cdot 9,59 \cdot 1,212 \cdot 0,861 + 28 \cdot 19,29 \cdot 1,237 \cdot 0,845 =$$

$$= 45 + 264 + 565 \approx 874 \text{ kPa}$$

$$R_{z,k} = \sigma_t \cdot B' \cdot L' = 874 \cdot 1,30 \cdot 2,50 = 2841 \text{ kN}$$

$$R_{z,d} = \frac{R_{z,k}}{\gamma_R} = \frac{2841}{1,4} = 2029 \text{ kN}$$

$$R_{z,d} = 2029 \text{ kN} > E_{z,d} = 1812 \text{ kN}$$

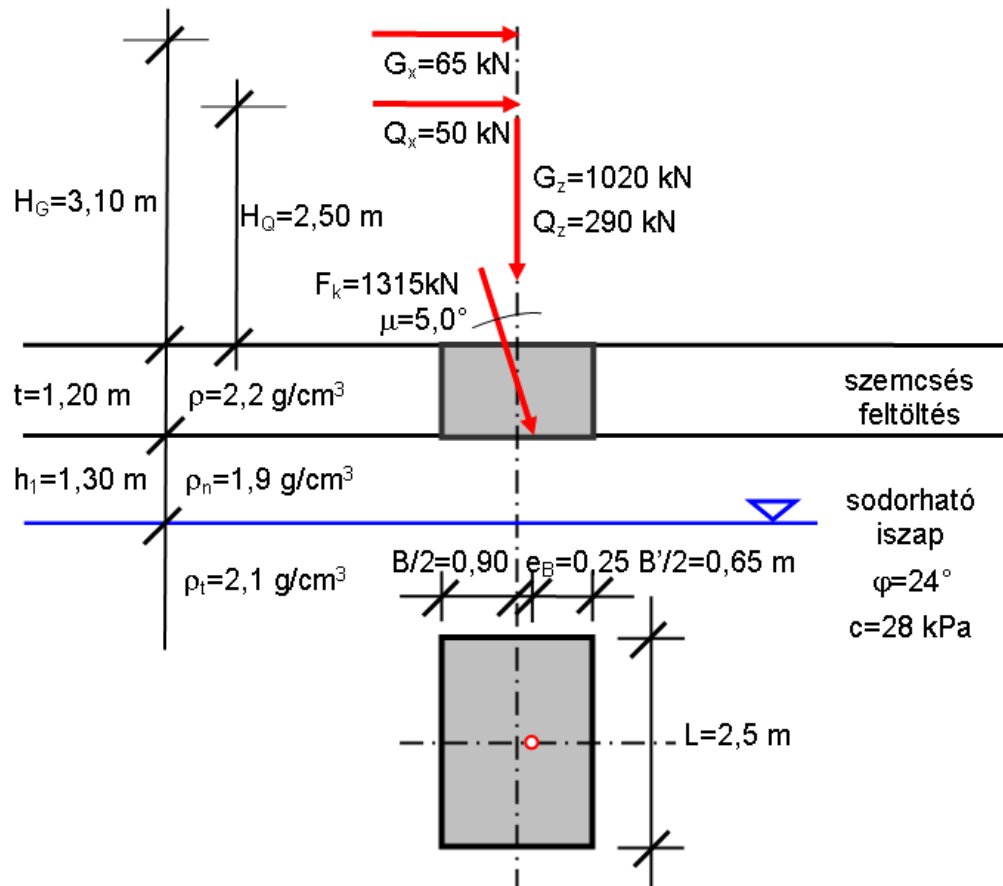
$$\frac{R_z}{B' \cdot L'} = \sigma_t = B' \cdot \gamma'_1 \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma \cdot 0,5 + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c$$

$$f(\gamma_R) = 0,083$$

$$f(E_k) = 0,081$$

$$f(c=0) = \text{tg} \mu = 0,087$$

$$f(R_k) = 0,0817$$



Síkalap elcsúszási teherbírási határállapota

Ellenállás számítása

$$R_{x;k} = F_{z;k} \cdot \operatorname{tg} \delta_k = 1310 \cdot \operatorname{tg} 24 = 583 \text{ kN}$$

$$R_{x;d} = \frac{R_{z;k}}{\gamma_R} = \frac{583}{1,1} = 530 \text{ kN}$$

$$E_{x;d} = \gamma_G \cdot G_x + \gamma_Q \cdot Q_x = 1,35 \cdot 65 + 1,50 \cdot 50 = 163 \text{ kN}$$

$$R_{x;d} = 530 \text{ kN} > E_{x;d} = 163 \text{ kN}$$

Síkalapok süllyedésének vizsgálata

6.6. Tervezés használhatósági határállapotra

6.6.1. Általános elvek

- (1)P Számolni kell azokkal az elmozdulásokkal, amelyeket az alapokra jutó olyan hatások okoznak, amilyenekre a 2.4.2. szakasz (4) bekezdése mutat példát.
- (2)P Az elmozdulások nagyságának mérlegelésekor figyelembe kell venni **az összehasonlítható tapasztalatot**. Szükség esetén az elmozdulásokat számítani is kell.
- (3)P **Puha agyagok esetében** mindig szükséges a **süllyedésszámítás**.
- (4) **Merev és kemény agyagon** álló, 2. és 3. geotechnikai kategóriába tartozó síkalapok esetében rendszerint szükséges a függőleges elmozdulás (süllyedés) számítása. Az alapra ható terhek által okozott süllyedések számítására használható módszerek a 6.6.2. szakaszban találhatók.
- (5)P Ha az alapok elmozdulásait a használhatósági kritériumokkal kell összevetni, akkor a **használhatósági határállapot terheinek** tervezési értékével kell dolgozni.
- (6) A süllyedésszámítások eredményei **nem tekinthetők pontosnak**, ezek csak közelítő értékű jelzésnek tekinthetők.
- (7)P Az alapok elmozdulása mind **a teljes alapozási rendszer mozgását**, mind az alapozás különböző részei közti **mozgáskülönbséget** illetően vizsgálandó.
- (8)P A **szomszédos alapok és feltöltések** miatti feszültségnövekményt és ennek befolyását a talaj összenyomódására számításba kell venni.
- (9)P Az alapozás **relatív elfordulásainak** lehetséges mértékét értékelni kell, és össze kell hasonlítani az adott helyzethez illő mozgási határértékekkel.

6.6.2. Süllyedés

- (1)P Mind az **azonnali**, mind az **időben elhúzódó süllyedéseket** számítani kell.
- (2) Részben vagy teljesen telített talajok esetében a következő három süllyedési összetevő vizsgálandó:
 - az s_0 azonnali süllyedés, mely a teljesen telített talajokban a térfogatállandóság melletti nyírási alakváltozás, a részben telített talajban pedig egyrészt a nyírási alakváltozás, másrészt térfogat-csökkenés miatt következik be;
 - az s_1 a konszolidációs süllyedés;
 - az s_2 kúszás miatt fellépő süllyedés.
- (3) Ajánlatos általánosan **elfogadott módszerekkel számítani** a süllyedéseket.

MEGJEGYZÉS: Az s_0 és s_1 süllyedések számítására az F mellékletben példaként bemutatott számítási módszert szabad használni.

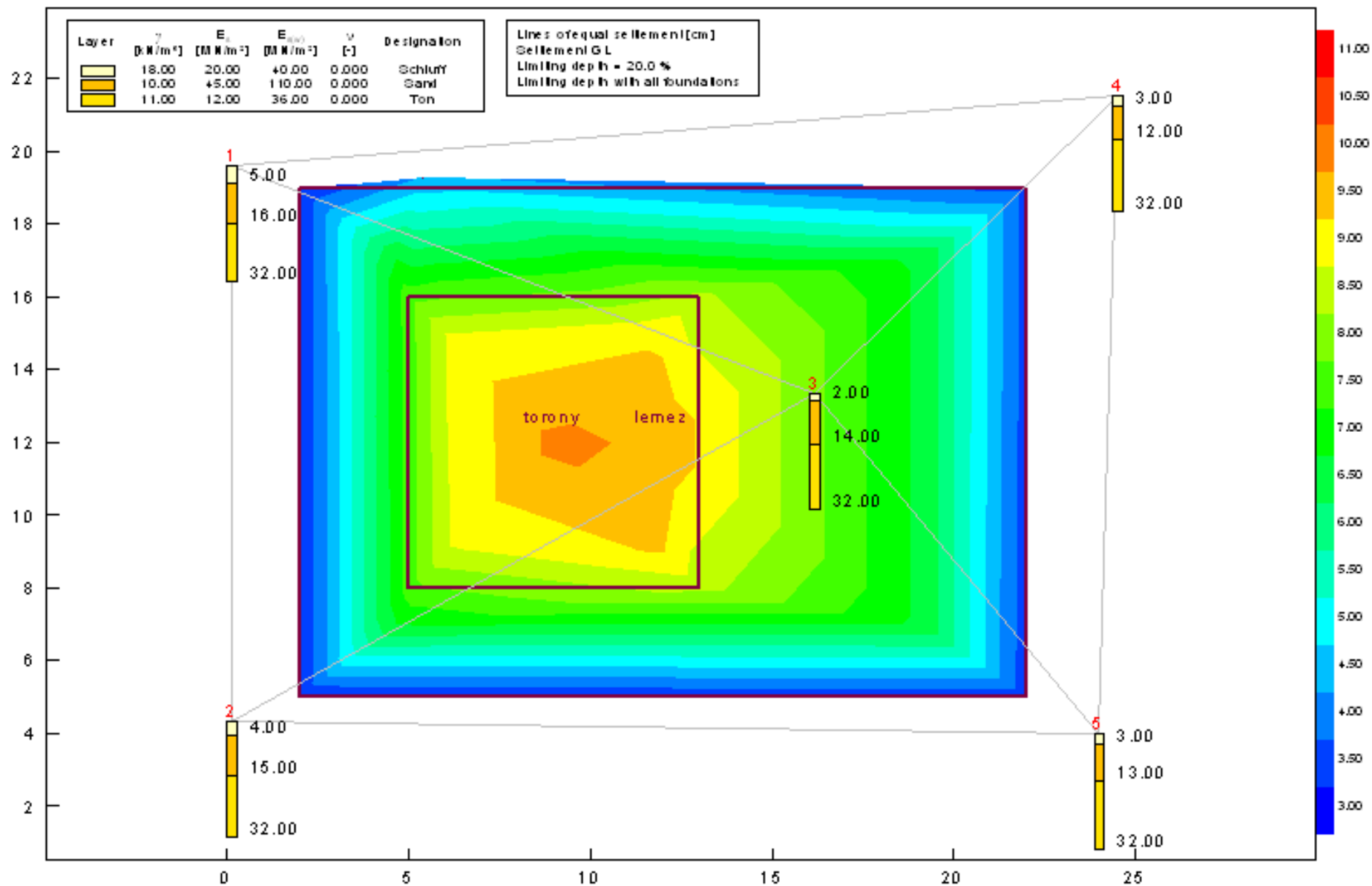
6.6.2. Süllyedés

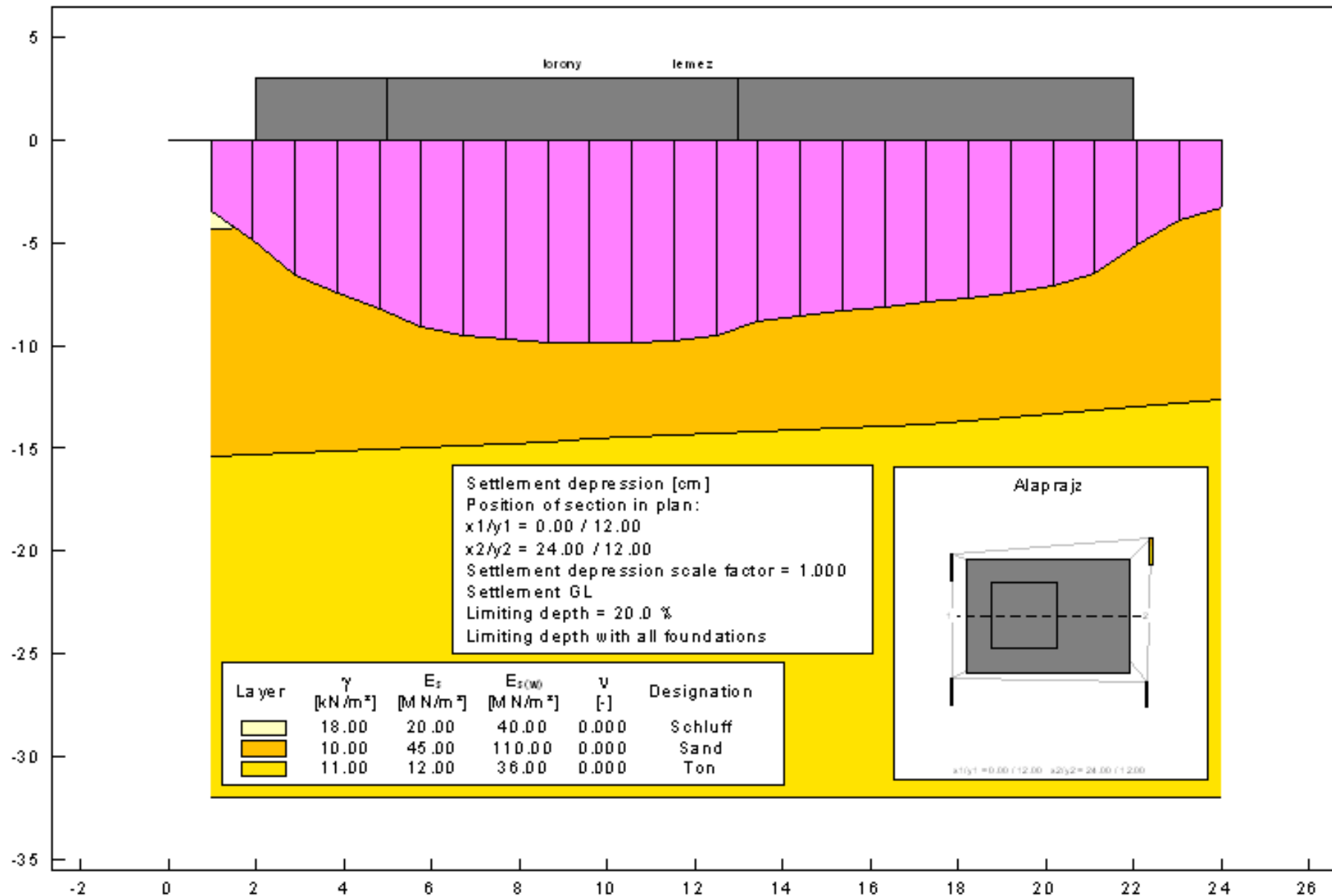
- (4) Különös figyelmet kell fordítani olyan talajokra, mint pl. **a szerves talajok, puha agyagok**, melyekben a **kúszás** miatti süllyedés gyakorlatilag sohasem fejeződik be.
- (5) **Az összenyomódónak tekintett talajréteg mélysége** függ az alaptest méretétől és alakjától, az alaptestek távolságától és a talajmerevség mélység szerinti változásától.
- (6) A határmélység általában ott vehető fel, ahol az alap terheléséből származó hatékony függőleges feszültség egyenlő az eredeti függőleges hatékony önsúlyfeszültség **20%-ával**.
- (7) Sok esetben e mélység **durva becsléssel** az alaptest szélességének 1 vagy 2-szeresére vehető fel, s ez még csökkenthető a kis terhelésű, széles lemezalapot esetében.
MEGJEGYZÉS: Ez a közelítés nem érvényes a nagyon lágy talajokra.
- (8)P A talaj **öntömörödéséből** származó esetleges járulékos süllyedést ugyancsak mérlegelni kell.
- (9) A következőket indokolt figyelembe venni:
 - feltöltésben és roskadó talajokban az önsúly, az elárasztás és a rezgés lehetséges hatásai;
 - törékeny szemcsésű homokokban a feszültségváltozások hatásai.
- (10)P A **talajmerevség** a körülményekhez illeszkedően akár **lineáris**, akár **nemlineáris modellel** is számításba vehető.

6.6.2. Süllyedés

- (11)P A **terhek eloszlásának és az altalaj lehetséges változásainak** figyelembevételével kell értékelni a süllyedéskülönbségeket és a relatív elfordulásokat azért, hogy biztosan elkerüljük bármely használhatósági határállapot bekövetkeztét.
- (12) A tartószerkezet **merevségének elhanyagolásával** számított süllyedéskülönbségek általában nagyobbak, mint amilyenek ténylegesen bekövetkeznek. A tényleges süllyedéskülönbségek kisebb értékeit lehet igazolni **az altalaj és a tartószerkezet kölcsönhatásának** erőtani vizsgálatával.
- (13) Illő számítani az **altalaj változékonysága** miatti süllyedéskülönbségekre, hacsak a tartószerkezet merevsége meg nem gátolja létrejöttüket.
- (14) Termett talajon álló síkalapok esetében indokolt arra számítani, hogy általában akkor is **bekövetkezik valamekkora süllyedéskülönbség**, ha a számítások csak egyenletes süllyedést jeleznek.
- (15) **Külpontosan terhelt alaptest dőlését** szabad úgy becsülni, hogy lineáris talpfeszültség-eloszlást tételezünk fel, s a vázolt módszerekkel a sarkok alatti függőleges feszültségeloszlás alapján meghatározzuk az alaptest sarkainak süllyedését.
- (16) **Agyagokra** alapozott szokványos tartószerkezetek esetében ajánlatos kiszámítani a talaj kezdeti drénezetlen nyírószilárdságából adódó **teherbíró képesség** és a használhatósági állapothoz tartozó **terhelés arányát**.
El kell végezni a süllyedésszámítást, ha ez az arány kisebb, mint 3.
Ha pedig kisebb, mint 2, úgy a talaj nemlineáris merevségének következményeit is indokolt számításba venni.

Süllyedésszámítási példa





Síkalapok tartószerkezeti tervezése

6.8. Síkalapok tartószerkezeti tervezése

- (1)P A síkalapok szerkezeti tönkremenetelét a 2.4.6.4. szakasszal összhangban kell megakadályozni.
- (2) **Merev alapok** esetén szabad **lineáris talpfeszültség-eloszlást** feltételezni. Az altalaj és a tartószerkezet kölcsönhatásának részletesebb erőtanai vizsgálatával egy gazdaságosabb terv is igazolható.
- (3) **Hajlékony alapok** esetében a talpfeszültség-eloszlás meghatározásához az alap rugalmas féltéren v. megfelelő merevségű és szilárdságú rugók sorozatán nyugvó gerendaként vagy lemezként modellezhető.
- (4)P Gerenda- és lemezalapok **használhatóságát** a használhatósági határállapotra vonatkozó terhelés, valamint az alap és a talaj alakváltozásának megfelelő talpfeszültség-eloszlás figyelembevételével kell ellenőrizni.
- (5) Koncentrált erőkkel terhelt gerenda- vagy lemezalapok esetében a szerkezetben fellépő erők és hajlítónyomatékok lineárisan rugalmas ágyazat feltételezésével számíthatók. Az **ágyazási tényező értéke** süllyedésszámítással állapítható meg, amihez a talpfeszültség-eloszlást megfelelően meg kell becsülni. Ha kell, az ágyazási tényezők változtathatók úgy, hogy végül a velük számított talpfeszültségek ne haladják meg az értékeket, amelyekig a lineáris viselkedés feltételezhető.
- (6) A tartószerkezet egészének abszolút **süllyedéseit és süllyedéskülönbségeit** az előbbiek szerint indokolt számítani, amire **az ágyazási tényezős modellek** használata többnyire **nem megfelelő**. Az előzőeknél pontosabb, pl. **véges elemes számítást** indokolt alkalmazni, ha az altalaj és a tartószerkezet kölcsönhatásának meghatározó szerepe van.

Felszerkezetek teherbírési határállapota a süllyedéskülönbségek miatt

Teherbírési határállapot

- a hatások $\gamma > 1,0$ parciális tényezővel veendőek figyelembe
- hatás a felszerkezeten = süllyedés(különbség)
- azonos teherállás a nyomatékok és a süllyedések számításához

Süllyedés tervezési értéke

- a hatások használhatósági határállapotra ajánlott, $\gamma = 1,0$ parciális tényezővel számított gyakori kombinációjára megállapítva és $\gamma > 1,0$ parciális tényezővel felszorozva
- a hatások teherbírési állapotra ajánlott, $\gamma > 1,0$ parciális tényezővel számított alap- vagy alkombinációjára meghatározva

Ajánlható méretezési módszer

- a felszerkezet VEM-vizsgálata süllyedő alátámasztással, nemlineáris számítással
- az alátámasztás paramétere rugóállandó és határerő síkalap süllyedésszámítása vagy cölöp F-s görbéje alapján

Ágyazási tényező meghatározása

$$C_i = q_i / s_i$$

- a) Pontos, ill. pontosított süllyedésszámítással
- b) Közelítő süllyedésszámítással
- c) Közelítő képlettel
- d) Tapasztalati képlettel

Ágyazási tényező meghatározása

$$C_i = q_i / s_i$$

A. Pontos, illetve pontosított süllyedésszámítással

talpfeszültség-eloszlás felvétele a terhek eloszlása alapján	$q_1(x,y)$
feszültségszámítás Steinbrenner szerint kellő számú pontra	σ_{zi1}
határmélységek meghatározása	m_{0i1}
fajlagos alakváltozások számítása és összegzése	s_{i1}
ágyazási tényezők számítása	C_{i1}
talpfeszültség-eloszlás számítása talaj-szerkezet kölcsönhatásának analízise alapján az előbbi C_{i1} -értékekkel	$q_2(x,y)$
az előbbieket ismétlése míg a kiindulási és az újraszámított talpfeszültség közel azonos nem lesz	$q_{i+1}(x,y) \approx q_i(x,y)$

Ágyazási tényező meghatározása

$$C_i = q_i / s_i$$

B. Közelítő süllyedésszámítással

átlagos talpfeszültség számítása a terhekből
átlagos süllyedés számítása

$$\frac{p_a = q_a}{s_a}$$

$$s_a = \frac{p_a}{E_s} \cdot B \cdot F \left(\frac{m_0}{B}; \frac{L}{B} \right)$$

átlagos ágyazási tényező számítása (C_a)

$$C_a = q_a / s_i$$

javítás:

a szélső negyedekben

$$1,6 \cdot C_a$$

a belső félben

$$0,8 \cdot C_a$$

Ágyazási tényező meghatározása

$$C_i = q_i / s_i$$

C. Közelítő képlettel

$$s_{\acute{a}} = \frac{p_{\acute{a}}}{E_s} \cdot B \cdot F\left(\frac{m_0}{B}; \frac{L}{B}\right)$$

képletből

$$C_{\acute{a}} = \frac{p_{\acute{a}}}{s_{\acute{a}}} = \frac{1}{F(L/B; m_0/B)} \cdot \frac{E_s}{B}$$

$$C_{\acute{a}} \approx 2 \cdot \frac{E_s}{B} \quad \text{négyzetes alaprajz esetén}$$

$$C_{\acute{a}} \approx \frac{E_s}{B} \quad \text{sávszerű alaprajz esetén}$$

javítás:

a szélső negyedekben
a belső félben

$$1,6 \cdot C_{\acute{a}} \\ 0,8 \cdot C_{\acute{a}}$$

Ágyazási tényező meghatározása

$$C_i = q_i / s_i$$

D. Tapasztalati összefüggéssel

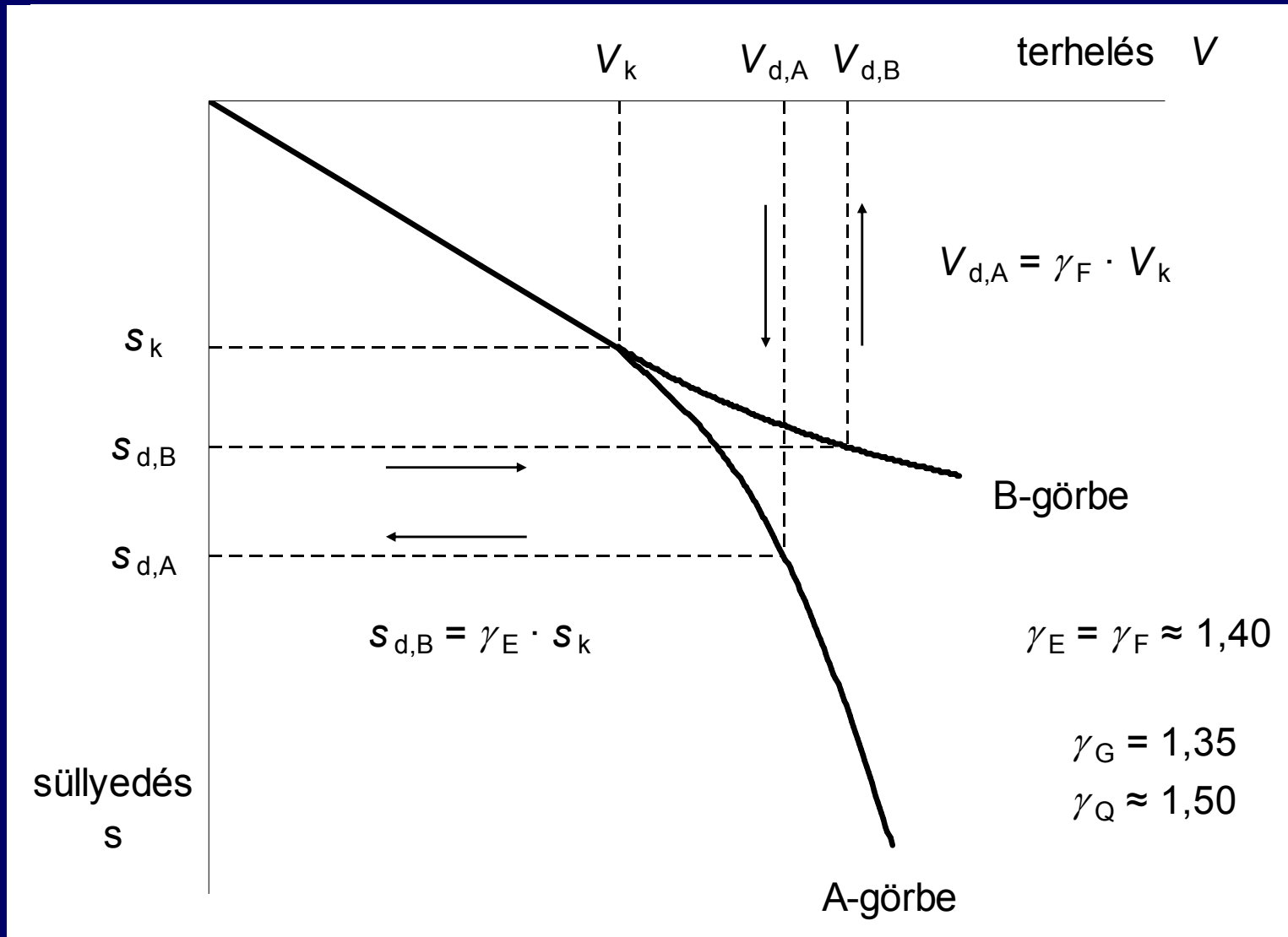
$$C_{\acute{a}} = E_s \cdot \left(\frac{1}{B} + \frac{1}{m_0} + \frac{1}{L} \right)$$

javítás:

a szélső negyedekben $1,6 \cdot C_{\acute{a}}$

a belső félben $0,8 \cdot C_{\acute{a}}$

Felszerkezetek teherbírási határállapota a süllyedéskülönbségek miatt



5-6.

A cölöpalapok tervezése
az Eurocode 7 szerint

A cölöptervezés alapszabályai

A cölöpözés tervezéséhez szükséges speciális információk

- Épületmaradványok, feltöltések
- Kövesedett talajok
- Agresszív talajok és talajvíz
- Lággy réteg egy jó réteg alatt
- Érzékeny szomszédos épületek
- Környezeti korlátozások
- Légvezetékek

Cölöpalapok tervezési határállapotai

- az általános állékonyság elvesztése;
- a cölöpalap talajtörési (nyomási) ellenállásának kimerülése;
- a cölöpalap kihúzódása vagy nem kielégítő húzási ellenállása;
- talajtörés a cölöpalap keresztirányú terhelése következtében;
- a cölöptest tartószerkezeti tönkremenetele
nyomás, húzás, hajlítás, kihajlás vagy nyírás miatt;
- a talaj és a cölöpalap együttes tönkremenetele;
- a talaj és a tartószerkezet együttes tönkremenetele;
- túlzottan nagy süllyedés;
- túlzottan nagy megemelkedés;
- túlzottan nagy oldalirányú elmozdulás;
- elfogadhatatlan mértékű rezgés.

Cölöpválasztás szempontjai

- a helyszíni talaj- és talajvízviszonyok, beleértve az ismert vagy lehetséges akadályokat;
- a cölöpözéskor keletkező feszültségek;
- a készítendő cölöp épségének megőrzésére és ellenőrzésére szolgáló lehetőségek;
- a cölöpözési módszer és sorrend hatása a már kész cölöpökre, a szomszéd szerkezetekre és közművekre;
- a cölöpözéskor megbízhatóan betartható tűrészhatárok;
- a talajban előforduló vegyi anyagok káros hatásai;
- a különböző talajvizek összekapcsolódásának lehetősége;
- a cölöpök kezelése és szállítása;
- a cölöpözés hatásai a környező építményekre;
- a cölöpök távolsága a cölöp csoportban;
- a cölöpözéssel a szomszédos szerkezetekben okozott elmozdulások vagy rezgések;

Cölöpválasztás szempontjai

- az alkalmazandó verőberendezés vagy vibrátor típusa;
- a cölöpökben a verés által keltett dinamikus feszültségek;
- fúróiszappal készülő fúrt cölöpök esetében
a folyadéknomás szinten tartásának szükségessége,
a furatfal beomlását s a furattalp hidraulikus talajtörését gátolandó;
- a cölöptalp és a palást megtisztítása (főleg bentonit alkalmazásakor)
a fellazult törmelék eltávolítása végett;
- a furatfal betonozás közbeni helyi beomlása, mely
földzárványt okozhat a cölöpszárban;
- talaj vagy talajvíz behatolása a helyben betonozott cölöptestbe és
az átáramló víz zavaró hatásai a még nedves betonban;
- a cölöpöt körülvevő telítetlen homokrétegeknek
a beton vizét elszívó hatása;
- a talajban előforduló vegyi anyagok kötésgátló hatása;
- a talajkiszorító cölöpök talajtömörítő hatása;
- a talajnak a cölöpfúrás által okozott megzavarása.

A cölöpöket terhelő hatások

A cölöpök körüli talaj különböző elmozdulásainak hatásai

negatív köpenysúrlódás

- elmozdulások megállapítása, kölcsönhatás elemzése,
- maximális érték a palástellenállásból vagy a külső teherből
- az egyéb hatások egyidejűségének értékelése
- figyelembe vétele próbaterheléskor

keresztirányú hatás

- töltésben vagy mellette,
- földkiemelés mellett,
- kúszó rézsúben,
- földrengés esetén,
- ferde cölöpön süllyedő talajban

megemelkedés

- duzzadó talaj
- építési hatások

Talajmozgások hatásának figyelembevétele

- a talaj elmozdulása hatásként kerül a számításba, ezután a kölcsönhatásokat kell elemezni, hogy meghatározzuk a cölöp belső erőit, elmozdulásait és alakváltozásait;
- annak az erőnek a felső értékét kell tervezési hatásként a számításba bevezetni, melyet a talaj a cölöpre közvetíteni képes, s ennek felvételekor figyelemmel kell lenni a talaj szilárdságára és a terhek eredetére, amelyet az elmozduló talaj súlya vagy összenyomódása, illetve a zavaró hatások nagysága jellemez.

Negatív köpenysúrlódás

Okai:

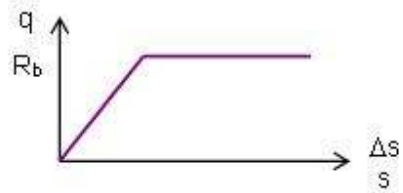
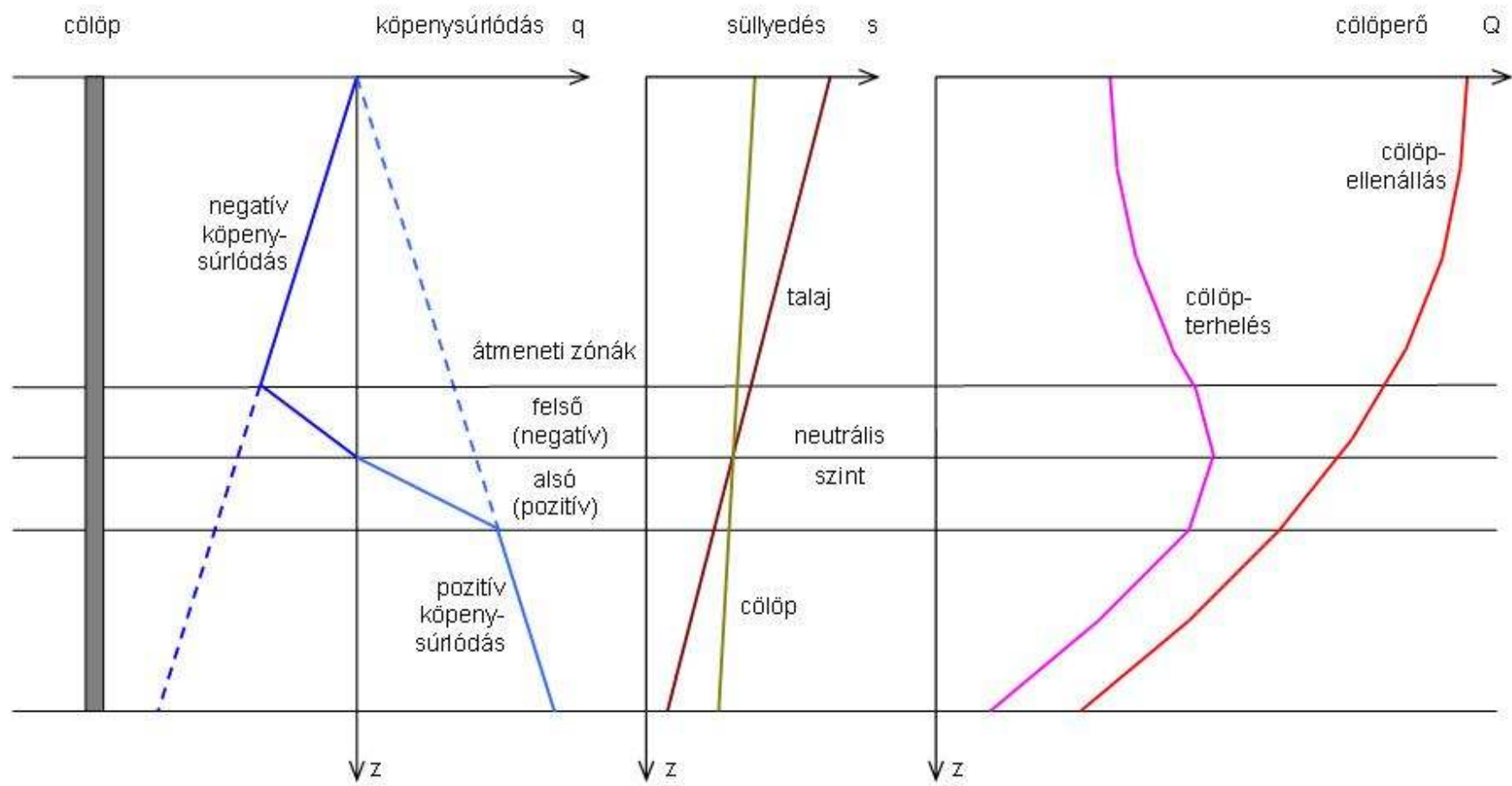
felszíni teher, verés okozta pórusvíznyomás-többlet,
fiatal feltöltések összenyomódása önsúly hatására, feltöltés roskadása,
talajvízszint csökkenése, szerves talajok másodlagos összenyomódása

Jellemzői:

5-10 mm süllyedés is elegendő a mobilizálódáshoz,
neutrális szint függ a biztonságtól, a teherbírasi összetevők arányától és
mobilizáló mozgásuknak a felszínsüllyedéshez viszonyított arányától,
süllyedési, nem teherbírasi probléma, mert elegendően nagy mozgás után
már nem lehet negatív köpenysúrlódás,
a hasznos, esetleges terhekkal együtt nem kell figyelembe venni
cölöpcsoportban a helyzet kedvezőbb

Védekezési lehetőségek:

előterhelés a konszolidáció kiváráásával ($\Delta s/\Delta t < 1 \text{ cm/hó}$),
cölöpköpeny kikapcsolása védőcsővel, kenéssel
kellően nagy biztonság a töréssel szemben
felszerkezet süllyedéstűrésének növelése



A negatív köpenysűrűdés értelmezése

7.3.2.4. Keresztirányú terhelés

(3) A cölöpalapok keresztirányú terhelését általában a merev vagy hajlékony gerendaként modellezett cölöpök és a mozgó talajtömeg közötti kölcsönhatás vizsgálatával ajánlatos megállapítani.

Ha a gyengébb talajrétegek vízszintes alakváltozása nagymértékű és a cölöpök távolsága is nagy, akkor a cölöpök oldalirányú terhelése főként a gyenge talajrétegek nyírószilárdságától függ.

A cölöpök nyomási ellenállásának meghatározása

7.6.2. A talajkörnyezetből származó nyomási ellenállás

7.6.2.1. Általános elvek

- (4) A tömbként működő **cölöpcsoport** nyomási ellenállását általában úgy lehet számítani, mintha a tömb **egyetlen nagy átmérőjű cölöp** lenne.
- (6) Ha a cölöpök **merev** tartószerkezetet támasztanak alá, számításba vehető, hogy **a tartószerkezet a cölöpök között elosztja a terhelést**.
Határállapot ilyen esetben csak akkor következhet be, ha több cölöp egyszerre kerül törési állapotba, ezért az egyedi cölöp törési állapotát nem kell vizsgálni.
- (7) Ha a cölöpök **hajlékony szerkezetet** támasztanak alá, indokolt azt feltételezni, hogy a leggyengébb cölöp nyomási ellenállásától függ a határállapot bekövetkezése.
- (8) Különös gonddal kell vizsgálni a **szélső cölöpök** törési állapotát, melyet az alátámasztott szerkezetről átadódó ferde vagy külpontos terhelés okozhat.
- (9)P Ha a cölöpök által közvetlenül terhelt réteg alatt **gyengébb réteg** van, akkor a gyenge rétegnek a nyomási ellenállására kifejtett hatása figyelembe veendő.
- (10)P A cölöp talpellenállásának számításakor figyelembe kell venni **a cölöptalp alatti és feletti talajzóna szilárdságát**.
MEGJEGYZÉS: E talajzóna talp alatti és feletti vastagsága a cölöpátmérő többszöröse lehet. Az ebben előforduló bármely gyenge talajnak viszonylag nagy a befolyása a talpellenállásra.
- (11) Ha a cölöptalp alatt a 4-szeres cölöpátmérőnek megfelelő mélységen belül van gyenge talaj, akkor a talp alatti talaj **átszűrődésének** lehetőségével számolni kell.
- (12)P Ha **a talp átmérője nagyobb** a cölöptörzs átmérőjénél, akkor ennek lehetséges kedvezőtlen hatását vizsgálni kell.

Cölöpök nyomási ellenállásának meghatározása az EC 7 szerint

- statikus próbaterhelés
- számítás talajvizsgálat alapján
 - szondadiagram (CPT, SPT, MPM)
 - talajszelvény nyírószilárdsági paraméterekkel
 - talajszelvény osztályozó paraméterekkel
- dinamikus próbaterhelés

Talajvizsgálat és dinamikus próbaterhelés alapján tervezni csak olyan módszerrel szabad, melynek alkalmasságát hasonló cölöpre és talajra statikus próbaterheléssel igazolták.

7.5. Cölöpök próbaterhelése

7.5.1. Általános elvek

(1)P Cölöp-próbaterhelést kell végezni a következő esetekben:

- ha olyan cölöptípust vagy -készítési módszert alkalmaznak, amelyre nincs összehasonlítható tapasztalat,
- ha a cölöpöket hasonló talaj- és terhelési viszonyok között még nem vizsgálták próbaterheléssel;
- ha a cölöpök olyan terhelést kapnak, amelyre megbízható támpontot sem az elmélet, sem a tapasztalat nem ad.
- ha a cölöp készítése közben végzett megfigyelések azt jelzik, hogy a cölöp viselkedése erősen és kedvezőtlenül tér el a helyszín vizsgálata és a tapasztalat alapján elvárttól, és ha a kiegészítő altalajvizsgálatok sem tisztázzák az eltérés okait.

(2) Cölöp-próbaterhelés végezhető:

- az építési eljárás alkalmasságának megítélésére;
- a tervezett cölöp és a környező talaj terhelés alatti viselkedésének meghatározására, mind a süllyedések, mind a törőerő tekintetében;
- a cölöpalap egészének megítélésére.

Cölöppróbaterhelés EN ISO 22477/1

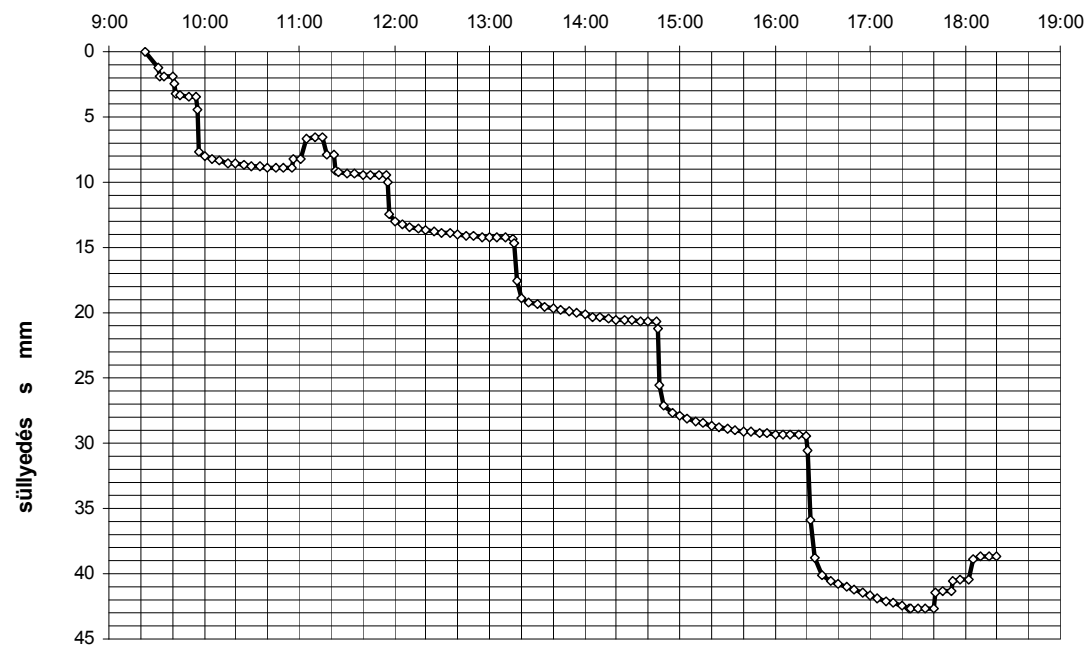
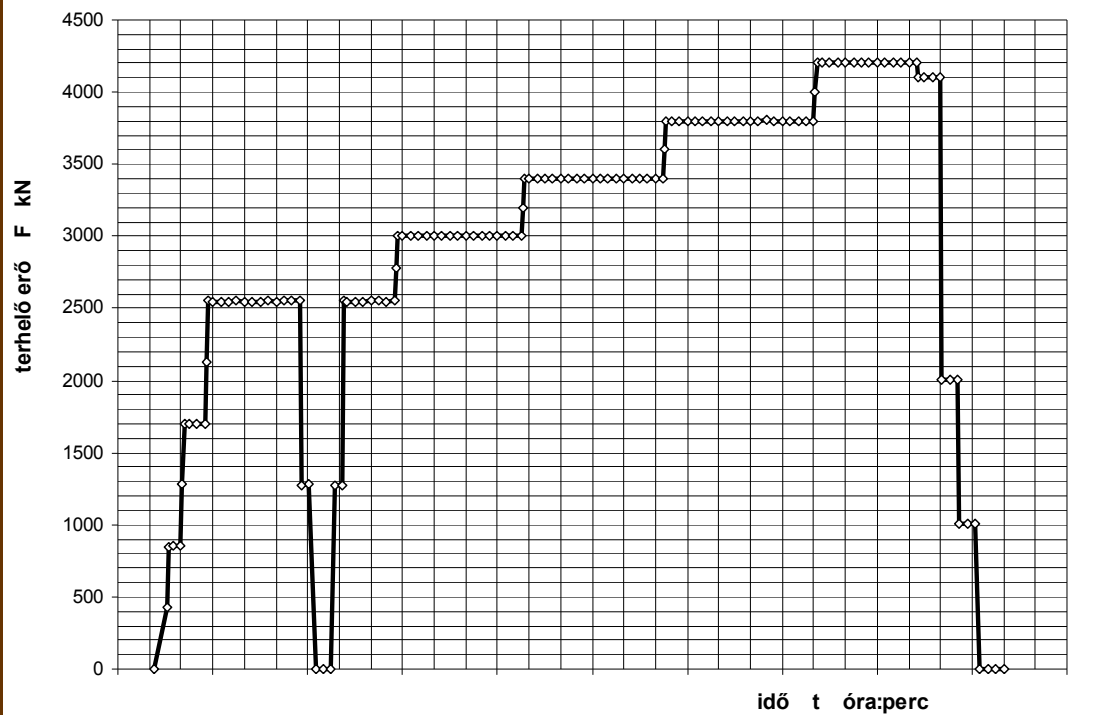
- talajvizsgálat nem távolabb 5,0 m-nél és legalább 5,0 m-re a talp alá
- osztott cölöp is, de csak Oesterberg-cella (?)
- minimális „tisztá” távolság a horgonycölöpöktől 3D vagy 2,5 m
- 10 % tartalék az ellentartásban
- $0,01P_{\max}$ és 0,01 mm mérési pontosság
- belső erőeloszlás mérésére több módszert ajánl
- 8 lépcső közbenső tehermentesítés nélkül
- cölöpkészítés dokumentálása
- cölöpkészítés utáni idő:
 - szemcsés talaj 5 nap,
 - kötött talajban 3 hét fúrt, 5 hét vert cölöpre
- terhelés 0,25 mm/5perc, de min. 60 perc, legalább $2R_c$ -ig
- sokféle görbét kell megadni: F-s, F-t, s-t, s-lgt, F- a_y , F_s -s, F_b -s, F(z)-t, F_{si} -s
- szabad korrigálni az F-s görbét hosszabb időtartamra
- szabad extrapolálni nagyobb süllyedésre
- $s=D/10$ -nél törési állapot
- kúszási erő értelmezése (a_y erőteljes változása)



Próbaterhelés eszközei



Próbaterhelés feldolgozása



DIN 1054

fúrt cölöpök fajlagos cölöppenállásainak tapasztalati értékei

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

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

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

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

DIN 1054

vert cölöpök fajlagos cölöpenállásának tapasztalatai értékei

vert cölöp		palástellenállás karakterisztikus értéke $q_{s,k}$ kPa				talpellenállás karakterisztikus értéke $q_{b,k}$ MPa			
talaj	mélység m	fa	vasbeton	acélcső	I-tartó	fa	vasbeton	acélcső	I-tartó
Szemcsés	< 5	20 – 45	20 – 45	20 – 35	20 – 30	2,0 – 3,5	2,0 – 5,0	1,5 – 4,0	1,5 – 3,0
	5 – 10	40 – 65	40 – 65	35 – 55	30 – 50		3,5 – 6,5	3,0 – 6,0	2,5 – 5,0
	> 10		60	50 – 75	40 – 75	3,0 – 7,5	4,0 – 8,0	3,5 – 7,5	3,0 – 6,0
kohéziós	I_c								
	0,5 – 0,75	5 – 20							
	0,75 – 1,0	20 – 45				0,0 – 2,0			
görgeteges agyag kemény – nagy. kem.	< 5		50 – 80	40 – 70	30 – 50		2,0 – 6,0	1,5 – 5,0	1,5 – 4,0
	5 – 10			60 – 90	40 – 70		5,0 – 9,0	4,0 – 9,0	3,0 – 7,5
	> 10		80 – 100	80 – 100	50 – 80		8,0 – 10,0	8,0 – 10,0	6,0 – 9,0

q_b talpellenállás

$$q_b = \alpha_b \cdot \beta \cdot s \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{q_{cl} + q_{cII}}{2} + q_{cIII} \right)$$

Szemcsés talaj esetén

α_b a talpellenállás technológiai szorzója

β és s köralakú cölöpökre 1,0

q_{cl} a talp alatti d_{crit} kritikus mélységre vonatkozó átlag

q_{cII} a talp alatti d_{crit} kritikus mélység minimuma

q_{cIII} a talp feletti 8D hossz minimuma, de legfeljebb 2 MPa

d_{crit} 4D és 0,7D közötti azon mélység, mely a legkisebb q_b értéket adja

q_{bH} korlátozása

- $q_{bH} < 15$ MPa lehet
- előterhelt, nagyon tömör, meszes homokok esetében további csökkentés

q_s palástellenállás

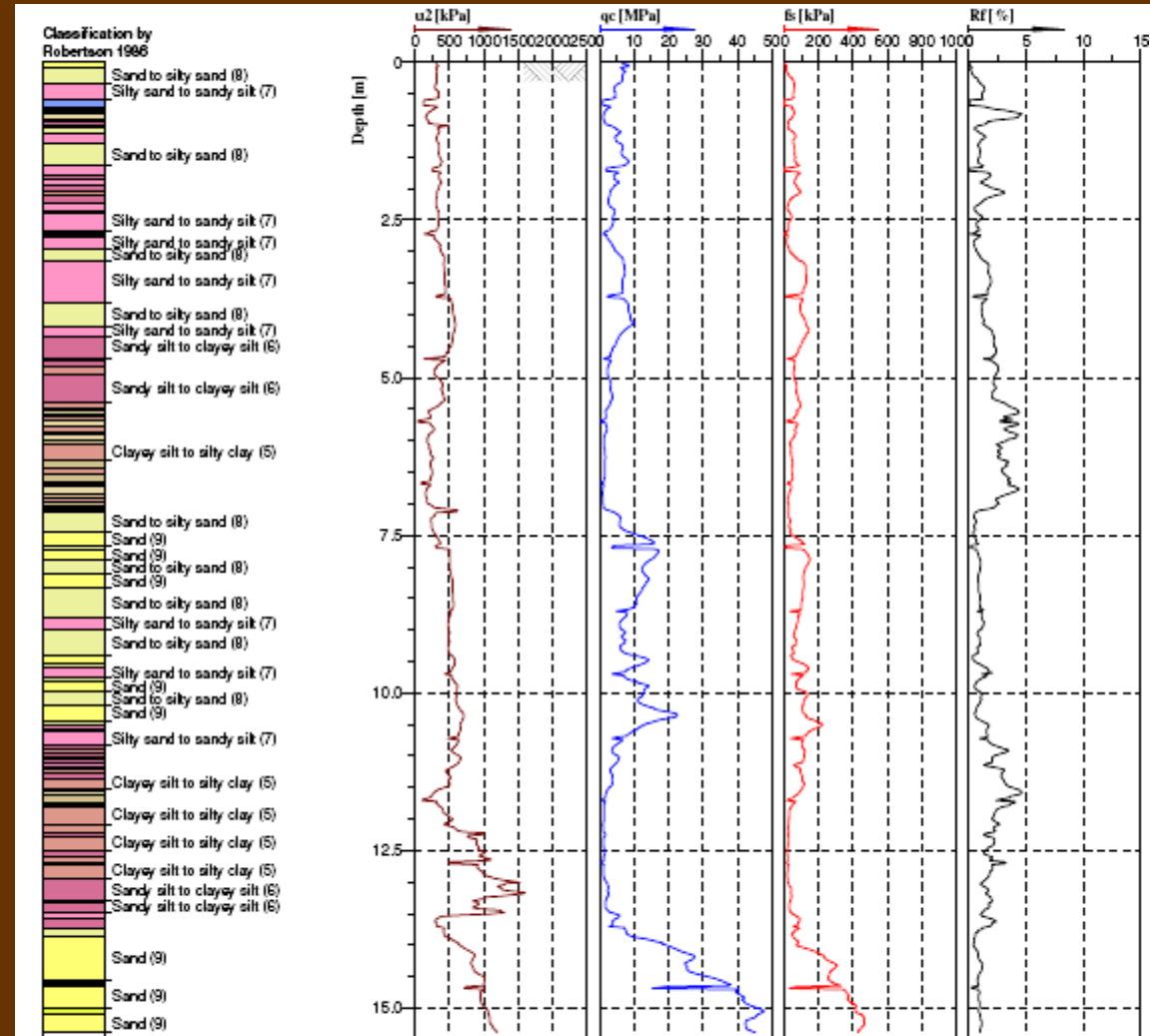
$$q_s = \alpha_s \cdot q_c$$

α_b a palástellenállás technológiai szorzója

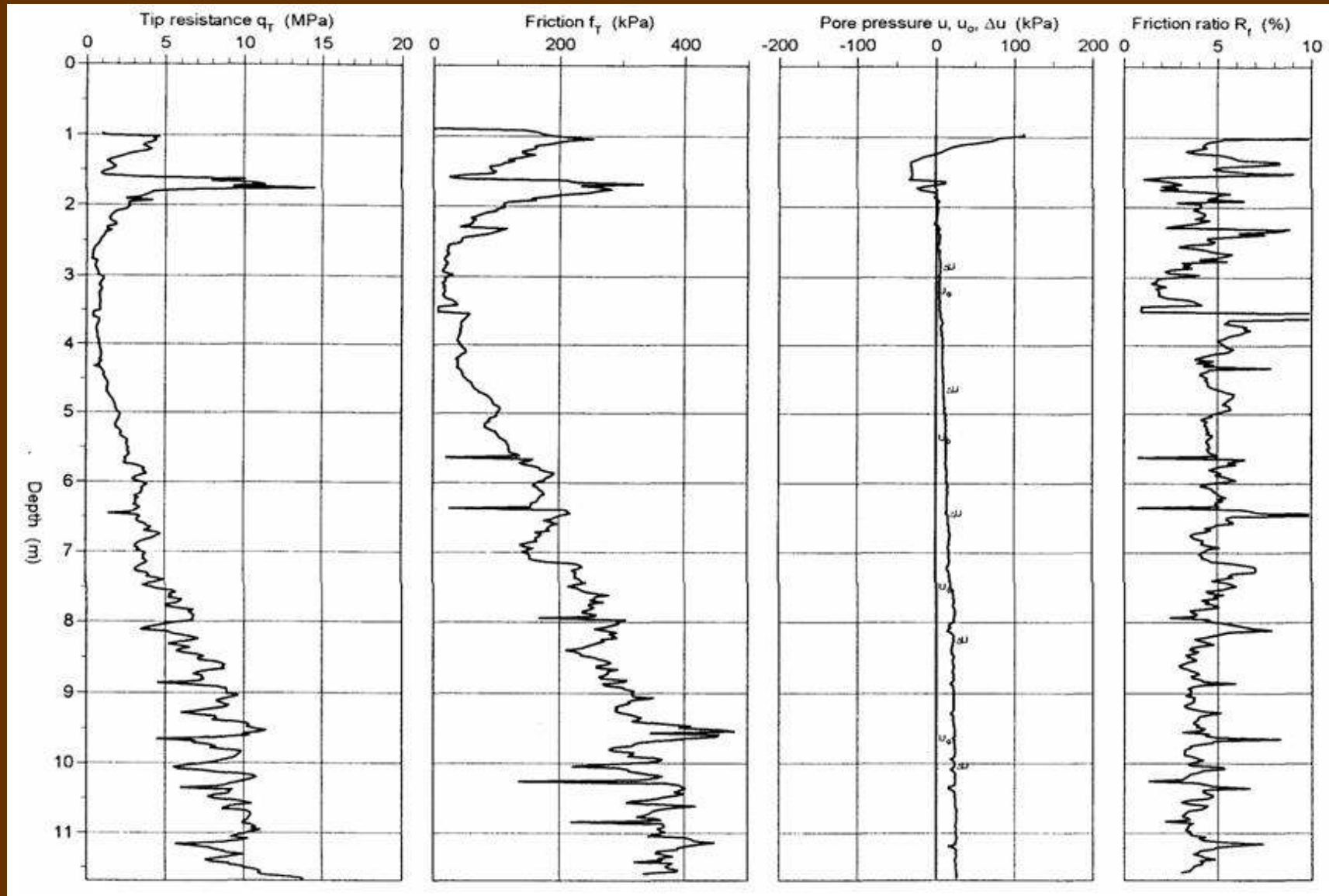
q_{cH} korrekciója

- ha egy 1,0 m-nél hosszabb szakaszon $q_c > 15$ MPa, akkor $q_{cH} = 15$ MPa legyen, (ez egyben $q_s \leq 120$ kPa korlátozást is jelent)
- ha egy 1,0 m-nél rövidebb szakaszon $q_c > 12$ MPa, $q_{cH} = 12$ MPa legyen,
- ha a szondázás terepszintje magasabban volt, mint lesz az üzemi állapotban, s ezért a függőleges hatékony feszültség valamely mélységben σ_{zc}' -ről σ_{zH}' -ra csökken, akkor a figyelembe vehető szondaellenállás $q_{cH} = q_{cH} \cdot (\sigma_{zH}' / \sigma_{zc}')$ legyen

CPT(u) nyomószonda, statikus szonda



Statikus szondadiagram



Cölöpök szemcsés talajbeli fajlagos ellenállásait a statikus szonda csúcscellenállásából adó szorzó

készítési mód	típus	talpellenállásra $\alpha_b = q_b / q_c$	palástellenállásra $\alpha_s = q_s / q_c$
talajkiszorítással	előregyártott vert vb. vagy acél	1,0	0,010
	helyszíni vert (Franki, Simplex)	1,0	0,014
	előregyártott csavart	0,8	0,012
részleges talajkiszorítással	vert acélprofil, nyitott cső	1,0	0,0075
talajhelyettesítéssel	folyamatos (CFA, SOB)	0,8	0,006
	béléscsővel fúrt cölöp	0,6	0,006
	fúróiszappal fúrt cölöp	0,6	0,005

Cölöpök kötött talajbeli fajlagos palástellenállásait a statikus szonda

talajtípus	CPT-csúcscellenállás q_c MPa	szorzó $\alpha_s = q_s / q_c$
agyag	$q_c > 3,0$	$< 0,030$
	$1,0 < q_c < 3,0$	$< 0,020$
	$q_c < 1,0$	$< 0,050$
iszap		$< 0,025$
tőzeg		0

Cölöpellenállás számítása CPT alapján

$$R_c = R_b + R_s = A_b \cdot q_b + \sum_i A_{si} \cdot q_{si}$$

ellenállás-komponens	szemcsés talaj	kötött talaj
talpellenállás	$q_b = \lambda_b \cdot \alpha_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{q_{clm} + q_{cllm}}{2} + q_{cillm} \right)$	$q_b = 0,6 \cdot \mu_b \cdot q_c$
palástellenállás	$q_s = \alpha_{sq} \cdot \sqrt{q_c}$	$q_s = 1,2 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_c}$

$$c_u = \frac{q_c}{N_k} \approx \frac{q_c}{15,5}$$

Szemcsés talajok fajlagos cölöellenállásai

cölöptípus		talp- ellenállási szorzó	palást- ellenállási szorzó	palást- ellenállás maximuma
		α_b	α_{sq}	q_{smax} [kPa]
talaj- kiszorításos	vert (vibrált), előregyártott vasbeton elem	1,00	0,90	150
	vert (vibrált), zárt végű bennmaradó acélcső	1,00	0,75	120
	zárt véggel lehajtott s visszahúzott cső helyén betonozott	1,00	1,10	160
	csavart, helyben betonozott,	0,80	0,75	160
talaj- helyettesítéses	CFA-cölöp	0,70	0,55	120
	fúrt, támasztófolyadék védelmében	0,50	0,55	100
	fúrt, béléscső védelmében	0,50	0,45	80

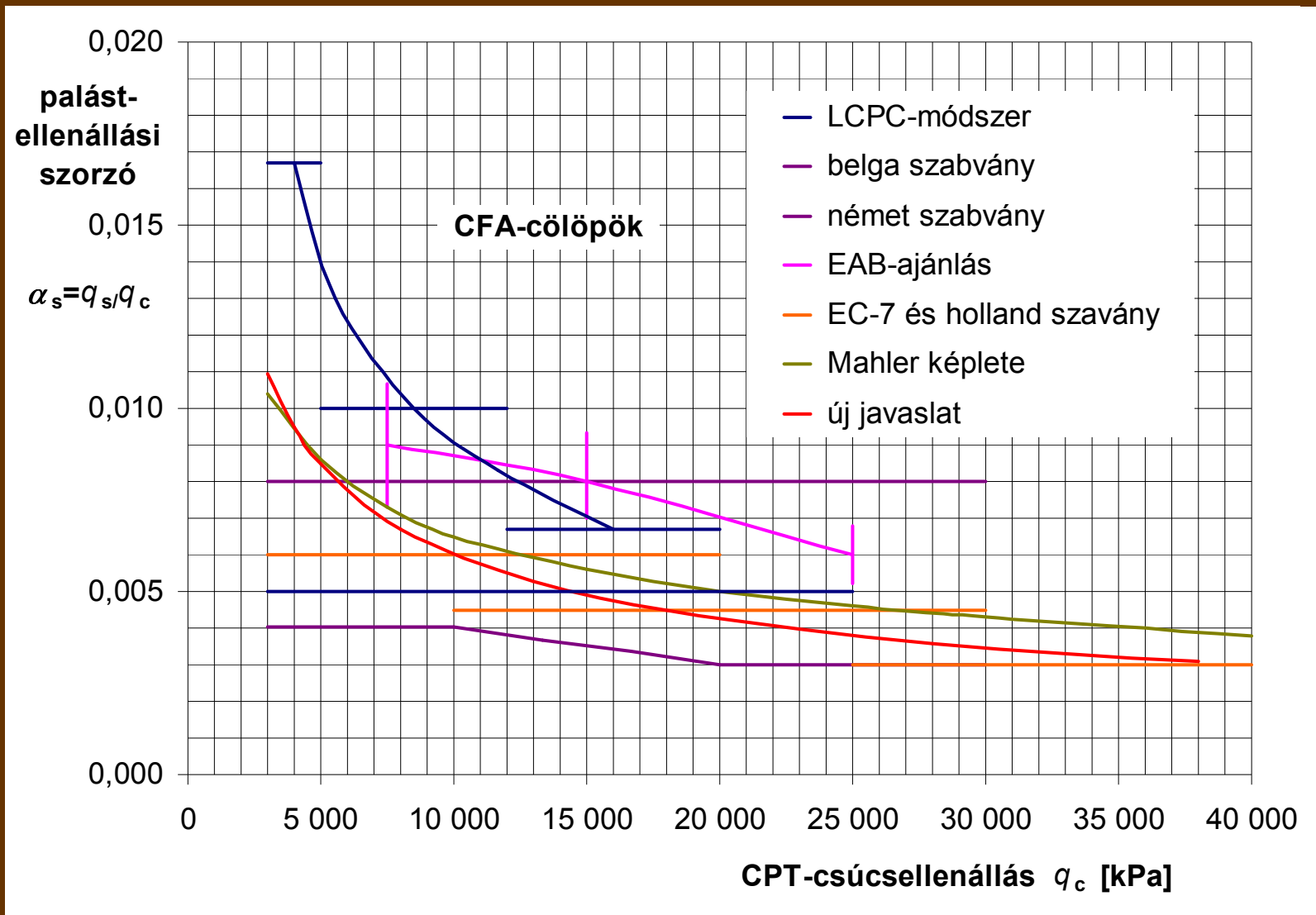
$$q_b = \lambda_b \cdot \alpha_b \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{q_{clm} + q_{cIIIm}}{2} + q_{cIIIIm} \right)$$

$$q_s = \alpha_{sq} \cdot \sqrt{q_c}$$

EC 7 és NEN

$$\lambda_b = 0,6$$

Szemcsés talajok palástellenállási szorzója



$$q_s = \alpha_s \cdot q_c$$

$$q_s = \alpha_{sq} \cdot \sqrt{q_c}$$

Kötött talajok fajlagos cölöpenállásai

cölöptípus		talp- ellenállási szorzó	palást- ellenállási szorzó	palást- ellenállás maximuma
		μ_b	μ_s	q_{smax} [kPa]
talaj- kiszorításos	vert (vibrált), előregyártott vasbeton elem	1,00	1,05	85
	vert (vibrált), zárt végű bennmaradó acélcső	1,00	0,80	70
	zárt véggel lehajtott s visszahúzott cső helyén betonozott	1,00	1,10	90
	csavart, helyben betonozott,	0,90	1,25	100
talaj- helyettesítéses	CFA-cölöp	0,90	1,00	80
	fúrt, támasztófolyadék védelmében	0,80	1,00	80
	fúrt, béléscső védelmében	0,80	1,00	80

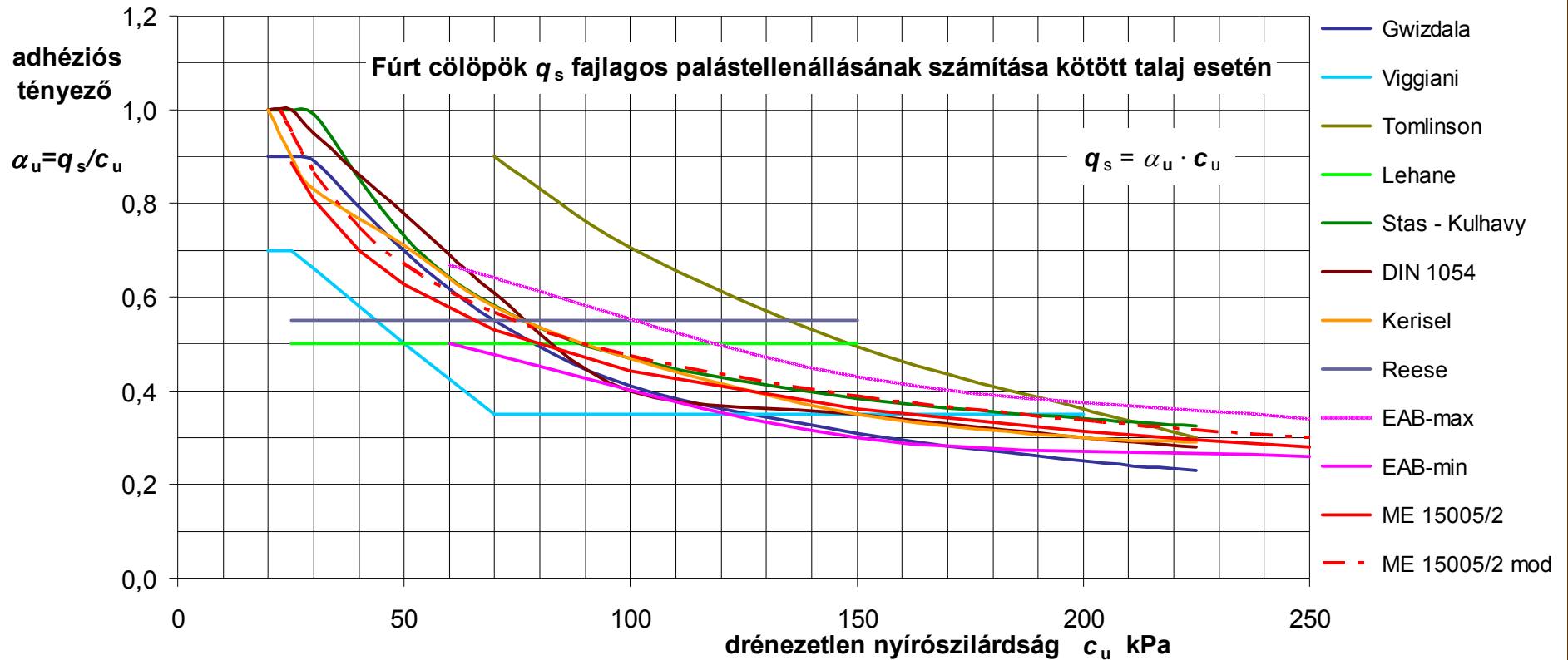
$$q_b = 9 \cdot c_u = 0,6 \cdot \mu_b \cdot q_c$$

$$q_s = 1,2 \cdot \mu_s \cdot \sqrt{q_c}$$

Skempton

$$c_u = \frac{q_c}{N_k} \approx \frac{q_c}{15,5}$$

Kötött talajok palástellenállási szorzója

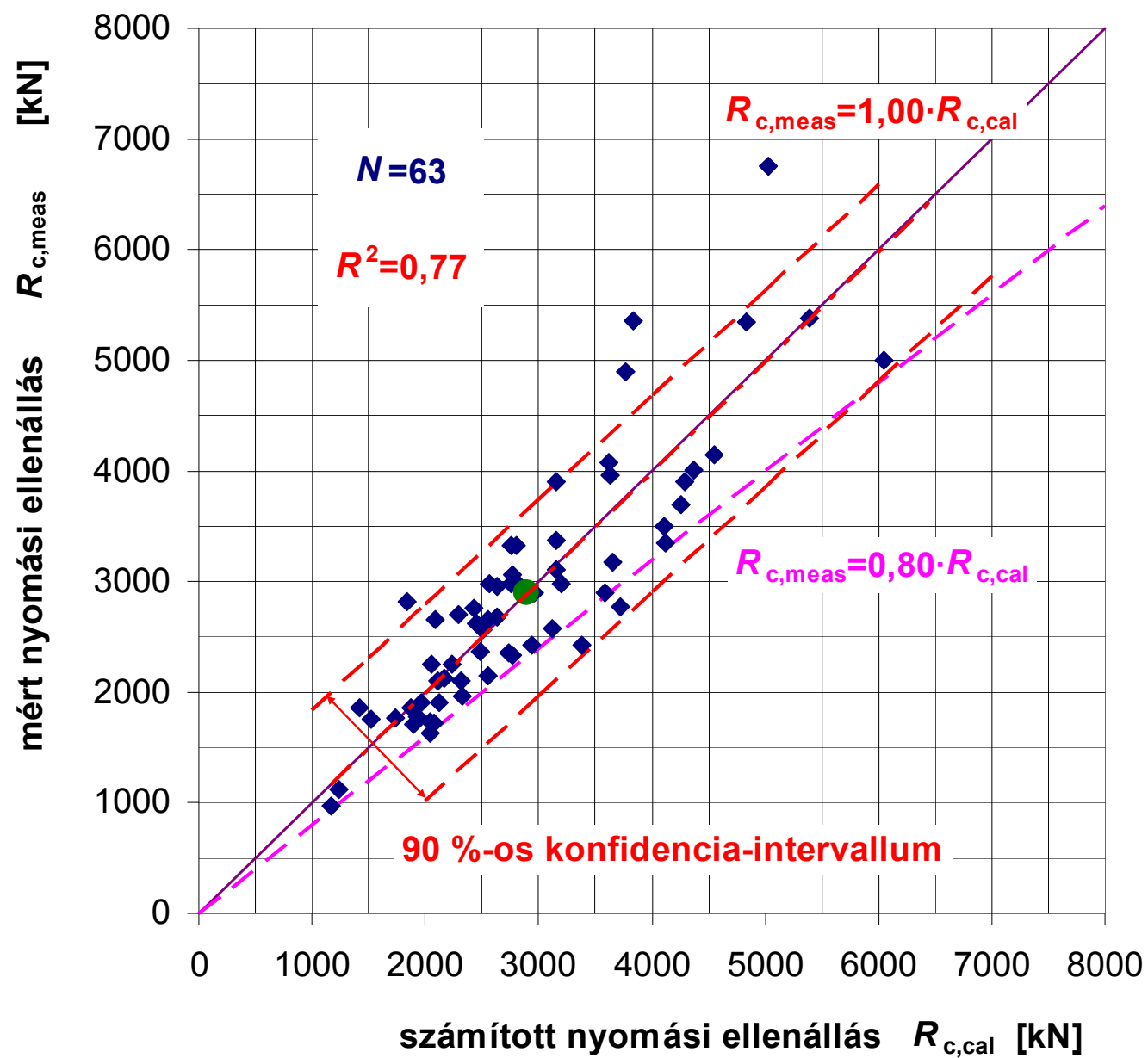


$$q_s = \alpha_u \cdot c_u$$

α -módszer

$$q_s = q_{s0} \cdot \sqrt{\frac{c_u}{c_1}} = 150 \cdot \sqrt{\frac{q_c}{1000}} = 1,2 \cdot \sqrt{q_c}$$

Mért
és
számított
teljes
nyomási
ellenállások
korrelációja



Dinamikus próbaterhelés

Módszerek

dinamikus próbaterhelés (alakváltozás- és gyorsulásmérés)	korrelációs tényező
jelillesztéssel (signal matching, CAPWAP)	1,35
közvetlen számítással (hullámmegyenlet, CASE)	1,60
verési képlet (elmozdulásmérés)	
kvázi-rugalmas behatolás mérésével	1,75
kvázi-rugalmas behatolás becslésével v. elhanyagolásával	1,90

Kalibrálás statikus próbaterheléssel

ugyanazon cölöptípuson
hasonló hosszal és keresztmetszettel
hasonló talajban

Az eredmény megbízhatóságát növeli

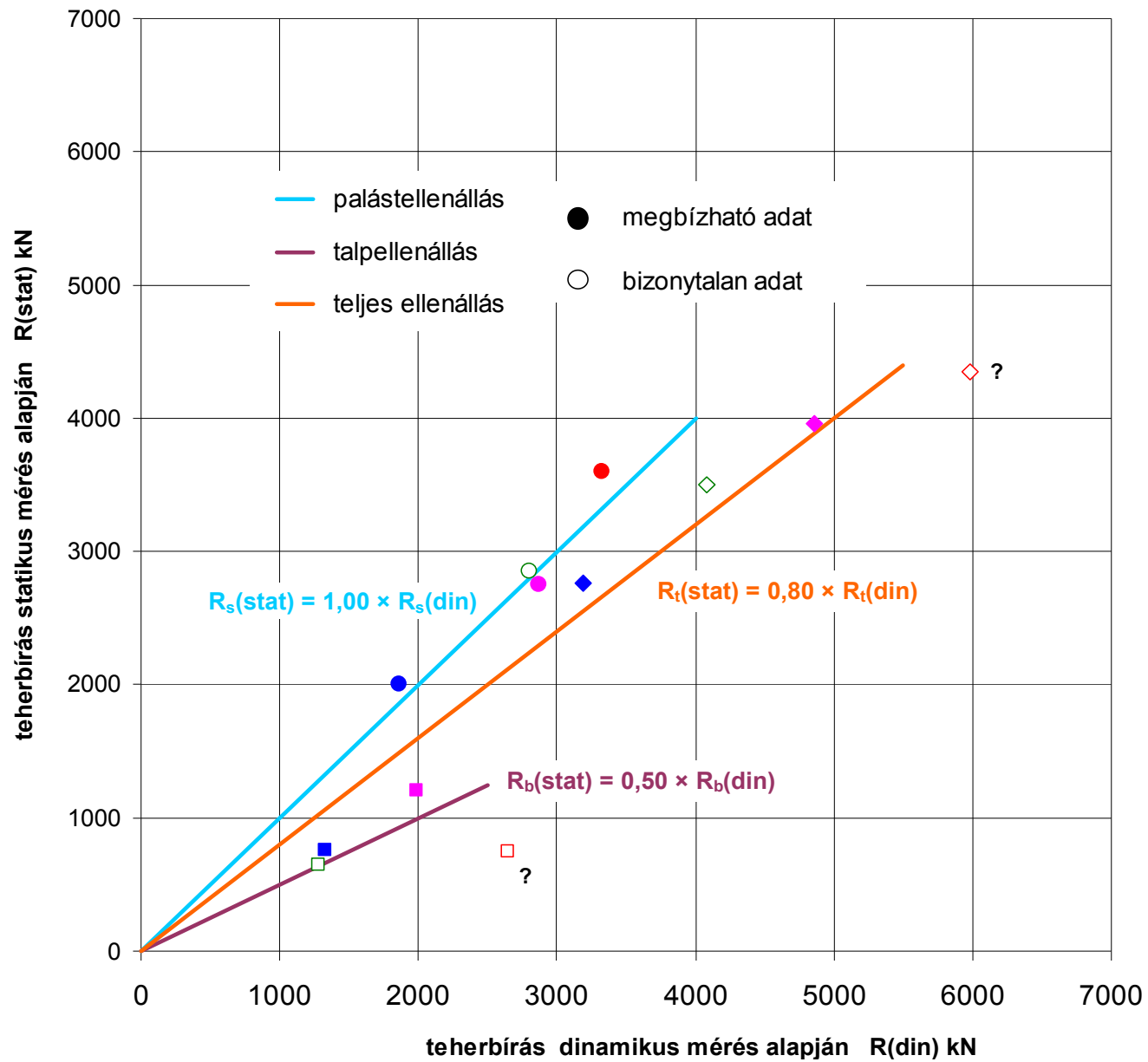
kellő ütőhatás (2-10 t)
elég nagy elmozdulás (10-50 mm)
hosszabb erőhatás (5-100 ms)

Alkalmazás

terv igazolására
próbaveréshez
teherbírás egyenletességének igazolására



A dinamikus próbaterhelés megbízhatósága homoktalaj esetén



A cölöpméretezés biztonsága

a cölöpméretezési rendszer elemei		a biztonsági rendszer eszközei				
elemek	változatok	parciális tényezők	korrelációs tényezők	modell-tényezők	kockázati tényezők	eljárási szabályok
cölöptípus	vert – CFA – fúrt	EC 7-1 nemzeti melléklet				
ellenállástípus	palást – talp – teljes					szemcsés talpellenállás óvatos kezelése
talajfajta	kötött – szemcsés					
méretezési módszer	statpt – CPT – szemp – dinpt		eredeti EC 7 követése	EC 7-1 nemz. mell.		min. 3 CPT
kockázat	nagy – átlagos – kis				EC 0 javaslatai	a fentiek alkalmazása
erőtani számítás típusa	alap – részletes	részletes is elfogadható	1,1 redukció alkalmazása			részletes = = szakszerű

A cölöpenállás tervezési értékének számítása a karakterisztikus értékből

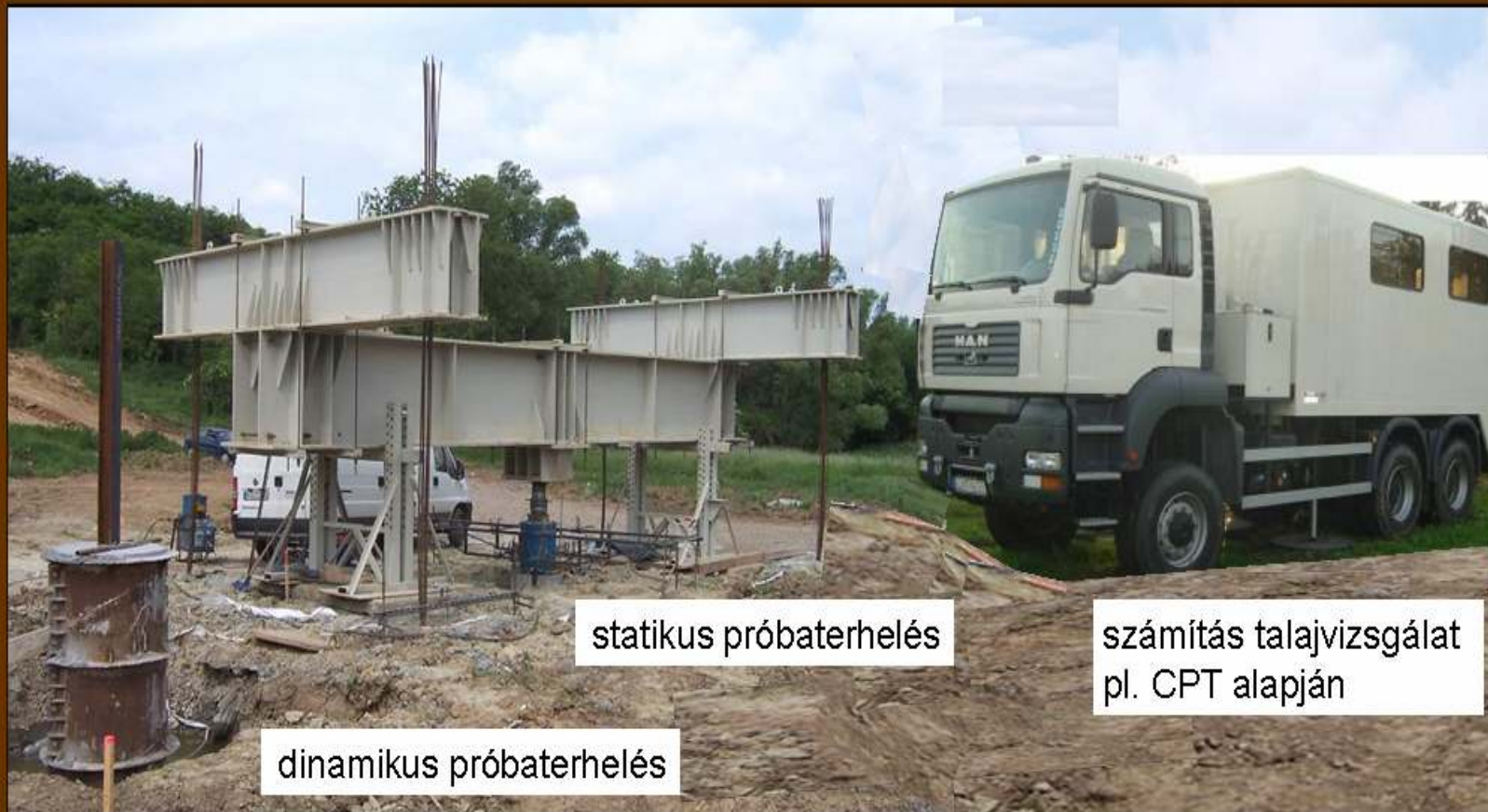
$$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{\gamma_t} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

Parciális tényezők a cölöpök tervezéséhez

cölöpenállás	jel	cölöptípus		
		vert	fúrt	CFA
talpenállás	γ_b	1,1	1,25	1,2
nyomott cölöp palástellenállása	γ_s	1,1	1,1	1,1
nyomott cölöp teljes/kombinált ellenállása	γ_t	1,1	1,20	1,15
húzott cölöp palástellenállása	$\gamma_{s,t}$	1,25	1,25	1,25

A nyomási ellenállás $R_{c;k}$ karakterisztikus értékének számítása az $R_{c;m}$ mért vagy számított értékekből a ξ korrelációs tényezővel

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{\text{mean}}}{\xi_i}, \frac{(R_{c;m})_{\text{min}}}{\xi_{i+1}} \right\}$$



A számított cölöpenállások átlagának és minimumának meghatározása

$(R_{c;m})_{\text{mean}}$ átlagot kétféle módon számíthatjuk

- a két összetevő összegeinek átlagaként:

$$(R_{c;m})_{\text{mean}} = (R_{b;\text{cal}} + R_{s;\text{cal}})_{\text{mean}}$$

- az összetevők átlagának összegeként:

$$(R_{c;m})_{\text{mean}} = (R_{b;\text{cal}})_{\text{mean}} + (R_{s;\text{cal}})_{\text{mean}}$$

$(R_{c;m})_{\text{min}}$ minimum számítási módja

- az összetevők összegeinek minimumaként

$$(R_{c;m})_{\text{min}} = (R_{b;\text{cal}} + R_{s;\text{cal}})_{\text{min}}$$

*(A minimumok összege talán indokolatlanul óvatos érték volna,
ezért nem azt javasolja a szabvány.)*

a ξ korrelációs tényező a cölöppenállás karakterisztikus értékének meghatározásához

az ellenállás meghatározásának módszere	a próbaterhelések ill. a talajszelvények száma	az átlagra vonatkozóan	a minimumra vonatkozóan
	n	ξ_{mean}	ξ_{min}
statikus próbaterhelés 1, 4	1	1,40	1,40
	2	1,30	1,20
	3	1,20	1,05
	4	1,10	1,00
	≥ 5	1,00	1,00
talaj-vizsgálat 2, 3, 4, 5	1	1,40	1,40
	2	1,35	1,27
	3	1,33	1,23
	4	1,31	1,20
	5	1,29	1,15
	7	1,27	1,12
	10	1,25	1,08
dinamikus próbaterhelés 2, 6	≥ 2	1,60	1,50
	≥ 5	1,50	1,35
	≥ 10	1,45	1,30
	≥ 15	1,42	1,25
	≥ 20	1,40	1,25

Megjegyzések

- 1 ha egyetlen terhelést végeznek, akkor az a legrosszabb altalajú helyen legyen, ha többet, akkor azok reprezentálják az altalaj változásait, s egyet mindenképpen a legrosszabb helyen kell végrehajtani;
- 2 csak statikus próbaterheléssel kellő számú esetben igazolt számítási módszerek alkalmazhatók, szükség esetén a biztonságot növelő modelltényező bevezetésével;
- 3 a vizsgálati helyeknek jellemezniük kell az altalaj változásait, a szélsőségesen kedvezőtlen helyeket is;
- 4 ha a cölöpösszefogás képes kiegyenlíteni a teherbírás cölöp csoporton belüli különbségeit, akkor a fenti értékek 1,1-gyel oszthatók, de a módosított érték is maradjon 1,0-nél kisebb;
- 5 az alkalmazott számítási módszertől függő modelltényező is alkalmazandó a nemzeti melléklet szerint
- 6 a megadott értékek a következők szerint módosíthatók:
 - 0,85 szorzóval, ha a vizsgálat a mért jelekre illesztett modell alapján állapítja meg teherbírását;
 - 1,10 szorzóval, ha verési képletet használnak a mért kvázi-rugalmas behatolásból számolva;
 - 1,20 szorzóval, ha verési képletet használnak a kvázi-rugalmas behatolás mérése nélkül;

γ_{St} modelltényezők alkalmazása a cölöptervezésben az EC 7 NM szerint

NA19.2. Nem kell modelltényezőket alkalmazni, ha egyidejűleg teljesül, hogy

- az alkalmazott eljárás kidolgozásakor a talajjellemzőket igazolhatóan olyan értékekkel vették figyelembe, melyek karakterisztikus értékeknek tekinthetők,
- a tervező a talajjellemzők karakterisztikus értékeivel alkalmazza az eljárást.

NA19.3. A következő modelltényezőket kell alkalmazni, ha egyidejűleg igaz, hogy

- az alkalmazott eljárás kidolgozásakor a talajjellemzőket igazolhatóan átlagértékekkel vették figyelembe,
- a tervező is a talajjellemzők átlagértékeivel alkalmazza az eljárást.

Az alkalmazandó modelltényezők:

- statikus szondázás (CPT) csúcsellenállásából származtatott fajlagos cölöpellenállások esetében 1,1,
- laboratóriumi vizsgálatokkal megállapított nyírószilárdságból származtatott fajlagos cölöpellenállások esetében 1,2,
- tapasztalatai alapon felvett nyírószilárdsági paraméterek vagy azonosító és állapotjellemzők alapján megállapított fajlagos cölöpellenállások esetében 1,3.

Ha az alkalmazás körülményei az előbbi két változat között vannak, akkor a tervező az előbbieken javasolt értékek és 1,0 közötti modelltényezőket vehet számításba.

Az Eurocode szerinti tervezés kockázati és megbízhatósági szintjei és
kezelésük az igénybevételek módosító tényezőjével vagy a tervezés és/vagy a kivitelezés megfelelő ellenőrzési szintjeivel

Kárhányad szerinti és megbízhatósági osztály illetve ellenőrzési szintek	β megbízhatósági index minimális értékei		Tönkremenetellel járó veszteség	Igénybevételek módosító tényezője K_{FI}	Tervellenőrzés szintjei DSL		A helyszíni ellenőrzés szintje IL	
	1 éves referenciaidőszak	50 éves referenciaidőszak			Jellemzők	Ajánlott minimális követelmények a számítások, a terlapok és a műszaki leírások ellenőrzéséhez	Jellemzők	Követelmények
3 CC3 RC3 DSL3 IL3	5,2	4,3	Az emberélet veszélyeztetése nagy, vagy a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk rendkívül jelentősek	1,1	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés: A tervezőtől független szervezet által végzett ellenőrzés	Kibővített ellenőrzés	Független ellenőrzés
2 CC2 RC2 DSL2 IL2	4,7	3,8	Az emberélet veszélyeztetése közepes, vagy a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk jelentősek	1,0	Szokásos ellenőrzés	A felelős tervezőtől független személyek által végzett ellenőrzés a működési szabályzat szerint	Szokásos ellenőrzés	A működési szabályzat keretei között végzett ellenőrzés
1 CC1 RC1 DSL1 IL1	4,2	3,3	Az emberélet veszélyeztetése csekély és a gazdasági, társadalmi vagy környezeti károk nem jelentősek vagy elhanyagolhatóak	0,9	Szokásos ellenőrzés	Önellenőrzés: A tervező által végzett ellenőrzés	Szokásos ellenőrzés	Önellenőrzés

A cölöpalapok méretezési biztonsága

Az ellenállás oldalán GEO határállapotra az EC7 szerint

Cölöpalapozás

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{R_m}{\gamma_R \cdot \xi \cdot \gamma_m}$$

korrelációs tényező

$$\xi = 1,40 \dots 1,10$$

parciális tényező

$$\gamma_R = 1,10 - 1,15 - 1,20$$

modelltényező

$$\gamma_m = 1,10 - 1,30$$

A cölöpalapok méretezési biztonsága

Globális biztonság GEO határállapotra

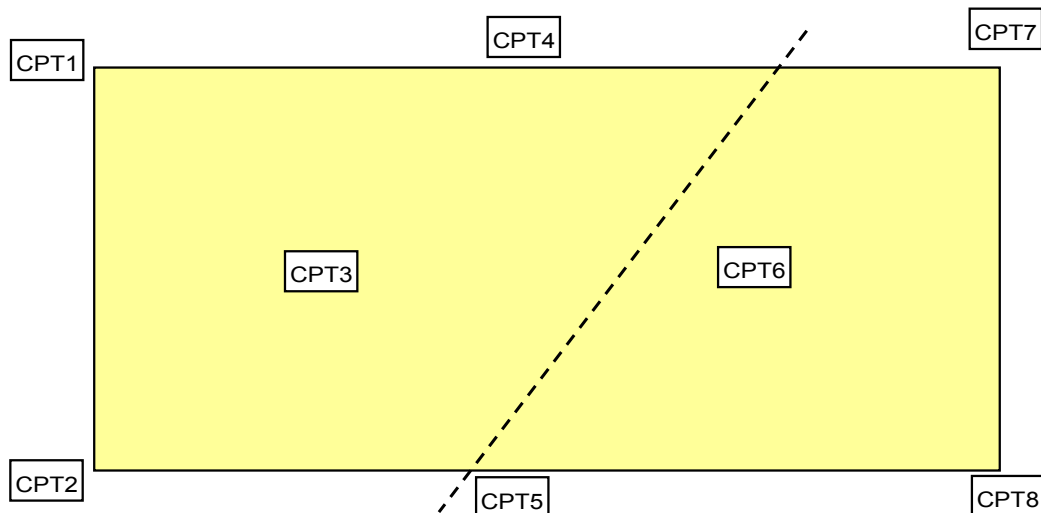
Cölöpalap nyomási ellenállása 1 próbaterhelés esetén

alapkombináció

$$\text{FOS} \approx 1,40 \cdot 1,40 \cdot 1,15 \approx 2,25$$

alkombinációk

$$\text{FOS} \approx 1,25 \cdot 1,40 \cdot 1,15 \approx 2,00$$



Próbaterhelés		
száma	helye	$R_{c;meas}$ kN
1.	CPT8	2250
2/a	CPT3-4-5-6	2565
2/b	CPT5	2480

Cölöp-
tervezés
statikus
próba-
terhelés
vagy
CPT
alapján

Cölöptípus: CFA		D=80 cm H=12 m		Számítási mód: CPT-EC7-SZR			
R [kN]	legvalószínűbb számított érték			modell- tényező	korrigált számított érték		
	palást- ellenállás	talp- ellenállás	teljes ellenállás		palást- ellenállás	talp- ellenállás	teljes ellenállás
CPT	$R_{s;cal}$	$R_{b;cal}$	$R_{c;cal}$	γ_m	$R_{s;cal}$	$R_{b;cal}$	$R_{c;cal}$
1	1550	1250	2800	1,1	1409	1136	2545
2	1480	1210	2690	1,1	1345	1100	2445
3	1520	1280	2800	1,1	1382	1164	2545
4	1450	1300	2750	1,1	1318	1182	2500
5	1380	1100	2480	1,1	1255	1000	2255
6	1300	1050	2350	1,1	1182	955	2136
7	1320	1080	2400	1,1	1200	982	2182
8	1250	1000	2250	1,1	1136	909	2045

Cölöptervezés CPT alapján

R [kN]	kiválasztott számított érték				korrelációs tényező	karakterisztikus érték			tervezési érték			
	átlag minimum	palást-ellenállás	talp-ellenállás	teljes ellenállás		palást-ellenállás	talp-ellenállás	teljes ellenállás	palást-ellenállás $\gamma_s = 1,1$	talp-ellenállás $\gamma_b = 1,2$	teljes ellenállás Σ	teljes ellenállás $\gamma_t = 1,15$
tervezési egység		$R_{s,cal}$	$R_{b,cal}$	$R_{c,cal}$	ξ	$R_{s;k}$	$R_{b;k}$	$R_{c;k}$	$R_{s;d}$	$R_{b;k}$	$R_{c;k}$	$R_{c;k}$
teljes	mean(1-8)	1278	1053	2332	1,27	1007	829	1836				
1 - 8	min(1-8)	1136	909	2045	1,12	1015	812	1826	922	676	1599	1588
nyugati	mean(1-5)	1342	1116	2458	1,29	1040	865	1906	946	721	1667	1657
1 - 5	min(1-5)	1255	1000	2255	1,15	1091	870	1960				
keleti	mean(5-8)	1193	961	2155	1,31	911	734	1645	828	612	1440	1430
5 - 8	min(5-8)	1136	909	2045	1,20	947	758	1705				

Cölöptervezés statikus próbaterhelés alapján

értékelés a teljes épületre				értékelés a keleti részre		értékelés a nyugati részre	
1. próbaterhelés alapján		1. és 2/a. próbaterhelés alapján		1. próbaterhelés alapján		2/b. és próbaterhelés alapján	
$R_{c;mean}$	$R_{c;min}$	$R_{c;mean}$	$R_{c;min}$	$R_{c;mean}$	$R_{c;min}$	$R_{c;mean}$	$R_{c;min}$
2250	2250	2408	2250	2250	2250	2480	2480
ξ_1	ξ_2	ξ_1	ξ_2	ξ_1	ξ_2	ξ_1	ξ_2
1,4	1,4	1,3	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4
$R_{c;mean}/\xi_1$	$R_{c;min}/\xi_2$	$R_{c;mean}/\xi_1$	$R_{c;min}/\xi_2$	$R_{c;mean}/\xi_1$	$R_{c;min}/\xi_2$	$R_{c;mean}/\xi_1$	$R_{c;min}/\xi_2$
1607	1607	1852	1875	1607	1607,142857	1771	1771
γ_t	$R_{c;d}$	γ_t	$R_{c;d}$	γ_t	$R_{c;d}$	γ_t	$R_{c;d}$
1,15	1398	1,15	1611	1,15	1398	1,15	1540

A cölöpméretezés egyéb kérdése

Cölöpök tervezése húzásra

- A teherbírás kimerülésének formái
 - a cölöpök kihúzódása a talajból
 - a cölöpöket magába foglaló talajtömb megemelkedése
- Tervezési módszerek
 - próbaterhelés (feltétlenül törésig)
 - számítás talajparaméterek alapján
- A húzási ellenállás meghatározásakor figyelembe veendő szempontok
 - az ismétlődő és a váltakozó irányú terhek hatása próbaterheléseken alapuló összehasonlítható tapasztalatok alapján
 - a tömbhatás a meghatározó, ha a cölöptávolság egyenlő vagy kisebb, mint a cölöpátmérő és a meghatározó teherbíró rétegben levő cölöphossz szorzatának a négyzetgyöke.
 - egynél több próbaterhelés kell, de ha a húzott cölöpök száma nagy, legalább 2%-ukat kell próbaterhelésnek alávetni.

Cölöpök tervezése keresztirányú terhelésre

A teherbírás kimerülésének formái

- rövid cölöpök: merev testként való elfordulás vagy eltolódás
- hosszú, karcsú cölöpök: hajlítási törés a fej körüli talaj lokális törésével

Tervezési módszerek

- próbaterhelés (nem feltétlenül törésig)
- számítás a talajmerevség, a talaj- és a cölöpszilárdság figyelembevételével

Méretezési elvek, követelmények, lehetőségek

- a tartószerkezeti igénybevételek, valamint a talajreakciók és elmozdulások összeférhetősége
- a cölöpelfordulás szabadságfoka a kapcsolódásnál
- a hosszú, karcsú cölöpök modellje: a felső végén terhelt, vízszintes ágyazási tényezővel jellemzett, deformálódó közeg által megtámasztott gerenda

A keresztirányú elmozdulás számításakor figyelembe veendő szempontok

- a talajmerevség és annak az alakváltozás mértékétől függő változása
- az egyedi cölöpök hajlítási merevsége
- a cölöpbefogás mértéke a felszerkezeti kapcsolatnál
- a csoportthatás
- a terhek irányváltásának vagy ciklikus ismétlődésének a hatása,
- a mozgás elvárt kinematikai szabadságfoka

7.8. Cölöpök tartószerkezeti tervezése

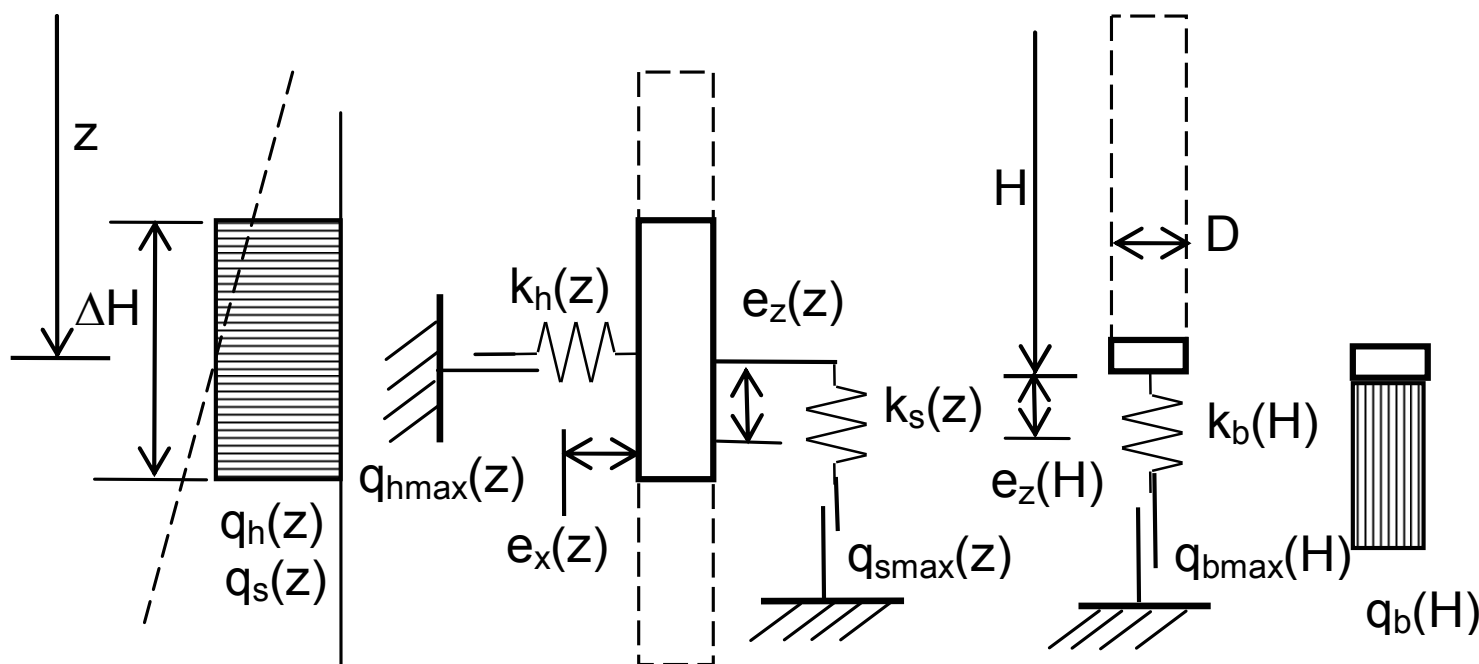
- (1)P A cölöpök szerkezeti tönkremenetellel szembeni megfelelőségét igazolni kell, összhangban a 2.4.6.4. szakasszal.
- (2)P A cölöpök szerkezetét úgy kell megtervezni, hogy megfeleljenek minden olyan állapotban, melyekbe a cölöpök kerülhetnek. Ilyenek:
 - a használati körülményeik, pl. a korróziós viszonyok;
 - a készítésük körülményei, pl. az olyan kedvezőtlen talajviszonyok, mint a görgetegek, a meredek hajlású kőzetfelszínek;
 - a lehajthatóságot befolyásoló más tényezők, ideértve a tagoló felületek tulajdonságait is;
 - előre gyártott cölöpök esetében a helyszínre szállításuk és a beépítésük körülményei.
- (3)P A szerkezeti tervezéskor figyelembe kell venni a cölöptípusra, a hatások összetevőire és az alap teljesítőképességére előírt építési tűréseket.
- (4)P Vízen vagy vastag, nagyon gyenge talajrétegen áthatoló karcsú cölöpöket kihajlásra is ellenőrizni kell.
- (5) Általában nem kell a cölöpök kihajlását ellenőrizni, ha a köröttük levő talaj c_u reprezentatív drénezetlen nyírószilárdsága nagyobb 10 kPa-nál.

Cölöpök méretezés keresztirányú terhelésre

- Méretezés feltételezett nyomáseloszlás alapján
 - feltételezett forgáspont ($0,33 \div 0,40 \cdot H$ a talptól)
 - feltételezett cölöszélesség ($B = D + n \cdot x \cdot \operatorname{tg} \varphi$)
 - feltételezett nyomáseloszlás (homok - parabolikus, agyag - konstans)
 - egyensúlyvizsgálat
 - Terzaghi-modell, Broms-diagramok, Sherif-táblázatok
- Méretezés a talaj ágyazási tényező a szerkezet FEM modellezésével
 - ágyazási tényező felvétele ($C = \alpha \cdot E_s / D$; táblázatok)
 - feltételezett cölöszélesség ($B = D + n \cdot x \cdot \operatorname{tg} \varphi$)
 - FEM szoftver a szerkezetre (AXIS; GEO5)
- Méretezés a talaj és a szerkezet FEM modellezésével
 - szokásos talajparaméterek vagy fejlesztett modellek (MC; HS)
 - 2D modell felvett cölöpszélességgel
 - 3D modell a valós cölöpgeometriával
 - FEM szoftver (PLAXIS, MIDAS)

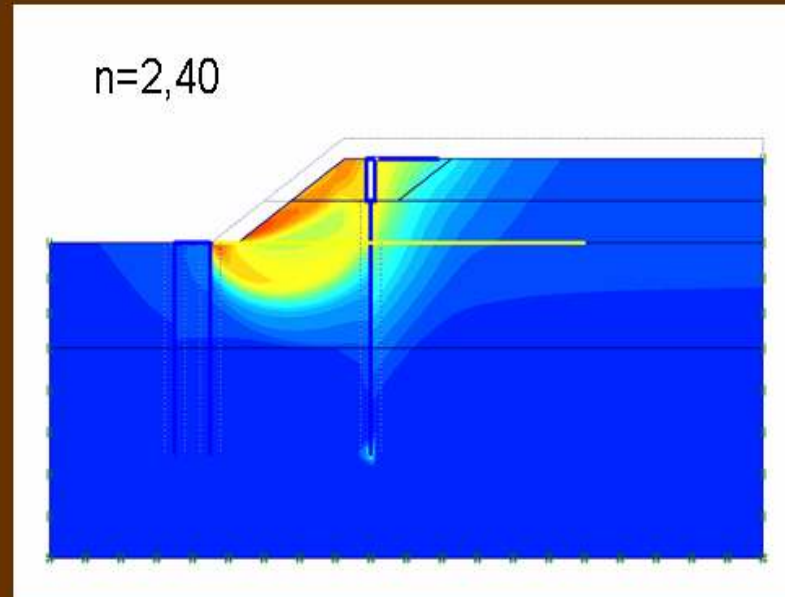
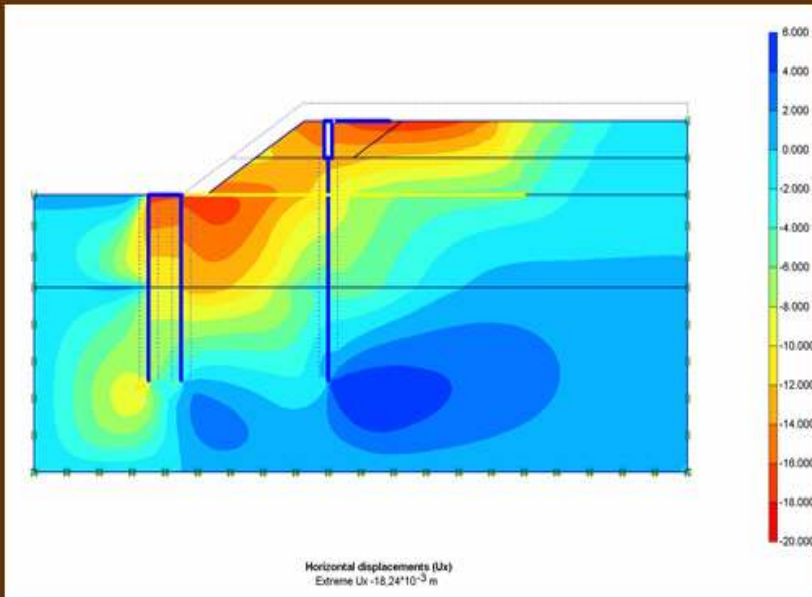
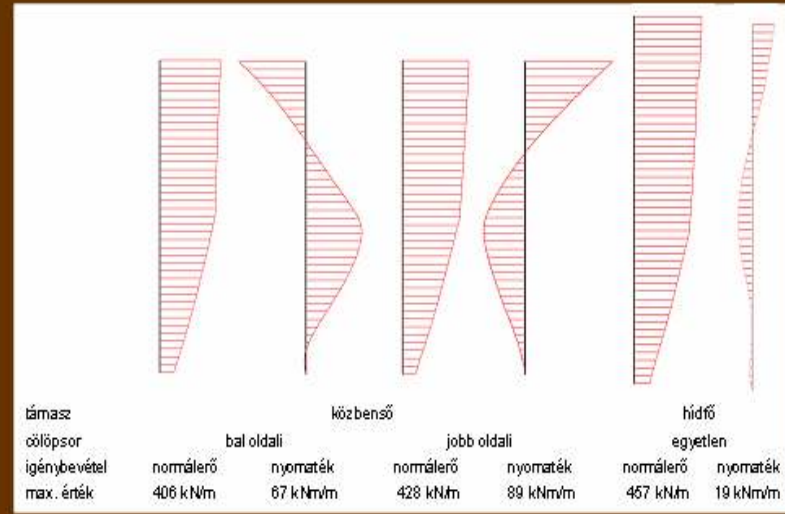
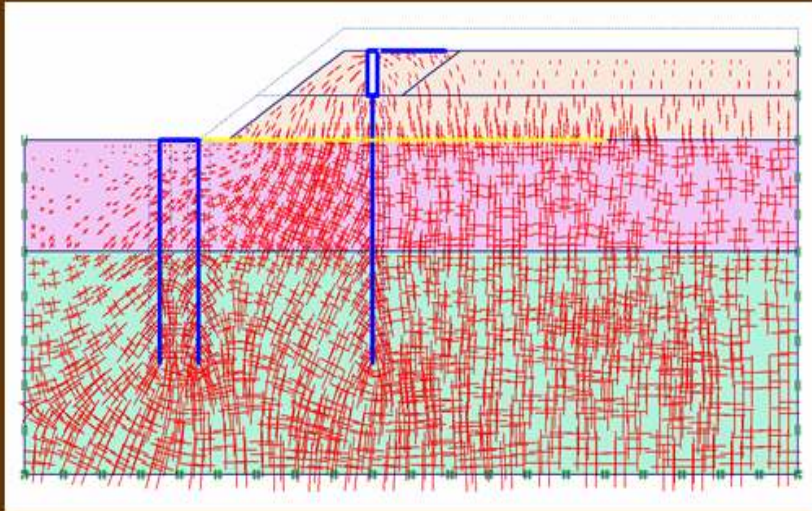
A talajra jutó nyomásokat ellenőrizni kell a passzív földnyomás viszonylatában!

Cölöpmodellezés AXIS-programban

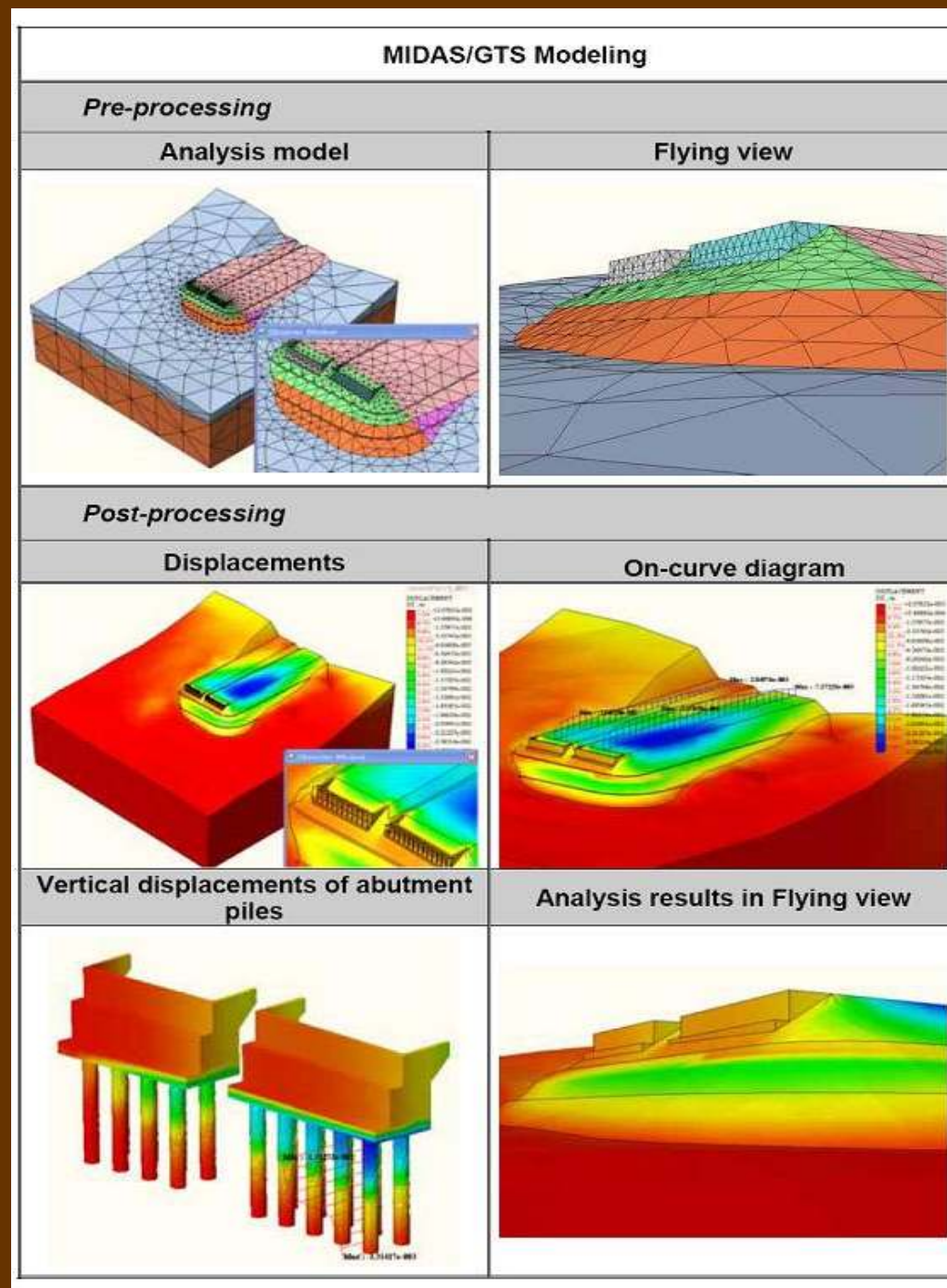


$k_h(z) = C_h(z) \times D = E_s(z) / D \times D =$	$k_s(z) = q_{smax}(z) / e_{smax} =$	$k_b(H) = q_{bmax}(H) / e_{bmax} =$
$= E_s(z) = E_{s0} + z \times (E_{sH} - E_{s0}) / H$	$= q_{smax}(z) / (0,02 \times D)$	$= q_{bmax}(H) / (0,10 \times D)$
$q_h(z; e_x) = k_h(z) \times e_x(z)$	$q_s(z; e_z) = k_s(z) \times e_z(z)$	$q_b(H; e_z) = k_b(H) \times e_z(H)$
$q_{hmax}(z) = (K_p - K_a) \times (p + z \times \gamma) \times D$	$q_{smax}(z) = \pi \times D \times q_s(z)$	$q_{bmax}(H) = \pi \times D^2 / 4 \times q_b(H)$
$q_h(z) = q_h(z; e_x)$ ha $q_h(z; e_x) < q_{hmax}(z)$	$q_s(z) = q_s(z; e_z)$ ha $q_s(z; e_z) < q_{smax}(z)$	$q_b(H) = q_b(H; e_z)$ ha $q_b(H; e_z) < q_{bmax}(H)$
$q_h(z) = q_{hmax}(z)$ ha $q_h(z; e_x) > q_{hmax}(z)$	$q_s(z) = q_{smax}(z)$ ha $q_s(z; e_z) > q_{smax}(z)$	$q_b(H) = q_{bmax}(H)$ ha $q_b(H; e_z) > q_{bmax}(H)$

Modellezése PLAXIS 2D HS-modell



Modellezés 3D szerkezettervező programokkal



A cölöpök
szerkezeti és technológiai
tervezése

Méretetek

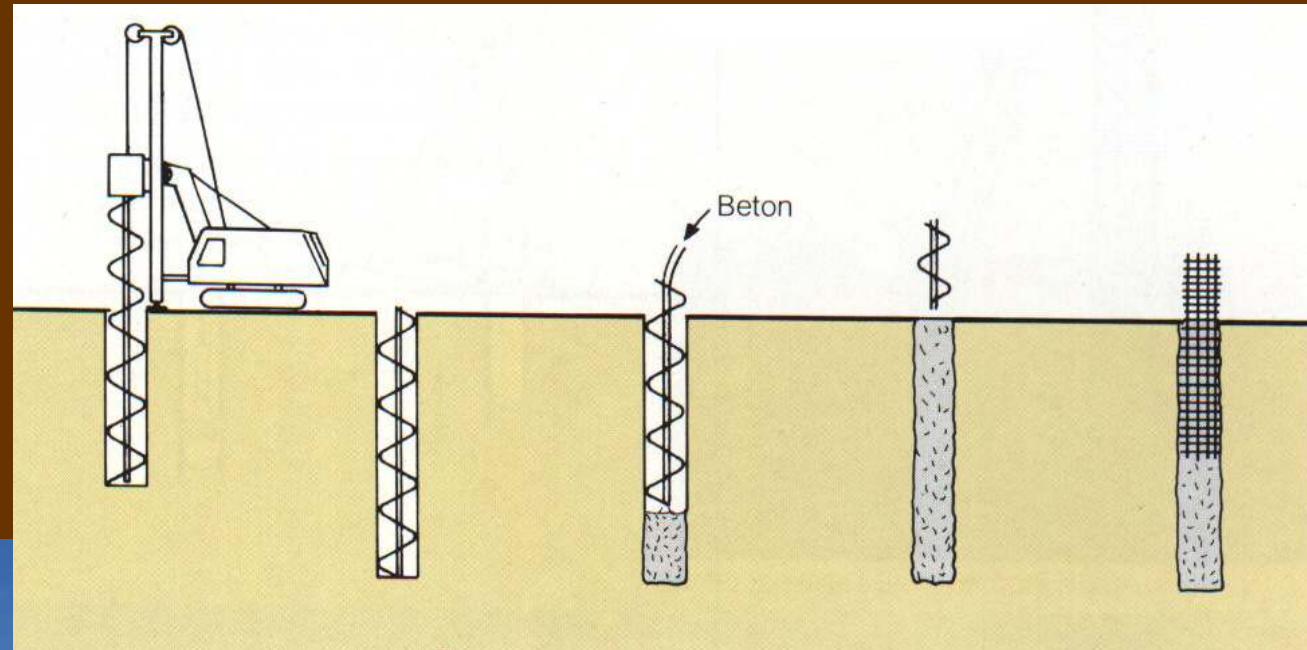
- átmérő
 $0,3 \leq D \leq 3,0 \text{ m}$
- szélesség
 $w_{\min} \geq 0,4 \text{ m}$
- hossz / szélesség méretarány
 $L / w \leq 6$
- ferdeség
 $n \geq 6$
- alapfelület
 $A \leq 10 \text{ m}^2$
- átmérőarányok
 $D_{\text{talp}} / D \leq 2$ szemcsés talaj
 $D_{\text{talp}} / D \leq 3$ kötött talaj
 $D_{\text{törzsmax}} / D \leq 2$

Mérettűrések

- pontraállás hibája
 $e \leq 0,10 \text{ m}$ ha $D \leq 1,0 \text{ m}$
 $e \leq 0,1 * D$ ha $1,0 \leq D \leq 1,5 \text{ m}$
 $e \leq 0,15 \text{ m}$ ha $D \geq 1,5 \text{ m}$
- irányeltérés
 $i \leq 0,02 \text{ m/m}$ ha $n \geq 15$
 $i \leq 0,04 \text{ m/m}$ ha $4 \leq n \leq 15$

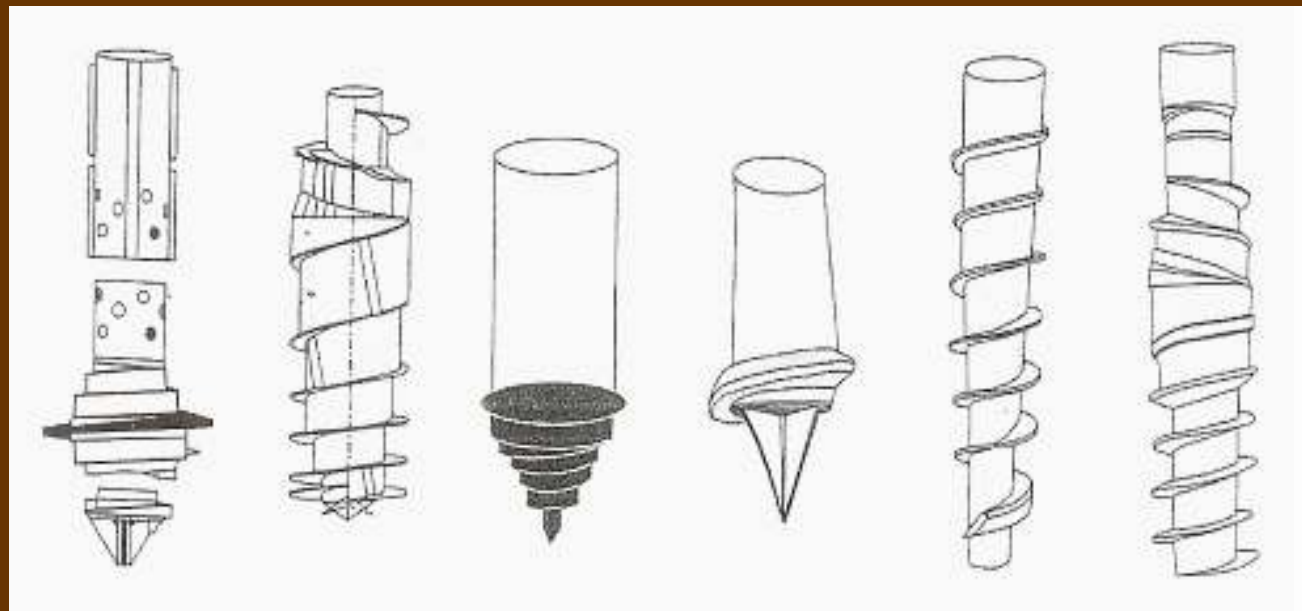
CFA-cölöp

talajhelyette-
sítési eljárás
zaj- és rezgés-
mentes



- fúrás végtelen spirállal
- furatfal védelme bennmaradó talajdugóval
- betonozás nyomás alatt a fúrószáron át
- vasalás utólagos behelyezése

Csavart cölöp
talajkiszorításos
eljárás
zaj- és rezgés-
mentes
hulladékmentes



Fúrás

- gyors legyen
- a talp egyenletes felfekvése biztosítandó
- túlfúrás új műszakban végzett betonozáskor
- talptisztítás
- falvédelem:
 - béléscső: $n \leq 15$ esetén kötelező, víztúlnyomás, előtolás
 - támasztófolyadék iránycső kell, folyadékminőség, tartalék, dugattyúhatás, $n \leq 15$ esetén tilos
 - spirál-talajdugó: $n \leq 10$ esetén
folyós homok, $c_u \leq 15$ kPa agyag esetén próbacölöp földkiemelés minimalizálása
- falvédelem nélkül: $d \leq 60$ cm esetén, $n \leq 15$ esetén, szilárd talaj

Támasztófolyadék

Bentonitszuszpenzió

		friss	újrafel- használásra kész	betonozás előtt
sűrűség	g/cm ³	< 1,10		< 1,15
Marsh-érték	s	32 – 50	32 – 60	32 – 50
folyadékveszteség	cm ³	< 30	< 50	
pH		7 – 11	7 – 12	
homoktartalom	% (tömeg)			< 4

Polimerszuszpenzió

Egyéb szuszpenziók

(bentonit+polimer, más agyagásvány)

Betonminőség

Betonminőség:	C20/25 – C30/37	
Adalékanyag:	$d_{\max} \leq 32 \text{ mm}$ és betéttávolság/4	
Cementtartalom:	$\geq 325 \text{ kg/m}^3$	(száraz betonozás)
	$\geq 375 \text{ kg/m}^3$	(víz alatti betonozás)
Víz/cement tényező:	$v/c < 0,6$	
Adalékanyag	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$	(ha $d > 8 \text{ mm}$)
	$d < 0,125 \text{ mm} + \text{cement}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$ (ha $d \leq 8 \text{ mm}$)
Betonkonzisztencia	$460 \leq \emptyset \leq 530$	(száraz betonozás)
Területi átmérő	$530 \leq \emptyset \leq 600$	(szivattyú és víz alatt)
	$570 \leq \emptyset \leq 630$	(betonozás zagy alatt)

Betonozás

- Gyors kezdés a fúrás után
- Talp- és fúróiszap ellenőrzése (mintavétel is)
- Folytonos betonozás (konzisztencia és tartalék)
- Betonozócső – Kontraktorcső
(Méret min. $6D_{\max}$ vagy 15 cm, tölcséres vég, sima fal, dugó)
- Max. D megemelés, 1,5 – 2,5 m bemerülés, lassú kiemelés
- Béléscső visszahúzása
- Belső vibrálás tilos
- Betonvédelem (áramló vízben, puha talajban, fagyban)
- Visszavésés
- Jegyzőkönyvezés

Vasalás

- $A_{\text{cölöp}} \leq 0,5 \text{ m}^2$ $A_{\text{vas}} \geq 0,5 \% A_{\text{cölöp}}$
- $0,5 \text{ m}^2 \leq A_{\text{cölöp}} \leq 1,0 \text{ m}^2$ $A_{\text{vas}} \geq 0,0025 \text{ m}^2$
- $A_{\text{cölöp}} \geq 1,0 \text{ m}^2$ $A_{\text{vas}} \geq 0,25 \% A_{\text{cölöp}}$
- min. 4 Ø12
- min. betéttávolság 100 mm
- kengyel min Ø6 ill. $d_{\text{hosszvas}}/4$
- betonfedés 60 mm ha a cölöpátmérő > 60 cm
50 mm ha a cölöpátmérő ≤ 60 cm

Vasalás

- toldás: vb. szabály, kiegészítő rögzítés, ponthegeztés nem
- hajlítás: vb. szabály, 5 és 100 °C hőmérséklet határok
- betonacélkosár: huzal, kampó, hegesztés
merevítőgyűrű, elosztóvasalás, átlós merevítés
- távtartó központosság, takarás min. 3 m-ként 3 db
- beállítás: gyorsan, függesztve, 0,15 m pontosság,
spirálnál utólag is szabad enyhe vibrálással, húzással

Cölöpözési jegyzőkönyv a kivitelezési szabványokkal összhangban

- a cölöp számjele
- a cölöpöző berendezés
- a cölöp keresztmetszete és hossza;
- a cölöpkészítés időpontja és időtartama (megszakítások is)
- a beton összetétele, mennyisége és a betonozás módja, ha...
- a fúróiszap fajsúlya, pH-ja, Marsh-viszkozitása és finomanyag-tartalma, ha...
- a habarcs vagy a beton térfogata és besajtolási nyomása, ha..
- a belső és külső átmérő, menetemelkedés és fordulatonkénti behatolás, ha...
- a verőkalapács és a lehajtás eredményének fő adatai, ha...
- a vibrátorok teljesítményfelvétele, ha ...
- a fúrómotornak leadott forgatónyomaték, ha...
- a furatban talált rétegek és a furattalp állapota, ha...
- a cölöpözés közben észlelt akadályok
- eltérések a tervezett helyzettől, iránytól
- a megvalósult építési szintek
- jkv. valamennyi cölöpről, értékelés, megőrzés 5 évre, jelentés a megvalósulásról

A cölöpözési terv tartalma

- a cölöpök típusa
- valamennyi cölöp helye és hajlásszöge a tűrési határokkal
- a cölöpök keresztmetszete
- helyben betonozott cölöpök esetében a vasalásuk adatai
- a cölöpök hossza
- a cölöpök darabszáma
- a cölöpök megkövetelt teherviselő-képessége
- a cölöptalpak szintje vagy a megkövetelt behatolási ellenállás
- a cölöpök készítésének sorrendje
- az ismert akadályok
- bármi más, ami a cölöpözést korlátozhatja