

**Talajmechanikai laboratóriumi
vizsgálatok, azok megtervezése és
eredményeinek felhasználása a
geotechnikai tervezői gyakorlatban**



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 106.**

**Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok
megtervezése és eredményeinek felhasználása a
geotechnikai tervezői gyakorlatban**

**MMK FAP azonosító:
2023/107-GT**

Budapest, 2023. október

A sorozat szerkesztője:
WAGNER ERNŐ
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatának gondozásában, a 2023. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerzők:
Bak Edina
Fejes Gábor
Honti Imre
Hudacsek Péter
Schell Péter

Lektorálta:
Szilvági László

Kiadó:
Magyar Mérnöki Kamara
1117 Budapest, Szerémi út 4.
fap@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	6
2. Bevezető	7
3. Laboratóriumi vizsgálatok szabványainak összefoglalása	8
4. A laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges terepi munkák ismertetése	10
4.1. Geotechnikai kategóriák.....	10
4.2. Talajvizsgálati jelentés a különböző tervfázisokban	11
4.3. A terepi munkák ismertetése.....	12
5. A laboratóriumi vizsgálati program összeállításának szempontjai	16
6. A laboratóriumi vizsgálatok menetének és tervezési elveinek ismertetése	18
6.1. Állapotjellemzők.....	18
6.2. Talajazonosító vizsgálatok.....	22
6.3. A talajok aktuális állapotának meghatározása.....	28
6.4. Mechanikai vizsgálatok.....	29
7. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek dokumentálása	35
8. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek felhasználhatósága.....	37
8.1. Talajazonosító vizsgálatok.....	37
8.2. Áteresztőképességi vizsgálatok.....	39
8.3. Alakváltozási paraméterek vizsgálata.....	40
8.4. Egyszerű nyírószilárdsági jellemzők vizsgálata	42
8.5. Triaxiális vizsgálatok (MSZ EN ISO 17892-8, MSZ EN ISO 17892-9).....	44
8.6. Egyéb vizsgálatok.....	46
9. Összefoglalás a mindennapi geotechnikai gyakorlathoz	47
10. Irodalomjegyzék	48

1. Vezetői összefoglaló

Jelen útmutató, segédlet célja a talajmechanikai laboratóriumi vizsgálati program megtervezésének áttekintése a geotechnikai tervező szemszögéből, különös tekintettel arra, hogy ezen vizsgálati tevékenység eredménye a geotechnikai tervezés, esetleges modellezés egyik legfontosabb alapadata.

Az útmutatóban kifejezetten a talajokat érintő vizsgálatokkal foglalkozunk, a kőzetek és a talajvíz laboratóriumi vizsgálatára ezen segédlet nem tér ki

2. Bevezető

Az elmúlt időszakban a települések és az infrastruktúra fejlődése miatt olyan területek beépítése is napirendre kerül, amelyeket korábban esetleg éppen a kedvezőtlen talajviszonyok miatt kerültek el a beruházók. A tervezett szerkezetek, építmények ismeretében a geotechnikus tervezőnek már az építés előkészítő fázisában meg kell határoznia azt a geotechnikai vizsgálati programot, amelynek a terepi vizsgálatokon kívül a laboratóriumi tevékenységekre is ki kell terjednie.

Egy-egy beruházás előkészítése során igen fontos feladat a tervezési terület minél pontosabb és alaposabb megismerése, az altalaj viszonyok precíz feltárása, csökkentve ezáltal a tervezés és a kivitelezés során fellépő, altalaj eredetű problémák valószínűségét, vagyis a geotechnikai kockázatokat, amelyek később átervezésekhez, időbeli csúszásokhoz, többlet költségekhez, vagy kifejezetten kedvezőtlen esetben akár a projekt leállításához vezethetnek.

A vizsgálati program elkészítésének keretében el kell dönteni a vizsgálatok típusát, gyakoriságát, annak függvényében, hogy milyenek a tervezési terület geotechnikai adottságai, illetve, hogy az adott létesítmény, építmény tervezéséhez milyen bemenő paraméterek lesznek majd szükségesek. Ezen mérlegelés során szem előtt kell tartani az esetlegesen szükséges geotechnikai modellezés adatigényeit és természetesen a gazdaságos tervezés követelményeit.

A segédletben áttekintjük a laboratóriumi vizsgálatokat, az azokhoz szükséges előkészítő munkákat, iránymutatást adunk a vizsgálati program összeállításához, valamint a laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek értékeléséhez.

3. Laboratóriumi vizsgálatok szabványainak összefoglalása

Útmutatónk ezen pontjában felsorolás szinten bemutatjuk azokat a szabványokat, amelyek a tárgyalt laboratóriumi vizsgálati tevékenység kereteit, szabályrendszerét megadják. A listában a laboratóriumi tevékenységhez közvetlenül kapcsolódó geotechnikai alapszabványokat és a terepi vizsgálatokra vonatkozó előírásokat is szerepeltettük.

MSZ EN 1997-1:2004/A1:2015 - Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok

MSZ EN 1997-1:2006 - Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok

MSZ EN 1997-2:2008 - Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 2. rész: Geotechnikai vizsgálatok

MSZ 14043-10:1982 - Talajmechanikai vizsgálatok. A talajvíz szulfátion-tartalmának és pH-értékének meghatározása

MSZ 14043-11:1983 - Talajmechanikai vizsgálatok. Az eredmények összefoglalása

MSZ 14043-2:2006 - Talajmechanikai vizsgálatok. Talajok megnevezése talajmechanikai szempontból

MSZ 14043-4:1980 - Talajmechanikai vizsgálatok. Konzisztenciahatárok

MSZ 14043-5:1980 - Talajmechanikai vizsgálatok. A talaj anyagsűrűsége

MSZ 14043-6:1980 - Talajmechanikai vizsgálatok. A talajt alkotó fázisok térfogat- és tömegarányai

MSZ 14043-7:1981 - Talajmechanikai vizsgálatok. A talajok tömöríthetőségének és tömörségének vizsgálata

MSZ 14043-9:1982 - Talajmechanikai vizsgálatok. Szervesanyag-tartalom meghatározása

MSZ EN ISO 14688-2:2018 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok azonosítása és osztályozása. 2. rész: Osztályozási alapelvek (ISO 14688-2:2017)

MSZ EN ISO 14689:2018 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Szilárd kőzetek azonosítása, leírása és osztályozása (ISO 14689:2017)

MSZ EN ISO 17892-1:2015 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 1. rész: A víztartalom meghatározása (ISO 17892-1:2014)

MSZ EN ISO 17892-2:2015 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 2. rész: A térfogatsűrűség meghatározása (ISO 17892-2:2014)

MSZ EN ISO 17892-3:2016 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 3. rész: A szemcsék sűrűségének meghatározása (ISO 17892-3:2015, 2015.12.15-ei helyesbített változat)

MSZ EN ISO 17892-4:2017 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 4. rész: A szemeloszlás meghatározása (ISO 17892-4:2016)

MSZ EN ISO 17892-5:2017 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 5. rész: Ödométeres vizsgálat lépcsőzetes terheléssel (ISO 17892-5:2017)

MSZ EN ISO 17892-6:2017 - Geotechnikai vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 6. rész: Ejtőkúpos vizsgálat (ISO 17892-6:2017)

MSZ EN ISO 17892-7:2018 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 7. rész: Egyirányú nyomóvizsgálat (ISO 17892-7:2017)

MSZ EN ISO 17892-8:2018 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 8. rész: Konszolidálatlan, drénezetlen triaxiális vizsgálat (ISO 17892-8:2018)

MSZ EN ISO 17892-9:2018 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 9. rész: Konszolidált triaxiális nyomóvizsgálat vízzel telített talajon (ISO 17892-9:2018)

MSZ EN ISO 17892-10:2019 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 10. rész: Közvetlen nyíróvizsgálatok (ISO 17892-10:2018)

MSZ EN ISO 17892-11:2019 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 11. rész: Vízáteresztő-képességi vizsgálatok (ISO 17892-11:2019)

MSZ EN ISO 17892-12:2019 - Geotechnikai feltárások és vizsgálatok. Talajok laboratóriumi vizsgálata. 12. rész: A folyási és sodrási határok meghatározása (ISO 17892-12:2018)

4. A laboratóriumi vizsgálatokhoz szükséges terepi munkák ismertetése

4.1. Geotechnikai kategóriák

Egy geotechnikai tervezési feladathoz kapcsolódó, terepi és a laboratóriumi munkákat magába foglaló vizsgálati program összeállításához, a feladatot először a tervezendő létesítmény alapadatai és a várható geotechnikai adottságok alapján geotechnikai kategóriába kell sorolni. Az MSZ EN 1997-1:2006 szabvány a tervezési követelmények meghatározásához 3 geotechnikai kategóriát különböztet meg.

A tervezési feladatok geotechnikai kategóriába való besorolását – tervezési egységekre meghatározva – az MMK Geotechnikai Tagozata által kidolgozott és a szakmában az elmúlt időszakban eredményesen alkalmazott pontozásos rendszer segítségével lehet elvégezni. Értékelni kell a geotechnikai és hidrogeológiai szempontokat, a tervezett létesítmény tulajdonságait és a várható kockázatok következményeit. A kategóriába történő besoroláshoz a valamennyi szempontrendszer alapján számított pontokat összesíteni kell. A geotechnikai kategóriába soroláshoz jó iránymutatást ad az MMK Geotechnikai Tagozata által 2015-ben kiadott, „Segédlet az új, EC7 alapú geotechnikai dokumentációk tartalmi követelményeit betartó munkarészekhez, a mérnöki és vizsgálati ráfordítások összeállításához, tervfázisonként” c. kiadványa, amelyben a pontozásos rendszer részletesen fellelhető. Az egyes kategóriákba való besoroláshoz az alábbi rövid iránymutatás adható:

1. geotechnikai kategória: Ebbe a kategóriába csak a kicsi és viszonylag egyszerű tartószerkezetek tartoznak, amelyek esetében az alapvető követelmények a tapasztalat és a minősítő jellegű geotechnikai vizsgálatok alapján is teljesíthetőek, a kockázatok elhanyagolhatóak. Az 1. geotechnikai kategóriához illeszkedő eljárásokat csak akkor indokolt alkalmazni, ha a talajviszonyok olyanok, amelyekről összehasonlítható helyi tapasztalat alapján tudható, hogy azok kellően kedvezőek, az általános állékonyság vagy a talajmozgások tekintetében pedig a kockázat alacsony szintű.

2. geotechnikai kategória: Ebbe a kategóriába indokolt sorolni azokat a hagyományos tartószerkezeteket, alapozásokat, amelyek esetén nem merül fel kivételes kockázat, nem kedvezőtlenek a talajadottságok, illetve a terhelési viszonyok. A 2. geotechnikai kategóriájú terv keretében rutinszerű eljárásokat szabad használni a terepi és laboratóriumi vizsgálatokra, valamint a tervezésre és kivitelezésre.

3. geotechnikai kategória: Ebbe a csoportba kerülnek azok a geotechnikai szerkezetek, tartószerkezetek vagy tartószerkezeti elemek, amelyek nem sorolhatók az előző két kategóriába. Ebbe a csoportba azon bonyolult, összetett esetek kerülnek, amelyeknél a

talaj és a talajba kerülő szerkezet kölcsönhatása egyszerűsített módszerekkel, közelítésekkel már nem modellezhető, illetve az adott létesítmény építésével járó geotechnikai kockázatok jelentősek (pl. alagutak, mély munkagödrök, nagy magasságú kihorgonyozott földmegtámasztó szerkezetek, toronyházak stb.)

4.2. Talajvizsgálati jelentés a különböző tervfázisokban

A geotechnikai kategorizálást követően, a vizsgálati program meghatározásának részletei előtt, célszerű röviden összefoglalni a talajvizsgálati jelentéssel szemben támasztott követelményeket, amelyeket az MSZ EN 1997-1 részletesen tartalmaz.

A talajvizsgálati jelentés célja a tervezett létesítmény, építmény szempontrendszerének figyelembevételével a terület geotechnikai adottságainak megállapítása, a vizsgálati tevékenységek, illetve azok eredményeinek anyagvizsgálati jelentésben való összefoglalása. A mai szakmai gyakorlatot tekintve talajvizsgálati jelentés készítése az alábbi tervezési fázisokban szokásos:

1. táblázat

Talajvizsgálati jelentés az egyes geotechnikai kategóriákban tervfázisonként

	1. geotechnikai kategória	2. geotechnikai kategória	3. geotechnikai kategória
előtervezés	szükség esetén*	kötelező munkarész	kötelező munkarész
engedélyezési terv	szükség esetén*	kötelező munkarész	kötelező munkarész
kiviteli terv	szükség esetén kiegészítés	szükség esetén kiegészítés	szükség esetén kiegészítés

**Megjegyzés: Ezekben az esetekben a tartószerkezeti tervező nyilatkozata szükséges és megkövetelendő, aki felelősséget vállal a geotechnikai vizsgálatok elmaradása miatti kockázatokért.*

A talajvizsgálati jelentés feladata az adott tervezési helyszínen megismert talajok és a talajvíz anyagvizsgálatával kapcsolatos folyamatok, vizsgálatok, eszközök, szereplők bemutatása és a vizsgálati eredmények ismertetése, feldolgozása oly módon, hogy azokból az adott helyszínen kialakítandó létesítmény tervezése – a szerkezet megfelelőségének igazolásához szükséges talajfizikai paraméterek karakterisztikus értékének felvétele – és kivitelezése elvégezhető legyen. Fontos rögzíteni ugyanakkor, hogy a talajvizsgálati jelentés nem ad javaslatokat, nem feladata méretezési

paraméterek felvétele, illetve az építéshez kapcsolódó műszaki megoldások, technológiák vizsgálata.

Az egyes tervfázisokban készítendő talajvizsgálati jelentés tartalma tekintetében az alábbi egészen rövid összefoglalás adható:

Előtervezés: Az építésföldtani és geotechnikai előzmény adatok gyűjtése révén – szükség esetén új terepi és laborvizsgálattal – szerzett talajadatok rendszerezett ismertetése, célszerűen **Előkészítő talajvizsgálati jelentés**ben.

Engedélyezési terv: A vizsgálandó terület tekintetében olyan szintű terepi és laboratóriumi vizsgálatok készítése, majd az eredmények értékelése, amelyek alapján a tervezett építmények és építési tevékenységek, illetve a talajkörnyezet kölcsönhatásai megítélhetőek, az építmény tartószerkezetei, továbbá a szükséges geotechnikai szerkezetek és tevékenységek megtervezhetőek. A talajvizsgálatok célja a talajok azonosításán és állapotminősítésén túl a mechanikai tulajdonságok megítélése is. A vizsgálati eredményeket, értékelésüket és rendszerezett bemutatásukat **Tervezési talajvizsgálati jelentés**ben kell közölni.

Kiviteli terv: Az engedélyezési tervhez készített geotechnikai vizsgálatok szükség szerinti kiegészítése újabb terepi és laboratóriumi vizsgálatokkal, ezek értékelése, a korábbi eredményekkel való összevetése. A teljes vizsgálati eredményhalmaz értékelésének célja, hogy a tervezett építmények és építési tevékenységek, illetve a talajkörnyezet kölcsönhatásai egyértelműen megítélhetőek, az építmény tartószerkezetei, továbbá a szükséges geotechnikai szerkezetek és tevékenységek részletesen megtervezhetőek legyenek. A rendelkezésre álló vizsgálati eredményeket, azok értékelését, rendszerezett bemutatását **Kiegészítő talajvizsgálati jelentés**ben kell közölni.

4.3. A terepi munkák ismertetése

Fentieket követően a terepi és laboratóriumi vizsgálatok tervét minden esetben az alábbi szempontok figyelembevételével kell összeállítani:

- várható földtani, mérnök- és hidrogeológiai adottságok,
- a vizsgálandó terület helyszíni és terepi viszonyai (domborzat adottságok, lejtésviszonyok, a vizsgálandó terület és környezetének beépítettsége, épületcsatlakozások, feltöltések, felszínmozgás veszély, alábányászottság, ár- és belvízveszély)

- tervezett épület, létesítmény adatai (mérlegelendő szempontok: alapterület, fesztávok, szintek száma, várható terhelések, munkagödör mélysége, víztelenítési igény, kapcsolódó földművek - támszerkezetek geometriája, süllyedésérzékenység, a létesítmény esetleges specialitásai).

A terepi vizsgálatok mennyisége az adott tervezési feladat jellegétől, volumenétől függően nagyon tág határok között változhat. Az alkalmazható vizsgálati típusokra, mennyiségekre, mélységekre ezen a helyen nem térünk ki, ezeket az MSZ EN 1997-2 és a Magyar Mérnöki Kamara Geotechnikai Tagozatának „Segédlet az új, EC7 alapú geotechnikai dokumentációk tartalmi követelményeit betartó munkarészekhez, a mérnöki és vizsgálati ráfordítások összeállításához, tervfázisonként” c. kiadványa részletesen bemutatja. A vizsgálati terv összeállítása során ezen dokumentumok irányt mutatnak, fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy a vizsgálati program kidolgozása és végrehajtása tervezői felelősség, amely minden esetben az itt megfogalmazott szempontok és a hivatkozott dokumentumok tartalmának figyelembevételével meghozott szakmai döntés kell legyen.

Ezen a helyen a terepi vizsgálatok módjának megválasztásához az alábbi rövid irányelveket emeljük ki:

- 1. Geotechnikai kategória: Egyszerű vizsgálatok, amelyek a rétegződés megállapítására, a talajok azonosításának és állapot jellemzőinek meghatározására irányulnak.
- 2. Geotechnikai kategória: Az 1. Geotechnikai kategóriában leírtakon felül a talajok mechanikai és hidraulikai jellemzőinek meghatározására is alkalmas vizsgálat típusok alkalmazandóak.
- 3. Geotechnikai kategória: Az előző kategóriáknál leírtakon felül az adott feladat speciális igényeit kielégítő vizsgálati program (pl. ödométeres vizsgálat több terhelési és tehermentesítési lépcsőben).

A terepi vizsgálatoknak minden esetben meg kell felelniük az EN ISO 22475-1 követelményeinek.

Fontos, hogy a terepi vizsgálatok közül legalább egy vizsgálat minden esetben közvetlen fúrásos, vagy nyílt feltárásos mintavétel kell legyen.

Amennyiben a tervezési területen talajvíz fordul elő, a helyszíni mintavételezést úgy kell megtervezni a laboratóriumi vizsgálatokhoz megfelelő mennyiségű talajvíz minta is álljon rendelkezésre.

A rétegződés és a tervezési feladat függvényében a közvetlen talajmintavételezéssel járó terepi vizsgálatokon kívül az Eurocode szabványban szereplő egyéb, közvetett

vizsgálati típusokat is lehet és kell alkalmazni. Mélyalapok teherbírásának számításához, süllyedésanalízisekhez például különösen ajánlott CPT/CPTu vizsgálatok végzése. A fúrásmintákból vett minták laboratóriumi vizsgálati program kidolgozása és az eredmények értékelése során az esetlegesen rendelkezésre álló In Situ vizsgálatokból származó információkat is figyelembe kell venni.

A fúrások kiegészítésére alkalmas In Situ vizsgálati módszerek áttekintését az 1. ábra adja meg, megjelölve a módszer alkalmazási talajkörnyezetét és a meghatározandó talajparamétereket. A táblázatban szereplő módszereken kívül természetesen a nemzetközi gyakorlatban elfogadott geofizikai módszerek is alkalmazhatóak.

Terepi vizsgálati módszerek	Az elérhető eredmények																			
	Mintavétel						Terepi vizsgálatok												Talajvízmérések	
	Talaj			Szilárd kőzet			CPT és CPTu	Presszióméter ^{b)}	rugalmas		SPT ^{c)}	DPL/DPM	DPH/DPSH	WST	FVT	DMT	PLT	Nyílt rendszer	Zárt rendszer	
	A kategória	B kategória	C kategória	A kategória	B kategória	C kategória			RDT	Lapátlab-méter										
Alapvető információk																				
Talajfajta	C1, F1	C1, F1	C2, F2	-	-	-	C2, F2	C3, F3	-	C3, F3	C2, F1	C3, F3	C3, F3	-	-	C2, F2	-	-	-	
Szilárd kőzet fajtája	-	-	-	R1	R1	R2	R3 ^{d)}	R3	R2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Rétegek kiterjedése ^{a)}	-	-	-	R1	R1	R2	C1, F1	R3, C3, F3	R3	C3, F3	C2, F2	C1, F2	C1, F2	F2	-	C2, F1	-	-	-	
Talajvízszint	C1, F1	C1, F1	C3, F3	-	-	-	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	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tömörség	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	-	-	C2, F1	F3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C2, F3	C2, F2	
Vegyeszeti vizsgálatok	C2, F1	C1, F1	-	R1	R1	-	C3, F2	-	-	-	C2, F2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Alkalmazhatóság:			R1 nagy a szilárd kőzetben						R2 közepes a szilárd kőzetben						R3 kicsi a szilárd kőzetben					
^{a)} vízszintesen és függőlegesen			C1 nagy a durva szemcséjű talajban*						C2 közepes a durva szemcséjű talajban						C3 kicsi a durva szemcséjű talajban					
^{b)} a presszióméter fajtájától függ			F1 nagy a finom szemcséjű talajban*						F2 nagy a finom szemcséjű talajban						F3 kicsi a finom szemcséjű talajban					
^{c)} mintavételt is feltételezve																				
^{d)} csak puha kőzet			*a "durva szemcséjű" és a "finom szemcséjű" fő talajcsoportok az ISO 14688-1 szerint értelmezendők																	
Megjegyzés: A geotechnikai adottságoktól (pl. talajfajta, talajvízviszonyok) és a tervezett létesítménytől függően a vizsgálati módszerek megválasztása változhat és eltérhet ezen táblázattól																				

1. ábra – Talajvizsgálati módszerek összefoglalása

A különböző fúrási módszerekkel (spirálfúrás, folyamatos magfúrás, szónikus fúrás stb.), illetve nyílt feltárással megvehető talajminták minőségi osztályát a talajvizsgálat céljától, a geológiai viszonyoktól, a geotechnikai szerkezet és az építés bonyolultságától függően kell megtervezni. A laboratóriumi vizsgálatok alapját képező talajminták megvételéhez szükséges fúrások készülhetnek folyamatos mintavétellel, vagy csak előre meghatározott helyeken történő mintavétellel.

Az EC-7 tervezési szabvány rögzíti, hogy a különböző talajparaméterek meghatározásához elvégzendő laboratóriumi vizsgálatok minimálisan milyen mintaminőséget feltételeznek. Ez meghatározza az előírandó fúrási módot, mintavételi technológiát. Az egyes geotechnikai kategóriákhoz, vagyis a feladat bonyolultságához rendelt mintavételi kategóriák tehát már meghatározzák a

laboratóriumi vizsgálatok minőségét és tartalmát is. A mintavételi kategóriák kiválasztásához a megkívánt laboratóriumi minőségi osztályokat a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat
Mintavételi kategóriák és talajminta minőségi osztályok összefoglalása

		Minőségi osztály				
		1.	2.	3.	4.	5.
Talaj tulajdonságok	rétegsor	x	x	x	x	x
	réteghatárok – durvaszemcsés talaj	x	x	x	x	
	szemcseméret	x	x	x	x	
	konzisztencia határok	x	x	x	x	
	szemcsék sűrűsége, szervesanyag-tartalom	x	x	x	x	
	víztartalom	x	x	x		
	réteghatárok – finomszemcsés talaj	x	x			
	tömörség, tömörségi index	x	x			
	fázisos összetétel, áteresztőképesség					
összenyomhatóság, nyírószilárdság	x					
Mintavételi kategória		A				
			B			
						C

Fontos, hogy a vizsgálati program összeállítását és megindítását követően figyelmet kell fordítani a helyszíni munkák ellenőrzésére is. Amennyiben a vizsgálatok készítése során keletkező információk a vizsgált helyre előzetesen várt adottságoknak ellentmondanak, szükség lehet a program módosítására (pl. többletvizsgált, más vizsgálati módszer alkalmazása).

A terepi vizsgálatok végrehajtását követően külön hangsúlyt kell fektetni a talajminták csomagolására, szállítására, tárolására. Ezen tevékenységek során a vonatkozó szabványok előírásai szigorúan betartandóak, biztosítani kell, hogy a helyszínen megvett minták a lehető legjobb állapotban jussanak be a laboratóriumba.

5. A laboratóriumi vizsgálati program összeállításának szempontjai

A geotechnikai vizsgálatokkal és az azok alapján készülő talajvizsgálati jelentéssel szemben általános elvárás, hogy az szolgáltatson minden olyan adatot, amely alapján a tervezési terület talajait jellemezni lehet és amelyek alapján a tervezéshez szükséges paraméterek karakterisztikus értékei felvehetőek. A vizsgálatokat tehát minden esetben úgy kell végrehajtani, hogy az ideiglenes és a végleges szerkezetek, létesítmények tervezéséhez minden adat (réteghatárok, rétegek felépítése, talajjellemzők és azok esetleges változékonysága stb.) rendelkezésre álljon és a munkák során bármilyen, a geotechnika tárgykörével összefüggő feladat, kockázat beazonosítható legyen.

Az egyszerűbb tervezési feladatok esetében (1. geotechnikai kategória) elegendő a talajok általános jellemzését szolgáló vizsgálatokat (természetes víztartalom szemeloszlás, Atterberg határok, térfogatsűrűség, szerves anyagtartalom, lineáris zsugorodás, mézstartalom) előírni.

A fentiek szerinti – alapvizsgálatnak tekinthető – laboratóriumi kísérleteken felül a 2. és különösen 3. geotechnikai kategóriájú feladatok esetében meg kell határozni az egyes rétegek mechanikai és hidraulikai jellemzőit. Ezen feladatok esetében ödométeres vizsgálatok, egyirányú és triaxiális nyomóvizsgálatok, közvetlen nyíróvizsgálatok és vízáteresztő-képességi vizsgálatok programba állítására és végrehajtására van szükség.

Ezen vizsgálatok során nagy hangsúlyt kell fektetni arra, hogy a lehető legalaposabb módon meghatározzák és a kísérlet során modellezzék a vizsgált talaj kezdeti feszültségállapotát. Ezen felül lehetőség szerint figyelembe kell venni, hogy a tervezett létesítmény megvalósítása kapcsán létrejövő terhelés következtében megváltozó körülmények miatt várhatóan hogyan változnak az altalajban a feszültségek és az alakváltozások.

Fontos, hogy a vizsgálatok során figyelemmel legyenek a drénezési körülményekre, illetve a minta esetleges túlkonzolidáltságára is.

A bonyolultabb geotechnikai tervezési feladatok végrehajtása során nagy jelentőséggel bírnak a vízáteresztőképességi és a konszolidációs paraméterek is. Közismert tény, hogy ezen paraméterek kisméretű mintákon végezhető laboratóriumi vizsgálata – még a legalaposabb mintavételi eljárás alkalmazása esetén is – igen nehezen végrehajtható, számos bizonytalansággal terhelt feladat. A vizsgálatokat követően ráadásul az eredményeket sok esetben olyan környezetre kell vonatkoztatni, amely a természetes

állapotban a vizsgálnál jóval bonyolultabb és összetettebb (heterogén, anizotróp). Ezen paraméterek vizsgálata esetén ezért, ahol csak lehetséges feltétlenül az In Situ vizsgálatokat (pl. presszióméter, próbaszivattyúzás stb.) célszerű előnyben részesíteni.

A laboratóriumi vizsgálatok esetében is igaz, amit a terepi vizsgálatoknál az előző fejezetben leírtunk. A program végrehajtása közben külön figyelmet kell fordítani a vizsgálatok ellenőrzésére és az eredmények értékelésére. Amennyiben a vizsgálatok készítése során ellentmondásokra, nem várt eredményekre derül fény, szükség lehet a program módosítására (pl. többlet vizsgálat, más vizsgálati módszer alkalmazása).

Azon projektek esetében, ahol geotechnikai modellezésre is sor kerül, a tervezés egyik legalapvetőbb és kiemelt fontosságú feladata a talajjellemzők karakterisztikus értékeinek meghatározása. Ennek egyik alappillére a megfelelő minőségű talajminta, és laboratóriumi vizsgálat. Egy bonyolult tervezői feladat esetén végrehajtandó geotechnikai modellezés kapcsán a résztvevőknek tisztában kell lenniük azzal, hogy a megfelelő bemenő paraméterek hiányában végrehajtott modellezés még a legkorszerűbb programok, software-ek alkalmazása ellenére sem vezethet jó eredményre. A modellezési folyamat végére is jelentős, egyéb (jellemzően költségesebb) eszközzel kezelendő bizonytalanság marad a tervekben, illetve modellezés során az érzékenységvizsgálatot tágabb határok között változtatott paraméteranalízisként kell elvégezni. A talajvizsgálatokat irányító és a talajvizsgálati jelentést elkészítő geotechnikus tervezőnek ezért a szükséges mértékig tisztában kell lennie az elvégzendő tervezési feladat peremfeltételeivel. Egy összetett tervezői feladat esetén ehhez már a vizsgálati program összeállítása során egyeztetnie kell a tartószerkezet tervezőjével, illetve amennyiben a talajvizsgálatokat és geotechnikai modellezést végző személye elkülönül, akkor a modellezést elvégző geotechnikai tervezővel is. Ezen egyeztetés alapján már a beruházás kezdeti stádiumától, az előkészítő tervfázistól olyan módon kell a geotechnikai terepi és laboratóriumi vizsgálati programját kialakítani, hogy a tervezés során alkalmazott modell bemenő paraméterei lehetőség szerint célzott vizsgálatok alapján felvehetőek legyenek. Különös tekintettel igaz ez a tervezési vizsgálatok fázisára nézve.

6. A laboratóriumi vizsgálatok menetének és tervezési elveinek ismertetése

Ebben a fejezetben a legelterjedtebb laborvizsgálatok elvégzésével kapcsolatos ismeretek közül gyűjtöttük össze a legfontosabbnak vélt ismérveket, és a szabvány előírásai mellett, próbáltuk a gyakorlati szempontból jelentős hatással bíró elemekre felhívni a figyelmet. Önmagában a vizsgálati szabványsorozat is nagyon részletes leírást ad a vizsgálatok elvégzésére vonatkozóan. Az azokban megfogalmazott előírások kellően szabályozzák a tevékenységek elvégzésének mikéntjét ahhoz, hogy a vizsgálatok a talajok természetes változékonyságából adódó szórástól eltekintve a leginkább megismételhető módon szolgáltatassanak eredményt.

A tervezési elvek tekintetében a legtöbb vizsgálat kapcsán nincs tere az egyéni döntéseknek. A mechanikai vizsgálatok képeznek ez alól kivételt. Ezek esetén a szabványok előírják, hogy melyek azok a vizsgálati paraméterek, amelyek megadása a vizsgálat megrendelésekor szükséges.

6.1. Állapotjellemzők

A talajok állapotjellemzőinek meghatározása az azonosító vizsgálatok mellett az egyik legalapvetőbb és legtöbbször végzett geotechnikai laboratóriumi vizsgálati cél.

A talajok állapotjellemzői

- a tömeg arányt kifejező víztartalom (a talajban lévő víz tömegének a szemcsék tömegéhez viszonyított százalékos aránya) – w
- a térfogat arányként értelmezett hézagtényező (a talaj hézagainak térfogata a szemcsék térfogatához viszonyítva) – e
- és a telítettség (a vízzel kitöltött pórusok térfogatának aránya a teljes pórustér térfogatához képest) – S_r

Az állapotjellemzők teljeskörű és egyértelmű meghatározásához ismerni kell a talaj szemcsesűrűségét, a természetes térfogatsűrűségét, és a benne lévő víz mennyiségét. Mindhárom mennyiség mérésének mikéntjét vizsgálati szabványok szabályozzák. Az alábbiakban az ezekkel kapcsolatos megrendelői, felhasználói szempontból fontos ismérveket foglaljuk össze, amelyek abban segíthetik az olvasót, hogy egy adott vizsgálat megrendelése esetén milyen ismeretekre tehet szert, illetve segít megítélni vagy ellenőrizni azt, hogy az adott vizsgálatot a megbízandó gazdasági szereplő megfelelően végezheti/végezte el.

Víztartalom

A leggyakrabban és a legnagyobb mennyiségben elvégzett laborvizsgálat. Elterjedtségét részben fontossága, de egyszerűsége is indokolja. Egyúttal számos más vizsgálat alapja, illetve azok résztvevékenységeként elvégzendő. Ugyanakkor vannak olyan technikai részletei, melyek a kapott eredmények megbízhatóságára hatással vannak, ezért külön vizsgálati szabvány (EN ISO 17892-1) vonatkozik rá. Meghatározásához gyengébb minőségű minta is elegendő, ameddig az olyan, hogy a mintázott talajban lévő víz mennyisége tömegarányosan a természetes állapotnak megfelelően reprezentálódik benne.

A mintákat a vizsgálatig fagymentes, de nem túl meleg (3-30 °C) helyen légmentesen lezárható, tárolókban kell tartani, s a vizsgálatot a lehető leghamarabb el kell végezni.

A vizsgálati halmaz méretének igazodni kell a szemcsemérethez, és a rétegzettséghez oly módon, hogy a kiválasztott mintában az elfogadott méretű "átlagolási tartományon" belül lévő esetlegesen eltérő víztartalmú mikrorétegek a mintában szintén a természetes állapotnak megfelelő arányban legyenek jelen. A szabvány a vizsgálandó anyag mennyiségét durvaszemcsésű anyagok esetén a d_{90} szemcseátmérőhöz rendelve táblázatban adja meg. Durva szemcsét nem tartalmazó kötött talajok esetén a 25 g-os minimális vizsgálati mennyiség a mérvadó.

A vizsgálatához a mintát vízfelvételre nem képes anyagú, ismert (megmért) tömegű, egyedi azonosítóval ellátott száraz tiszta edénybe kell helyezni. A mintatartó és a nedves minta együttes tömegét le kell mérni és fel kell jegyezni. Ezt követően a mintát arra alkalmas eszközzel jellemzően 105 ± 5 °C hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani. A tömegállandóság célszerű definíciója, hogy a tömegveszteség üteme nem haladhatja meg a 0,1%/h értéket.

A vizsgálat a geotechnikai szempontból fontos kötetlen víztartalom meghatározását célozza, ezért azoknál a talajoknál, melyek pl. gipszet, nagy vízfelvételű anyagásványokat is tartalmaznak alacsonyabb pl. 40°C hőmérsékleten kell szárítani, mert a hagyományos szárítási hőmérsékleten, a kötött vizek egy része is távozik. Ez olyan esetben nem jelent gondot, ha a vizsgálat célja pl. a konzisztenciahatárok, illetve a konzisztencia index meghatározása, mivel ez esetben a kötött vizek távozása vélhetően csak a mért értékek, azonos eltolását eredményezi, ami a meghatározott különbségeket, arányokat nem befolyásolja. Ellenben figyelni kell arra, hogy egy vizsgálati eljárásban azonos szárítási hőmérsékletet használjanak, mert ellenkező esetben az említett különbségek, arányok is változhatnak, hibás eredményekhez vezetve.

Térfogatsűrűség

A természetes térfogatsűrűség úgy határozható meg, hogy egy zavartalan, legalább 2. minőségi osztályú talajmintából elkülönítünk egy próbatestet, megmérjük annak nedves tömegét, illetve térfogatát s képezzük ezek hányadosát.

A próbatest tömegének megmérése egyszerű tömegmérés, a EN ISO 17892-2 vizsgálati szabványban előírt pontosságú mérleggel végzendő.

A próbatest térfogatának megmérésére háromféle módszert említ a szabvány:

- a hosszmérési módszer: ez esetben a térfogatot szabályos alakú, próbatest méreteiből állapítjuk meg
- a vízbemerítési módszerek:
 - a szabálytalan vagy szabályos alakú próbatest térfogatát úgy állapítjuk meg, hogy a próbatest tömegét levegőn, majd a vízhatlanná tett felületű minta látszólagos tömegét vízbe merítve mérjük meg
 - a szabálytalan vagy szabályos alakú próbatest térfogatát úgy állapítjuk meg, hogy a vízhatlanná tett felületű próbatestet vízbe merítjük és megmérjük az általa kiszorított víz térfogatát.

Mindezek mellett, annak ellenére, hogy a szabvány nem említi, a forgóasztalos asztali 3D szkennerek terjedésével végzett térfogatmérés is elterjedhet, mivel számos előnye van a fent felsorolt hagyományos módszerekhez képest.

A hosszmérési módszer során szabálytalan, vagy nagyobb szabályos mintából alakítanak ki késsel, fűrészszel, talajfaragó esztergával (a név félrevezető, mert a felesleges anyag lefejtése nem körkörösén történik, hanem alkotó irányban, késsel fűrészszel hámozva) kisebb, a mintavételi technológia által érintett kérget már nem tartalmazó szélű próbatestet. A próbatest oldalainak, határoló felületeinek méretpontosságára, szögpontosságára vonatkozólag szigorú előírásokat fogalmaz meg a szabvány. A különböző mintakészítési eljárások során figyelemmel kell lenni az esetleges mérési hibákra (pl. kinyomás esetén a próbatest rövidülése), annak tudatában, hogy a lineáris hosszak mérésében vétett hiba a próbatest arányaitól függően nagyban befolyásolhatja a számított térfogatot, s a meghatározott állapotjellemzőkben ez végül (sokszor a nem megfelelően felvett szemcsesűrűségekkel, hibás abszolút víztartalmakkal együtt) jelentős anomáliákhoz pl. egynél nagyobb számított telítettségű értékekhez vezethet. Az említett kinyomáshoz kapcsolódó példa esetén a kinyomott próbatest hossza helyett a mintavevő hosszát kell alapul venni. Általában az az elv követendő, hogy az egyes dimenziókban a méretek megállapítására több mérést kell alkalmazni, s ezek átlagát kell a térfogatszámítás

során oldalhosszként, átmérőként stb. értelmezni. A tömeg minél pontosabb megtartása végett, szabályos alakú minták esetén a hiba minimalizálása céljából szükséges a faragás során esetleg kifordult darabok saját anyaggal, az eredeti tömörség megváltoztatása nélküli visszapótlása. Ha a minta nagymértékben torzul, kihulló darabok vagy a mintavétel és a szemeloszlás sajátosságai miatt kialakuló durva felület okán, érdemes a mintát szabálytalan alakúként kezelni, és az ilyenek mérésére alkalmas módszerrel meghatározni a térfogatát.

A vízbemerítéses módszereket első sorban szabálytalan alakú próbatestek térfogatának mérésére használják, bár elvben használható a szabályos alakú próbatestek térfogatának mérésére is. A módszer lényege, hogy a vizsgálandó próbatestet, talajrögöt valamilyen alakkövető vékony vízhatlan anyaggal (pl parafin) vonják be, lezárva annak pórusait, megakadályozva, hogy a minta vízbe merülve vizet tudjon felvenni. A mérés olyan összeállítással történik, amely alkalmas arra, hogy a vízhatlanná tett minta vízbe merítésekor fellépő felhajtóerő miatt bekövetkező látszólagos súlycsökkenést mérni lehessen. A súlycsökkenés mértéke a kiszorított folyadék súlyával egyezik meg. A másik módszer esetén a folyadékba mártott próbatest által kiszorított víz térfogatát mérik közvetlenül, vagy valamilyen szifonos megoldással, vagy osztásos mérőpohár skáláján tett leolvasással. A két módszer közül a tömegméréses általában pontosabb, míg a térfogatkiszorításos módszerek közül a szifonos megoldás részesítendő előnyben. Mindkét módszer esetén szükséges gondolni a felvitt bevonóanyag térfogata miatt szükséges korrekcióra. Ehhez a folyadékba merítés előtt két tömegmérés szükséges, egy a bevonás előtt, egy a bevonás után. A két mérés különbsége adja a felhordott vízzáró bevonat tömegét, melyet a bevonó anyag sűrűségével osztva megkapjuk a bevonó anyag térfogatát, amelyet a meghatározott térfogathoz le kell vonni.

Szemcsesűrűség

A szemcsesűrűség meghatározására az EN ISO 17892-3 a piknométeres vizsgálat két változatát javasolja, az úgynevezett gáz- és folyadék piknométeres megoldásokat. A gyakorlatban ezt a vizsgálatot csak nagyon ritkán, speciális esetekben szokták elvégezni. Ennek részben az az oka, hogy mivel a talajalkotók szemcsesűrűsége viszonylag szűk tartományon (2.6-2,8 g/cm³) belül mutat változékonyságot, illetve rendelkezésre állnak olyan becslési módszerek, amelyekkel a gyakorlat számára elegendő, a közvetlen mérés pontosságával összemérhető precizitással megadható a szemcsesűrűség. A becslési módszer lényege, hogy az egyes szemcseméret frakciókhoz általában hozzárendelhető egy, az abban a frakcióban szereplő szemcsék sűrűségére általában jellemző érték. Így vagy a fő talajjelnevezés alapján veszik fel ezt az értéket, vagy amennyiben ennél pontosabban akarják meghatározni, a szemeloszlási

görbe alapján meghatározott frakciók részarányainak felhasználásával, a súlyozott átlagként számolják ki az összletre jellemző szemcsesűrűséget.

A másik ok amiért ezt a vizsgálatot csak ritkán végzik el éppen abból következik, hogy a ritkán alkalmazott vizsgálatához szükséges drága berendezéssel (itt a gáz piknométeres módszer eszközeire gondolunk) a geotechnikai laborok általában nem szerelkeznek fel. A hagyományos, folyadék piknométeres eljárásnak az eszköztára egyszerűbb, kisebb költségigényű, de annak esetében ahhoz, hogy a fenti, számításos módszerekkel elérhetőnél pontosabb eredményeket kapjunk, a szabványban megadott, megengedett telítési módszerek közül az alkalmasat kiválasztani tudó gyakorlott, vegyi laboratóriumi műveletekben valamelyest jártas személyizetre van szükség. A megrendelői elvárások teljesülése érdekében megjegyezzük továbbá, hogy a folyadék piknométeres eljárás éppen az olyan esetekben a legproblémásabb (pl. víznél kisebb sűrűségű szerves alkotókat is tartalmazó talajok, vagy agregátumokat, porózus, vagy törékeny szemcséket tartalmazó talajok), amelyeknél a becsléses módszer is csődöt mond.

Mindkét piknométeres módszer esetén fontos feltétel a szárítási művelet oly módon való elvégzése, hogy a minta a szerkezetileg kötött vizeit ne veszítse el.

6.2. Talajazonosító vizsgálatok

A víztartalom vizsgálatok után a legnagyobb mennyiségben végzett laboratóriumi vizsgálat csoport, az azonosító vizsgálatok csoportja. A durva szemcséjű talajok azonosítására a szemeloszlási vizsgálat eredményeit használjuk, melynek elvégzését a EN ISO 17892-4 szabvány tárgyalja. A kötött, vagy finom szemcséjű talajok azonosítása a plaszticitási- vagy másnéven plasztikus index vizsgálat alapján történik, melyhez a szükséges nevezetes víztartalmi határok (Atterberg határok néven is hivatkoznak rájuk) meghatározásának módszereit az EN ISO 17892-12 vizsgálati szabvány ismerteti.

Szemeloszlás

A durva szemcséjű talajok azonosítása a háromszög diagram alapján történik, a szemeloszlási görbe kimérése többek között ehhez szolgáltat bemenő adatokat, de ezen kívül a talajösszletek további jellemzőire pl. tömöríthetőség, erózió és fagyérzékenység, áteresztőképesség is következtethetünk az eredményekből.

A vizsgálat alapvetően két eljárást foglal magában, az egyik a szitálás, mely a 125mm-0,063mm névleges szemcseátmérő tartományban szolgáltat eredményeket, és az üleptézéses vizsgálat mely a 0,063mm-0,001 mm-es névleges átmérőjű szemcsék tömegszázalékos eloszlásának kimérésére szolgál. A szabvány tartalmaz két igen

informatív ábrásort, mely szemlélteti a vizsgálatok elvégzésének lépés sorozatait. Ezek alapján az olvasó képet alkothat ezen, általában egyszerűnek vélt vizsgálatok valós erőforrásigényéről.

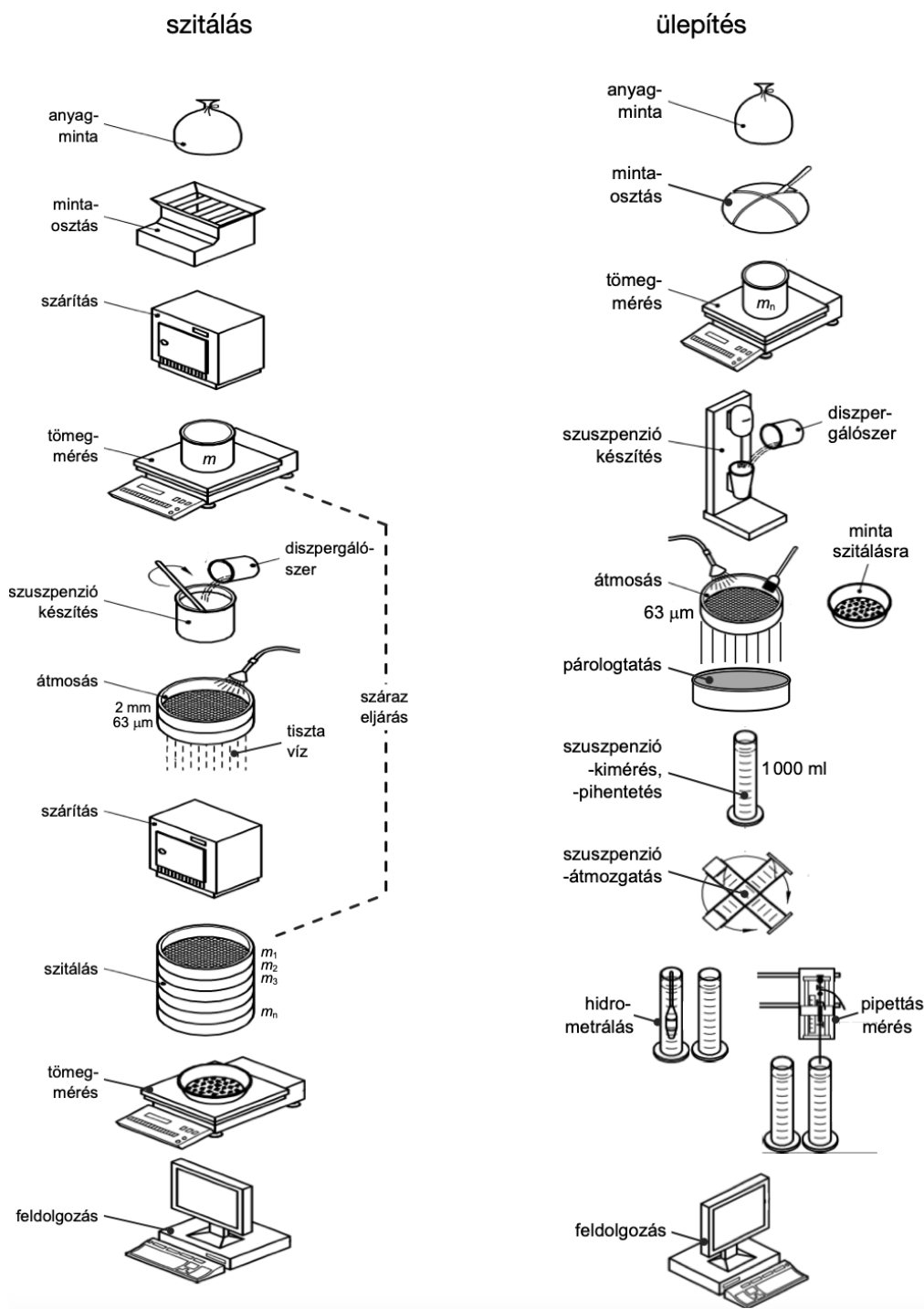
Amennyiben a 0,063mm-nél kisebb szemcsék részaránya kisebb mint 10%, nem szokás elvégezni az ülepitéses vizsgálatot, ekkor csak szitálással vesszük fel a szemeloszlási görbét, s a vizsgálat általában a folyamatábrán száraz eljárásként jelölt úton, a diszpergálószeres átmosást mellőző módon történik. A szitálás minden esetben a minták osztórostával való reprezentatív részhalmazokra osztásával kezdődik. A reprezentatív részhalmazok valamelyikéből annyi anyagot kell kivenni, amennyit a szabvány vonatkozó táblázata a vizsgálandó d_{90} szemcseátmérőjű talajhoz rendel. Ez a mennyiség nagyon széles tartományon belül változik (50 g-tól 60 kg-ig), a vizsgálat megrendelésekor, s a mintaanyag laborba szállítandó mennyiségének meghatározásakor ezt már célszerű figyelembe venni.

A kiválasztott vizsgálati halmazt ezt követően ki lehet szárítani és a szitálását el lehet végezni, ha a talaj összetétele miatt várhatóan nem lesz szükség ülepitéses vizsgálatra. Amennyiben várhatóan ülepitésre is sor kerül, és a talaj állaga lehetővé teszi ezt, a kezdeti szárítás a finom szemcsék durva szemcsékre való "rásülésének" elkerülése végett el is hagyható, és a 2mm-es és 0,063mm-es szitákból álló átmosó szitakombináción való, diszpergálószeres átmosással kezdődhet a folyamat. Az átmosást követően az átmosó szitákon fennmaradt anyag kiszárítása és száraz szitálása megtörténhet.

A vizsgálat eredménye akkor elfogadható, ha a vizsgálatra bemért össz mennyiség és az egyes szitákon fennmaradt mennyiségek összege között az eltérés nem haladja meg az 1%-ot. Amennyiben a vizsgálat a fenti feltételt teljesíti, el lehet végezni a mérési eredmények feldolgozását, melynek átadandó fő eredmény termékeként az egyes szitákon áthullott mennyiségek tömegszázalékát bemutató szemeloszlási görbe áll elő.

Ha az összlet 10%-nál nagyobb mértékben tartalmaz 0,063mm-nél kisebb szemcséket, a szitálás mellett az ezen részhalmaz szemeloszlásának vizsgálatát is szükséges elvégezni. A szabvány ezen mérés elvégzésére a Stokes törvényen alapuló ülepitéses vizsgálatot ajánlja. A vizsgálat azon a felismerésen alapul, hogy egy adott közegben a gravitáció hatására süllyedő szemcse csak addig gyorsul, amíg a súlyerő és a közegellenállási erő ki nem egyenlíti egymást, és hogy ez a terminális sebesség függ a süllyedő szemcse méretétől. Minél kisebb a szemcse annál lassabban süllyed az őt körülvevő viszkózus közegben. A különböző sebességgel süllyedő szemcsék azt eredményezik, hogy különböző időpontokban, a kezdetben homogén kevert szuszpenzió, meghatározott mélységeiben különböző mennyiségben lesznek jelen a különböző méretű szemcsék, eltérő sűrűségűvé változtatva a folyadékoszlop rétegeit.

A szabvány vagy egy adott zónának az átlagos sűrűségváltozására alapuló hidrometrálási eljárást, vagy a pipettás módszerű, közvetlen mintavételen alapuló vizsgálatot javasolja elvégezni. Az alkalmazandó számítási, kalibrációs metódusokat mindkét módszerhez a szabvány mellékletei mutatják be.



2. ábra

A vizsgálati jegyzőkönyvnek a minta azonosításán és leírásán kívül szólnia kell a vizsgálati eljárás részleteiről, mint pl. a választott vizsgálati eljárás, a diszpergáló szer

alkalmazása, annak fajtája, adagolása, a szabványos eljárástól való esetleges eltérések. A vizsgálat fő eredménye a szemeloszlási görbe grafikus formában szemilogaritmikus formában közölve. Az áthullott mennyiségek százalékos értékei megadhatók táblázatosan összefoglalva is, továbbá közölhetők a szemeloszlási görbe jellemzésére szolgáló mérőszámok, mint az egyenlőtlenségi mutató, görbületi mutató.

Plaszticitási index

A finom szemcséjű talajok osztályozására szolgáló plaszticitási index meghatározásához a nevezetes víztartalmi határok kimérése szükséges, minthogy ez a mérőszám utóbbiak különbségeként értelmezendő. A feladathoz szükséges nevezetes víztartalmi határok a folyási és sodrási határ, melyek meghatározásának módját az EN ISO 17892-12 szabályozza.

A **folyási határ** meghatározására az európai szabvány két módszert javasol:

- a Casagrande-féle vizsgálat,
- az ejtőkúpos vizsgálat

Jelenleg mindkét eljárás egyformán alkalmazható. Korábban Magyarországon a Casagrande féle vizsgálat volt az elterjedt, de az európai vizsgálati szabványok megjelenésekor egyfajta átrendeződés indult meg, mivel ezek korai változataiban nem szerepelt a Casagrande-féle készülékkel való vizsgálat, csak az ejtőkúpos. Ekkortájt a laborok megkezdték erre az - addig főleg észak Európában elterjedt ejtőkúpos módszerre az átállást, amely folyamat valójában a Casagrande készülékes vizsgálat szabványba való beemelésével sem fordult vissza.

A vizsgálatok lényege, hogy megkeressék azt a víztartalmat, amelyen az adott talaj valamilyen meghatározott viselkedést mutat. Mivel arra viszonylag kis esély van hogy ezt a víztartalmat pontosan megtalálják, ezért a gyakorlatban különböző víztartalmú (általában legalább négy) minták viselkedését ellenőrzik, a viselkedést számszerűsítik, a mért összetartozó víztartalom és viselkedési jellemző által megjelenített ponthalmazra kiegyenlítő függvényt illesztnek, majd ennek a függvénynek az egyenletébe helyettesítve annak a viselkedési jellemzőnek a számértékét amelyhez a kísérlet a folyási határt rendeli, kiszámítják mennyi lett volna az a víztartalom, amelynél a talaj pontosan az elvárt viselkedést mutatta volna.

Az ejtőkúpos vizsgálatnál ez azt jelenti, hogy keresik a talajnak azt a víztartalmát, amelynél egy szabványos tömegű és alakú kúp a saját tömegénél fogva, adott idő alatt, adott mélységre hatol be az elkészített vizsgálati anyagba. A szabvány különböző tömegű és geometriájú vizsgálókúpok használatát engedi meg, és ezekhez különböző

behatolási célértékeket rendel. S ahogy említettük, az összetartozó behatolás - víztartalom értékpárok ábrázolását és az ezekre illesztett egyenes megszerkesztését követően kiszámítják a szabványban megadott behatolás értékhez tartozó víztartalmat, amit a talaj folyáshatáraként azonosítunk.

A Casagrande vizsgálat esetén a csészébe bekent talajmintába egy szabályos alakú árkolókéssel hasadékot alakítanak ki, majd a mintát tartalmazó csészét adott magasságról, meghatározott keménységű gumi lapra ejtegetve megfigyelik, hogy a megnyitott árok mikor folyik össze 10 mm hosszan. Majd ezen vizsgálat esetén is interpolálással meghatározzák, hogy mekkora víztartalom kellett volna ahhoz, hogy az említett 10 mm-es összefolyás pont 25 ütés (leejtés) hatására alakuljon ki.

Mindkét módszer esetén a vizsgálati anyag előkészítése a legidőigényesebb feladat, és nagyon fontos, hogy ezt kellő gondossággal, a szabványi előírásokat betartva végezzék. Fontos betartani az előírt megengedett legnagyobb szemcse nagyságra vonatkozó kritériumot, ezen kívül hangsúlyozni kell a légbuborékok kiűzésének fontosságát. Ez utóbbinak különösen az ejtőkúpos vizsgálat esetén van döntő jelentősége. A vizsgálatokat szabad növekvő és csökkenő víztartalom mellett is elvégezni, de a víztartalom oda-vissza való változtatása semmilyen körülmények között, semelyik vizsgálat típus esetén nem megengedett.

A szabvány mindkét vizsgálat típus esetén megengedi, bár nem javasolja az úgynevezett egy pontos módszer alkalmazását. Ennek alkalmazása a vizsgálatok idejét hivatott csökkenteni, viszonylag szilárd talajmechanikai alapokon nyugszik, mégis az az általános nézet, hogy a pontosságot rontja. Ezért felhasználóként fontos tisztázni, hogy melyik módszerrel készült eredményeket szeretné látni a megrendelő.

A **sodrási határ**, a merev és a képlékeny állapot elválasztására szolgál. A vizsgálat lényege, hogy összesen 20 g-nyi olyan sodort talajszálat kell előállítani, melynek átmérője 3 mm, és keresztirányú, illetve hosszirányú száradási repedések jelennek meg felszínén akkor, amikor a kézzel való sodrás során a minta az említett átmérőt elérte. Ha a minta ennél sokkal vékonyabbra sodorható, az azt jelenti, hogy víztartalma magasabb, mint a sodrási határt jelentő víztartalom, ellenben amennyiben már nagyobb átmérő elérésekor rögökre hullik szét a minta, akkor az aktuális víztartalom kisebb, mint a sodrási határ.

A szabvány az előkészítésre azt javasolja, hogy a folyási határ vizsgálatához folyékony minta kíméletes szárításával jussunk el a szükséges nedvességtartalom közelébe. Ennek a módszernek az az előnye, hogy folyáshatár vizsgálatához előkészített minták

már nem tartalmaznak 0,4 mm-nél nagyobb szemcséket így azok a sodrási vizsgálat menetét sem fogják nehezíteni.

A vizsgálatra vonatkozóan a fent hivatkozott szabvány nagyon részletes utasításokat ad az előkészítésre és a sodrás pontos mikéntjére is. Ez utóbbi azért is fontos, mert bár az évek során sokan próbálkoztak vele, meghonosodott módon ez idáig nem sikerült kiváltani ezt a vizsgálatot annak ellenére, hogy közismerten a rutin geotechnikai vizsgálatok közül ez a leginkább szubjektív. Így az eredmények objektivitása, azaz a vizsgálatot végző személyétől való függetlensége, csak úgy érhető el, ha a szabvány részletes utasításait a vizsgálatot végzők minden tekintetben betartják.

A nevezetes víztartalmak közé tartozik a zsugorodási határ vizsgálata. Erre a vizsgálatra való igény gyakorta felmerül, annak ellenére, hogy kimérése európai vizsgálati szabvánnyal nem szabályozott. A régi ASTM szabványban fellelhető laboratóriumi vizsgálatokat bemutató szakirodalomban is található olyan módszer, amely ennek az egzakt, tényleges fizikai változáshoz tartozó víztartalmi értéknek a meghatározásáról szól. Ez a hagyományos módszer a higanykiszorításos térfogatváltozás mérésen alapul, mely vélhetően a higannyal való munkavégzés nehézsége miatt nem került be az európai szabványba. Vizsgálati módszerleírások fellelhetők az interneten, a kocka alakú próbatestek lineáris méretváltozásainak mérésétől a 3D szkenneléssel végzett térfogatmérésig sokféle technológia áll rendelkezésre.

Szervesanyag tartalom

A szervesanyag tartalom vizsgálata kapcsán itt azt tartjuk fontosnak elmondani, hogy harmonizált európai szabvány nincsen. Az EC 7-2 a kapcsolódó szabványokat felsoroló mellékletben egyrészt megemlíti használható nemzeti szabványokat, melyek különféle vizsgálati módokat tárgyalnak, mint például az izzítási veszteség mérése, a peroxidos kezelési vizsgálat és a kolorimetriás módszer. A főszövegben lehangsúlyosabban a hazánkban is leggyakrabban alkalmazott izzítási veszteség mérésén alapuló eljárás szerepel. A szabványban megjelenik, hogy a kísérletről szóló vizsgálati jelentésben közölni kell a szárítási hőmérsékletet, az izzítási hőmérsékletet, az izzítási időt és természetesen az izzítás során elveszett anyag mennyiségét a száraz anyag tömegének százalékában kifejezve. A fenti paramétereknek (szárítási, izzítási hőmérséklet és izzítási idő) bemenő paraméterként is kezeli, azaz ezek megadása elvárható a megrendelőtől. Ezek a követelmények (mind a jelentésre, mind a paraméterek megadására vonatkozóak) azért is fontosak, mert valamiképpen utalnak arra, hogy a végeredményt valójában ezek jelentős mértékben befolyásolják, a kapott végeredmény irányszámnak, s nem olyan egzakt értéknek tekintendő, amely önmagában, egy

kritériumhoz képest néhány tizedszázalékos eltérés esetén minősítési döntések alapja lehetne.

6.3. A talajok aktuális állapotának meghatározása

A talajok aktuális állapotának leírására három mérőszám használatos. Az első ezek közül a konzisztanciaindex, amely a kötött talajok állapotának minősítésére szolgál. Ennek kiszámításához az aktuális víztartalomra, a folyáshatárra és a sodrási határra van szükség. Ezek mindegyikének kimérésére szabványos eljárás áll rendelkezésre, melyeket a korábbi bekezdésekben már tárgyaltunk.

A durva szemcséjű halmazok állapotának leírására alkalmas mérőszám a tömörségi index, melyhez ismerni kell a talaj leglazább, legtömörebb, illetve az aktuális állapothoz tartozó hézagtenyezőt. Ezek közül az aktuális állapothoz tartozó hézagtenyező meghatározása a természetes térfogatsűrűség és a szemcsesűrűség szabványos kimérésével lehetséges. A leglazább és a legtömörebb állapotok előállításának módját európai szabvány nem rendezi. Korábbi nemzeti szabványok adnak eljárásokat, amelyek pontosan vagy rugalmasan alkalmazva a cél elérése érdekében használhatók. A leglazább állapot előállítására általában rezgésmentes asztalon 0 ejtési magassággal tölcserből szárazon, ismert térfogatú éles peremű mérőedénybe kifolyatott talajmintát készítünk, míg a legtömörebb állapot eléréséhez változtatható frekvenciájú vibrációt és a minta felszínén működtetett egyenletesen megoszló terhelést alkalmazunk.

A harmadik, aktuális talajállapot jellemzésére szolgáló mérőszám, melyet elsősorban a földműépítés világában használnak a tömörségi fok. Ennek esetében a talaj aktuális száraz térfogatsűrűségét viszonyítjuk az úgynevezett Proctor-vizsgálattal elérhető maximális száraz térfogatsűrűséghez. A Proctor-vizsgálatot jelenleg szintén nem szabályozza talajmechanikai vizsgálati szabvány, de van érvényes útügyi szabvány, amely alapján a földmű anyagok minősítéséhez használatos referencia tömörség a módosított Proctor vizsgálattal előállítható. Az említett szabvány az MSZ EN 13286-2 számú dokumentum. A Proctor vizsgálattal a talajok adott ütőmunkával elérhető legnagyobb tömörsége határozható meg a víztartalom függvényében. Mint ismeretes a talajok adott ütőmunkával elérhető legnagyobb tömörsége függ a víztartalomtól. Az említett szabvány előírásai szerint elvégzett vizsgálat eredménye a Proctor görbe, mely a víztartalom és a száraz térfogatsűrűség összefüggését mutatja be. Egyik eredménye a tömörségi fok kiszámításához szükséges maximális térfogatsűrűség, másik az ennek eléréséhez beállítandó víztartalom. Az eredmények alkalmazása kapcsán fontos megjegyezni, hogy a modern tömörítőeszközök nagyobb fajlagos ütőmunkát képesek kifejteni mint amennyit a módosított Proctor-vizsgálat előír, ezen kívül hatékonyabb

tömörítési módot alkalmaznak, így könnyen előállhatnak 100%-ot megközelítő, sőt azt meghaladó relatív tömörségi értékek, melyeket a vizsgálatok módszertanát nem pontosan ismerők értetlenséggel fogadhatnak.

6.4. Mechanikai vizsgálatok

A mechanikai tulajdonságok mérése alatt a talaj szilárdsági (mekkora az adott talaj várható nyírószilárdsága, illetve mik a nyírószilárdság adott feszültségállapotban mérhető értékének kiszámításához szükséges nyírószilárdsági paraméterek) és merevségi (speciális alakváltozási és feszültségi állapotokban) jellemzőinek meghatározását értjük.

A talajok nyírási ellenállását a klasszikus talajmechanikai gondolkodás alapján minősíthetjük a drénezetlen nyírószilárdsággal, vagy a belső súrlódási szög és a kohézió összetartozó értékpárjával. Előbbi akkor érvényes, ha a talaj rövidtávú, a talaj dréneződését nem lehetővé tevően gyors terhelés esetén érvényes nyírási ellenállásáról próbálunk képet alkotni, míg a második eset az általánosan érvényes nyírási ellenállás meghatározására szolgál.

Megjegyezzük, hogy a kohézió fogalmával érdemes óvatosnak lennünk, mert mint ahogy a vizsgálati szabványok megjegyzésekben több helyütt is megállapítják, a legtöbb talajnak (a diagenézis kezdeti fázisában lévő talajok / puha kőzetek ez alól gyakorlati szempontból kivételnek tekinthetők) nem valódi, hanem látszólagos kohéziót mutatnak. A látszólagos kohézió pedig a mintában (és akár a természetes talajban) működő ismeretlen nagyságú negatív pórusvíznyomás miatt jelenlévő hatékony feszültségnek, s a belső súrlódási szögnek (és a nem telített mintán, és/vagy nem kellően lassan végzett vizsgálatnak) a következménye, s nem pedig valódi "ragasztóhatás", amely a szemcsék összekapaszkodásának, cementálódásának az eredménye. Ezek a félmondatok a szabványokban azok angol eredetére vezethetők vissza, s a szintén Angliában kidolgozott kritikus állapot talajmechanikai gondolkodásmódját tükrözik. Mélyebb megértéséhez ezt a területet szükséges tanulmányozni.

A szofisztikáltabb mechanikai vizsgálatok tekintetében közös elvárás a megrendelő felé, hogy megadja azokat a feszültségszinteket, amelyeken a vizsgálatot a megrendelő el kívánja végeztetni. Ehhez megadhatók a szükséges feszültségszintek, vagy irányelveket lehet megfogalmazni ezek meghatározásához, ezekről részletesebben írunk azoknál a mechanikai vizsgálatoknál, ahol ez fontos kérdés.

Általános kérdés minden mechanikai vizsgálat esetén a próbatestek mérete és alakja. A próbatestek alakjára, hosszméreteik arányára és a legkisebb méreteire vonatkozóan a vizsgálati szabványok írnak elő határértékeket, fogalmaznak meg irányelveket. A felső korlát tekintetében a berendezések gépészeti jellemzői és a talajmintából, a megbízandó labor eszköztárával kialakítható próbatestek maximális méretei az irányadók. Ezek a méretek minden esetben tisztázandók, célszerűen már a mintavétel megkezdése előtt. A legkisebb alkalmazható próbatest méreteket a szabványok sok esetben –magától értetődő módon– a maximális szemcsenagysághoz rendelik. Ez általában a berendezésre vonatkozó előírást eredményez, de bizonyos esetekben pl. száraz szemcsés összletekben, elképzelhető, hogy kevés nagyméretű szemcse eltávolításával a minta, vizsgálandó talajösszletre való jellemzőségének befolyásolása nélkül alkalmassá tehető egy adott berendezésben történő vizsgálatra.

Egyirányú nyomószilárdság

Az egyirányú nyomószilárdság vizsgálat esetén, a felhasználónak semmilyen érdemi paraméterezési lehetősége nincs. Mivel itt egy egyszerű, oldalmegtámasztás nélküli nyomóvizsgálatról van szó a minta mérete az egyetlen olyan, csak a minta arányait és minimális méretét korlátozó paraméter, melyet a felhasználó döntési körébe rendel a vonatkozó (EN ISO 17892-7) szabvány. A törési sebesség terén látszólag van még némi szabadsága a felhasználónak, de valójában az itt megadott ablak nem arra szolgál, hogy a kísérleti eredmények befolyásolását eredményezze, hanem hogy elfogadási kritérium legyen abban a tekintetben, hogy ha a törés a megadott időtartományban következik be, akkor a vizsgálat megfelelőnek tekinthető, ha azon kívül esik akkor nem. Ezzel biztosítható, hogy a törésig kellő adat álljon rendelkezésre, ne dinamikus terhelés történjen, de a belső dréneződés minél kevésbé következhesen be.

Az egyirányú nyomóvizsgálat eredményei általában nem túl nagyra értékeltek, ám ennek ellenére jó gyakorlatnak tűnik, hogy egy adott vizsgálati programban, ahol folyamatos magfűrészből származó minta áll rendelkezésre, a fejlettebb vizsgálatok elvégzését (és azok eredményességéről való meggyőződést) követően a megmaradó magminta anyagból egyirányú nyomóvizsgálatokat végezzenek. Tekintve, hogy a vizsgálatok gyorsan elvégezhetők, a magmintavétel és az egyéb vizsgálatok költségeihez képest kedvező árúak, kézenfekvőnek tűnik, hogy az egyébként várhatóan kidobásra kerülő megmaradt magmintákból, ha lehetséges ilyen, akár viszonylag kis információtartalommal bíró vizsgálatokkal értéket adjanak a már jelentős költséggel megvett magminta maradékoknak (ha másról nem, a mechanikai paraméterek változékonyságának mértékéről).

Nyírószilárdság meghatározása közvetlen nyírókísérlettel

A közvetlen nyírókísérlet tekintetében két olyan döntés van, amely érdemben szabadon meghozható. Ezek a terhelő normálfeszültségek és az elárasztás kérdései. A vizsgálat megrendelésekor elvárás, hogy ezek tekintetében a labor információt kapjon. A minta méretét és alakját legtöbbször (elképzelhető, hogy a labor különböző méretű vizsgálódobozokkal felszerelt) a berendezés műszaki adottságaival adottnak tekintjük, ezt a vizsgálat megrendelésekor, tervezésekor szintén figyelembe kell venni.

Nyírószilárdság meghatározása triaxiális vizsgálattal

A triaxiális berendezésben végzett vizsgálatok közül kettő vizsgálati eljárásra vonatkozik harmonizált európai szabvány. Az egyik a konszolidálatlan, drénezetlen, gyors vizsgálat (ISO/TS 17892-8) eljárás bemutatását, a másik pedig a konszolidált, drénezett vagy drénezetlen vizsgálatok (ISO/TS 17892-9) leírását adja. Mindkét szabvány vízzel telített talajok vizsgálatáról szól, az első eredményeképpen csak a drénezetlen nyírószilárdság, míg a második a hatékony feszültségek analízise során használható "drénezett" nyírószilárdsági paraméter(ek) meghatározására szolgál.

A mechanikai vizsgálatoknál említett feszültség meghatározási igény a triaxiális vizsgálat sorozat esetén például az alábbi módokon elégíthető ki: 1) a megrendelő kérheti, hogy a vizsgálatokat pl. 100, 200 400 kPa cellanyomás mellett hajtsák végre, vagy 2) mondhatja azt is, hogy a vizsgálat sorozatot úgy kívánja elvégeztetni, hogy minden minta esetén annak származási mélységére kiszámított függőleges, vagy vízszintes, vagy átlagos geosztatikus nyomás legyen a középső feszültségérték, annak fele illetve duplája legyen a legkisebb és a legnagyobb alkalmazott cellanyomás, adott esetben 10, 20 vagy 50 kPa-ra kerekén.

Az eredmények modellezésre való felhasználásához, praktikus, a felhasználást könnyítő körülmény, ha egy vizsgálat sorozatban van egy olyan cellanyomás, amely minden sorozatnak része, s így később ez minden vizsgálat esetén referencianyomásként választható, a modellezésben gyakorta alkalmazott HS modellcsalád paramétereinek illesztésekor.

Néhány talajmodell fontos paramétere a deviatorikus terhelési állapotban tapasztalható tehermentesítési-újraterhelési modulus nagysága. Ahhoz, hogy ennek beállításához mérési adatok álljanak rendelkezésre a törési fázisban érdemes egy tehermentesítési - újraterhelési ciklust beiktatni. Nagyon nehéz azonban azt megbecsülni, hogy ez a ciklus, hol történjen. Irányelv lehet, hogy a törőteher felének megfelelő deviator feszültségről induljon a tehermentesítés és az addigi feszültség 10%-áig csökkenjen, mielőtt az újraterhelést megkezdik. Cementált rideg, budapesti

talajok esetén oly mértékű lehet a szilárdság- és merevségbeli szórás –még az akár egy fúrásból, vagy azonosnak tűnő mintákból származó próbatestek esetén is–, hogy a tehermentesítés helyének akár feszültség, akár alakváltozási szinthez rendelése szinte lehetetlen. A tehermentesítés helyét a laboránsnak kell megválasztania, célszerűen úgy, hogy a fenti általános elvet kielégítse. Az említett talajtípusok esetén könnyen elképzelhető, hogy egynél több tehermentesítési ciklust kell beletenni a vizsgálati feszültségpályába, ahhoz, hogy legyen egy olyan, amelyik nem túl alacsony teherszinten történt. Amennyiben a labornak homogénebb, jobban kiismerhető viselkedésű talajt kell vizsgálnia a feszültség, vagy alakváltozási szinthez rendeléses előírás mód akár működhethet is.

A triaxiális cellában történő vizsgálat kiírásának a feszültségszintek megválasztásánál sokkal sarkalatosabb kérdése az, hogy milyen vizsgálatot végezzenek. Ennek eldöntéséhez két alapvető szempontrendszer kell a megrendelőnek mérlegelnie.

Az egyik a talajmechanikai felhasználás által kijelölt szempontrendszer, azaz, hogy mire kívánják felhasználni a vizsgálat eredményét, és milyen megbízhatóságot (ideális mintavételt és próbatesteket feltételezve), milyen általánosíthatóságot várnak el azoktól? Modellező, vagy általános célú anyagjellemző meghatározási vizsgálatot kívánnak (tudnak) elvégezni? Milyen anyagmodell paramétereinek meghatározásához végzik a vizsgálatot? A leghangsúlyosabb kérdés ezek közül az szokott lenni, hogy drénezett vagy drénezetlen vizsgálatot végezzenek. Pusztán elméleti oldalról, és a nyírószilárdság aspektusából vizsgálva ennek a jelentősége talán kissé eltúlzott, hiszen a drénezett vizsgálat, ahol pórusvíznyomás többlet nem keletkezik, és a drénezetlen vizsgálat, ahol a pórusvíznyomás változás mértékét ismerjük, egyformán használható a hatékony feszültségek alapján értelmezett nyírószilárdsági paraméter(ek) meghatározására. Ellenben, ha a fenti kérdést a modellparaméter illesztés szempontjából nézzük, akkor a döntést során érdemes figyelembe venni, hogy a talajok térfogatváltozási hajlama, dilatációs szöge térfogati alakváltozási, vagy rugalmassági modulusa és Poisson tényezője leginkább drénezett vizsgálatok térfogatváltozás mérési eredményei alapján határozhatók meg. Ez annak ellenére így van, hogy elméletileg a zárt rendszerben a pórusvíznyomás változás mértéke is ezektől függ. Ugyanakkor a pórusvíznyomás mérés (első sorban a drénezetlen vizsgálatok esetén nagyon könnyen jelentkező nyírási lokalizáció jelensége miatt, másodsorban az esetleges telítettségi hiányok miatt) jelentős bizonytalansággal terhelt, amit csak nagyon különleges vizsgálatok esetén alkalmazott műszaki megoldásokkal (pl. mintaközepe pórusvíznyomásmérő alkalmazása) lehet részben enyhíteni.

A másik szempontrendszer a mérés technikai műszaki, és elérhető mérési kapacitások és a vizsgálatokra fordítható idő- és költségráfordítási lehetőségek kijelölte keretek összessége adja.

Ha a nyírószilárdsági jellemzők megismerésére hagyományos triaxiális nyomóvizsgálatokat kívánnak használni, akkor egy ilyen igényes vizsgálat típus célja ideális esetben az lenne, hogy a drénezett nyírószilárdsági jellemzőket határozzák meg. Ez nagy és közepes áteresztőképességű talajokból készült próbatestek vizsgálatai kapcsán meg is tud valósulni, mert a vizsgálatok szabvány által előírt részfolyamatai, mint az összeszerelés, telítés (akár háttérnyomás alkalmazásával), telítettség ellenőrzése, konszolidáció és nyírás, elfogadható néhány órás vagy napos átfutással meg tudnak valósulni. Ugyanakkor éppen az olyan agyagtalajok, amelyek egy-egy szerkezet hosszútávú viselkedése tekintetében meghatározóak lehetnek, s ezért jól becsülhető módon kellene értékelnünk nyírószilárdsági paramétereit, merevségét a leginkább problémásak. Ezek nyírószilárdsági jellemzői nem határozhatók meg megbízhatóan a triaxiális vizsgálatról eltérő mérés technikával, ellentétben egy homokmintával, melyet kiszárítva, vagy telítve a közvetlen nyíróvizsgálatok valamelyik változatával kellő pontossággal meghatározható a belső súrlódási szöge. A tapasztalat szerint a kis áteresztőképességű talajok esetén, különösen, ha a megbízhatóság javítása céljából, nagy próbatesteket használnak, a teljes vizsgálati folyamat egy próbatestre, heteket, vagy extrém esetben akár hónapokat vehet igénybe. A nyírási időt, a mért konszolidációs idő alapján lehet kiszámítani, és ellentétben a köztudatban elterjedt vélekedéssel, az eltérés a drénezett és drénezetlen vizsgálatok időigénye között nem nagyságrendi. Drénezetlen vizsgálat valamivel gyorsabban végezhető, mint a drénezett, mert míg az utóbbi esetében a mintából az azt lezáró szűrőköveken át, távoznia kell víznek a mintából (nagy mértékben túlkonszolidált talajok esetén be kell abba áramolnia), addig a drénezetlen vizsgálat esetén “csak” a mintán belül kell kiegyenlítődnie a pórusvíznyomásoknak, hogy a minta minél nagyobb része azonos hatékony feszültségállapotban legyen amikor a törés bekövetkezik. Ehhez kapcsolódik egy másik, a vizsgálat megfelelőségének megítéléséhez kapcsolódó tévhit. Eszerint hagyományosan azokat a vizsgálatokat ítéljük “szépnek” melyekben a minta egy éles csúszólap mentén ment tönkre. Valójában ez esetben feltételezhető, hogy a mintán belül a feszültségeloszlás nem volt homogén, drénezetlen törés következett be, s a kialakult csúszólapon működő tényleges hatékony normálfeszültség, illetve az ottani hatékony főfeszültségek, az ottani kompresszió, vagy dilatáció a mérttől eltérő nagyságú pórusvíznyomás miatt az eredményt befolyásolta.

A hazai tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a gyakori budapesti enyhén cementált, kissé telítetlen, nagyon kis áteresztőképességű agyagok vizsgálata nehézségekbe ütközik. Ezek telítése közel lehetetlen, ezért fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy az

ezekkel a vizsgálatokkal előállított nyírószilárdsági paraméterek nem lehetnek drénezetlen nyírószilárdsági paraméterek, úgy ahogyan azt a klasszikus talajmechanikában értelmezzük.

A talajok összenyomhatósága, ödométeres vizsgálat

Ödméteres vizsgálat esetén általában, ragaszkodni szoktak a 50, 100, 200 stb. (általában folyamatosan duplázott) teherlépcsőkhöz, mivel a hagyományos berendezések súlykészletei ezek felhordását teszik egyszerűen megoldható módon lehetővé. A teherlépcsőkre vonatkozó restriktciók modern automata vezérlésű, pneumatikus, hidraulikus berendezések használata esetén nem jelentkezik. De ilyen eszközök nagy számban még nincsenek jelen a hazai laborokban. Ezen peremfeltételek mellett a megrendelő lehetőségei viszonylag korlátozottak, de az mindenképpen elvárható, hogy megadja, akar-e közbenső tehermentesítés-újraterhelés ciklust, ha igen mely feszültség szinten és hogy mi a legnagyobb feszültség lépcső, ahová szeretné, hogy a vizsgálat eljusson.

Bár mostanában talán már háttérbe szorul, de sok felhasználó a kompressziós görbe táblázatos grafikus és közelítő (hatvány- és/vagy logaritmikus-) függvényekkel való megadása mellett még igényli a hagyományos összenyomódási modulus megadását, sokszor minden további előírás nélkül. Amennyiben a felhasználó minél jobban használható választ akar, célszerű megadnia a kezdeti feszültséget, s a feszültségnövekményt, melyek által kijelölt tartomány környezetében a lineáris közelítésre alkalmas modulus használni akarja. Akár megadtak ilyen értékeket, akár nem a jegyzőkönyvek, amely ilyen összenyomódási paramétert közöl, azt is egyértelműen meg kell adnia, hogy az összenyomódási modulus mely feszültségekhez tartozó (mért, vagy interpolált) összenyomódások alapján került meghatározásra.

7. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek dokumentálása

A laboratórium vizsgálatok eredményeinek dokumentálására vonatkozóan a vizsgálati szabványok egyértelmű utasításokat adnak. A vizsgálati szabványokban ezeket az előírásokat általában az irodalomjegyzék előtti, utolsó számozott fejezetben adják meg.

Minden vizsgálat esetén megadandók a származására vonatkozó, annak egyértelmű azonosítására szolgáló adatok, mint a munkahely, a fúrás azonosító jele, a minta származási mélysége. További azonosító lehet a minta száma, a vizsgálat száma, s bármi más olyan információ, amely segít azonosítani a mintát, illetve megkönnyíti az eredmények kontextusba helyezését, például a talaj közelítő (szemrevételezés), vagy pontos (azonosító vizsgálat alapján való) megnevezése.

Amennyiben releváns, megadható a minta helye, orientációja az eredeti magmintán belül.

A vizsgálati szabványok rendre előírást adnak a minták követendő kezelésére, el- illetve előkészítésének elvárt, lehetséges és javasolt módjára vonatkozólag. A jegyzőkönyvek része kell legyen az elkészítés, illetve az előkészítés módját bemutató jelzet. Egy mechanikai vizsgálatra szánt minta lehet pl. zavartalan, átgyúrt, újratömörített, vagy rekonstruált.

Amennyiben ezek értelmezhetők, s nem pont ez a vizsgálatok meghatározásának a célja, megadandók az adott minta kezdeti állapotát leíró állapotjellemzők, a víztartalom a hízagtényező és a telítettség és a minta kezdeti geometriai méretei, szemcsesűrűség (jelezve, hogy mért vagy becsült), térfogatsűrűségek.

Ismertetni kell a vizsgálatához használt eszközök, berendezések, s ha van ilyen a berendezés mérőeszközeinek azonosítóit, a vizsgálati módszer, illetve a vizsgálat műszaki paramétereit (konszolidációs idők, nyírási nyomási sebességek, terhelési irányváltások stb.).

A jegyzőkönyveknek általában valamilyen egyértelmű azonosítót kell adni. Erről a vizsgálati szabványok nem rendelkeznek, de a praktikusságon túlmenően azok a minőségbiztosítási rendszerek, amelyek az akkreditált működés feltételei, ezt mindenképpen megkövetelik. A jegyzőkönyvek jelölésével kapcsolatban követelmény, hogy egyedi legyen, kiderüljön belőle a vizsgálat típusa. Célszerű a jegyzőkönyv elnevezési rendszert oly módon kialakítani, hogy a jegyzőkönyv azonosítók egyben minden elterjedt informatikai platformon használható állománynevek is lehessenek, azaz pl. ne tartalmazzanak szóközöket, ékezetes- és speciális karaktereket. Az állománynevek utalhatnak a projektre, a fúrás jelére, és a minta mélységére is, ez adott esetben egyszerűbb kereshetőséget biztosít, ugyanakkor az egységes megjelenés

csorbát szenvedhet, az eltérő hosszúságú projekt azonosító és fűrásjelek miatt. Jó gyakorlat lehet még a dátum (esetleg csak év-hónap, vagy év és naptári hét formában) és az adott időszakon belüli sorszám feltüntetése. Adott szervezeten belül párhuzamosan dolgozó divíziók esetén az egyes munkahelyekről származó jegyzőkönyvek azonosítására vagy sorszámozásuk központi összehangolására is szükség van. Az utóbb leírt azonosítási rendszer alkalmazása esetén megfelelő index dokumentum vezetése, vagy valamilyen informatikai rendszerrel kezelt központi sorszámkiosztás, és jól indexelt adatbázis struktúra kialakítása szükséges. Az, hogy egy adott vállalkozás esetén mi az optimális adatstruktúra számos tényezőtől függ, úgy, mint a labor kapacitása, az eredmények értékelésének rendje, szokások, egyéb informatika struktúrákhoz való illeszkedés stb. Erre előírást a szabványok nem tartalmaznak, és ez a vállalkozás élete során változhat is, így gyakran előfordulhat, hogy egy lassan kifejlődött szervezet laboratóriumi vizsgálati adatstruktúrája egy adott időpontban a keletkező adatok mennyiségét és származási helyének diverzitását tekintve nem optimális, ezért időről-időre érdemes ezt felülvizsgálni.

Ideális célkitűzésnek tekinthető egy olyan központi adatkezelő és jegyzőkönyv készítő rendszer használata, melybe az adott projekt adatainak bevitele egyszer szükséges, s a vizsgálatot végző személyzetnek csak az aktuális vizsgálati eredmények kézi bevitelére, vagy a gépi vizsgálatok esetén a keletkezett adatfájlok meghivatkozására kell szorítkoznia, s a rendszer mindezek alapján automatikusan állítja elő a jegyzőkönyveket. Ugyanakkor be kell látni, hogy ez a feladat jelentős erőforrásokat (mind informatikai, mind mérnöki) igénylő informatikai fejlesztést követel. Amennyiben ezt a jelentős fejlesztést végig viszik, kevesebb humán interakcióval, egységes megjelenésű, kevesebb hibával terhelt jegyzőkönyvek készülhetnek, s az adatok jól integrált, kereshető adatbázisba való gyűjtése hosszú távú gazdasági hasznot eredményezhet, s idővel adott területekre, geológiai egységekre vonatkozó belső összefüggések, az egységes rendszerben való kezelés nélkül, a természetes változékonyság miatt észrevétlenül maradó összefüggések rajzolódhatnak ki.

8. A laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek felhasználhatósága

A laboratóriumi vizsgálatokat az alábbi csoportokba sorolhatjuk, mely csoportosítás némileg utal a vizsgálatok felhasználhatóságára is:

- talajazonosító vizsgálatok
- áteresztő képesség vizsgálata
- alakváltozási paraméterek vizsgálata
- egyszerű nyírószilárdsági jellemzők vizsgálata
- triaxiális vizsgálatok
- egyéb vizsgálatok

8.1. Talajazonosító vizsgálatok

Víztartalom meghatározása (MSZ EN ISO 17892-1)

A talajoknál a **víztartalom** a talaj nedvességének mérőszáma, mely a víz tömegének, valamint a szilárd alkotórészek hányadosaként definiálható. A víztartalom fontos és elengedhetetlen alapadat, mely számos egyéb talajmechanikai paraméter (konzisztenciahatárok, hézagtérfogat, hézagtéynyező stb.) meghatározásához is szükséges.

Térfogatsűrűség meghatározása (MSZ EN ISO 17892-2)

A **térfogatsűrűség** vizsgálat a száraz, a nedves, valamint a telített állapotú talaj térfogatsűrűségének meghatározására szolgál. A vizsgálati értékek közül közvetlenül elsősorban a nedves, valamint a telített állapotú értékek használhatók a teljes és hatékony függőleges földnyomások meghatározásához.

Mindezen kívül az állapotjellemzők meghatározásához használjuk ezen vizsgálati eredményeket.

Szemeloszlás meghatározása (MSZ EN ISO 17892-4)

A **szemeloszlás** egy talaj különböző méretű szemcséinek tömegaránya.

A vizsgálat eredményeit elsősorban a szemcsés talajok azonosítására, megnevezésére használjuk, de ezen kívül is számos hasznos információval szolgál a vizsgálat a geotechnikai tervezéshez.

A vizsgálat eredményeként kapott szemeloszlási görbe mellett meghatározott legfontosabb egyéb paraméterek:

- agyag-iszap tartalom: $S_{0,063}$
- egyenlőtlenségi mutató: C_u
- görbeségi mutató: C_c

A fenti paraméterek kiemelten fontosak a tervezés során a következőkben:

- talajok minősítése földműanyagként való alkalmazás esetén (C_u , $S_{0,063}$),
- talajok tömöríthetőségének osztályba sorolása (C_u , C_c , $S_{0,063}$),
- talajok vízvezető képességének minősítése (D_{10}^* , D_{30}^* , D_{60}^* , $S_{0,063}$)
- szemeloszlás jellemzése (C_u , C_c , $S_{0,063}$),
- folyósodásra való hajlam megítélése (C_u),
- talajok minősítése fagyveszélyesség szempontjából.

* Az adott százalékhoz tartozó szemcseátmérő.

A szemeloszlás vizsgálat eredményei alapján közvetett módon meg lehet határozni a talaj vízáteresztőképességi együtthatóját is a fentebb megjelölt paraméterek segítségével például Hazen, Beyer, Terzaghi, vagy Zamarin módszerek segítségével, melyek közül Magyarországon a Zamarin módszerrel történő meghatározás a legelterjedtebb.

Konzisztencia határok meghatározása (MSZ EN ISO 17892-12)

A **konzisztencia határok** a folyási, a sodrási és a zsugorodási határok összefoglaló neve (lásd még Atterberg határok).

Az MSZ EN ISO 17892-12 szabvány a konzisztencia határok közül csak a folyási és a sodrási határok meghatározását tartalmazza.

A folyási és a sodrási határok meghatározását elsősorban a finom szemcséjű talajok azonosítására, megnevezésére használjuk, de ezen kívül is számos hasznos információval szolgálnak a vizsgálatból nyert adatok a geotechnikai tervezéshez.

A vizsgálat eredményeként kapott paraméterek:

- folyási határ: w_L
- sodrási határ: w_p
- plasztikus index: I_p
- konzisztencia index: I_c

A fenti paraméterek az alábbiakban nyújthatnak nagy segítséget:

- talajok minősítése földműanyagként való alkalmazás esetén (I_p),

- talajok tömöríthetőségének osztályba sorolása (I_p),
- finom szemcséjű talajok osztályozása (I_p),
- finom szemcséjű talajok állapotának minősítése (I_c),
- talajok minősítése fagyveszélyesség szempontjából (I_p),
- térfogatváltozási hajlam meghatározása* (I_p),
- folyósodásra való hajlam megítélése (C_u).

* A minősítéshez zsugorodási, vagy duzzadási vizsgálat is szükséges.

Ezeket túl a plastikus index és a konzisztencia index közvetett módon segítséget nyújthat a talajok szilárdsági jellemzőinek közelítő meghatározásához is az alábbiak szerint:

- Belső súrlódási szög közelítő meghatározása táblázatból:
- Belső súrlódási szög közelítő meghatározása képlet segítségével:

$$\phi = (30 - 0,4 \cdot I_p)$$

- Kohézió közelítő meghatározása grafikon alapján:

dr. Farkas József – Czap Zoltán, ALAPOZÁS Gyakorlati útmutató
(Műegyetem Kiadó, 2001.)

- Összenyomódási közelítő meghatározása a Kopácsy-féle összefüggés segítségével:

$$E_s = I_c \cdot (16 - 0,2 \cdot I_p) \text{ [MPa]}.$$

8.2. Áteresztőképességi vizsgálatok

Az **áteresztőképességi** vizsgálatok eredményeként a talajok vízáteresztőképességi együtthatóját kapjuk, ami rendkívül fontos alapadatt a konszolidáció számításokhoz, a talajvíz-áramlás vizsgálatokhoz, illetve a víztelenítések tervezéséhez.

Az együttható meghatározása több laboratóriumi módszer segítségével is lehetséges, mely módszereket az előző fejezetben részleteztünk. Fontos azonban megjegyezni, hogy az alkalmazott vizsgálati módszertől függetlenül a vízáteresztőképesség pontos meghatározása, és annak használata egy geotechnikai modellben a legbizonytalanabb feladatok közé tartozik. A vizsgálati és a számítási eredményeket is ennek tükrében kell mindig értékelni.

8.3. Alakváltozási paraméterek vizsgálata

Ödométeres vizsgálat (MSZ EN ISO 17892-5)

Az **alakváltozási paraméterek** vizsgálatának fő módszere az ödométeres vizsgálat lépcsőzetes terheléssel, bizonyos esetekben a terhelési lépcsők között tehermentesítéssel.

A vizsgálat számos, a geotechnikai modellezésekhez és számításokhoz közvetve és közvetlenül használt fontos paraméterrel és adattal szolgál:

- összenyomódási modulus: E_{OED} (adott feszültségtartományra),
- kompressziós index: C_c ,
- kompressziós merevségi index: S_c ,
- konszolidációs tényező: c_v ,
- feszültség-alakváltozás görbe,
- függőleges fajlagos alakváltozás,
- hézagtényező,
- telítettség,

Esetenként:

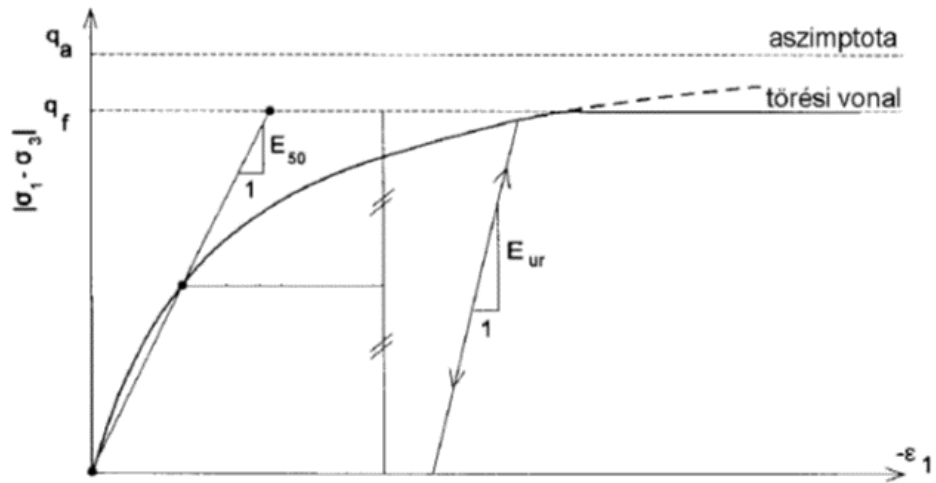
- tehermentesítés-újratelheléshez tartozó modulus: E_{UR} ,
- duzzadási index: C_s ,
- duzzadási merevségi index: S_s

Ezeket túl az ödométer egyéb, alakváltozási jelenségek és paraméterek vizsgálatára is alkalmas. Mérni lehet segítségével az agyagtalajok vízfelvétele esetén mutató duzzadási nyomást, vagy meghatározhatjuk segítségével a lösztalajok roszakadását, illetve a puha agyagok kúszása is mérhető.

Egyéb alakváltozási vizsgálat (Triaxiális, torziós nyírás)

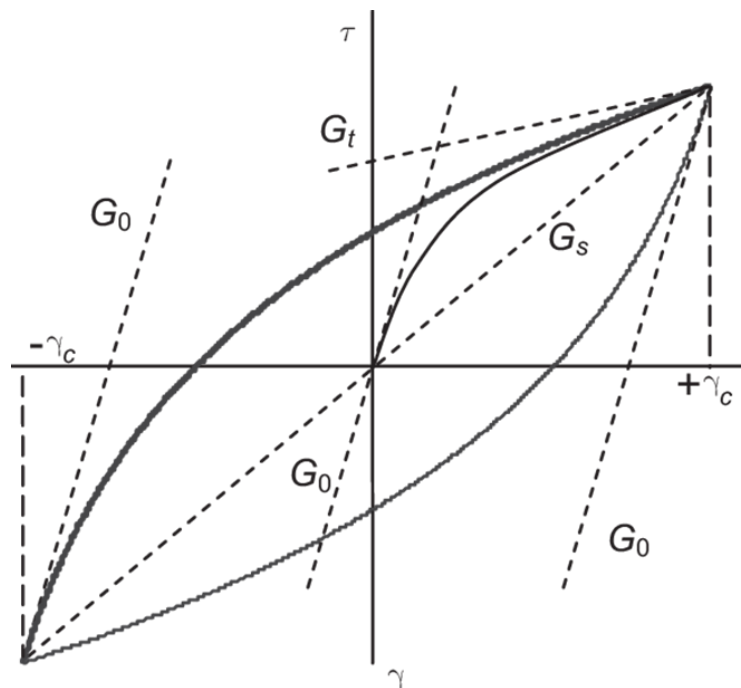
Az alakváltozási paraméterek egy részének meghatározására más, vagy más vizsgálatok is alkalmasak, ilyen vizsgálatok a triaxiális (statikus és dinamikus) és a torziós nyírás vizsgálatok, melyek segítségével meghatározhatók a következő paraméterek:

- az elsődleges deviatorikus terhelés okozta alakváltozáshoz tartozó rugalmassági modulus: E_{50} ,
- a tehermentesítés-újratelhelés okozta alakváltozásokhoz tartozó rugalmassági modulus: E_{UR} ,



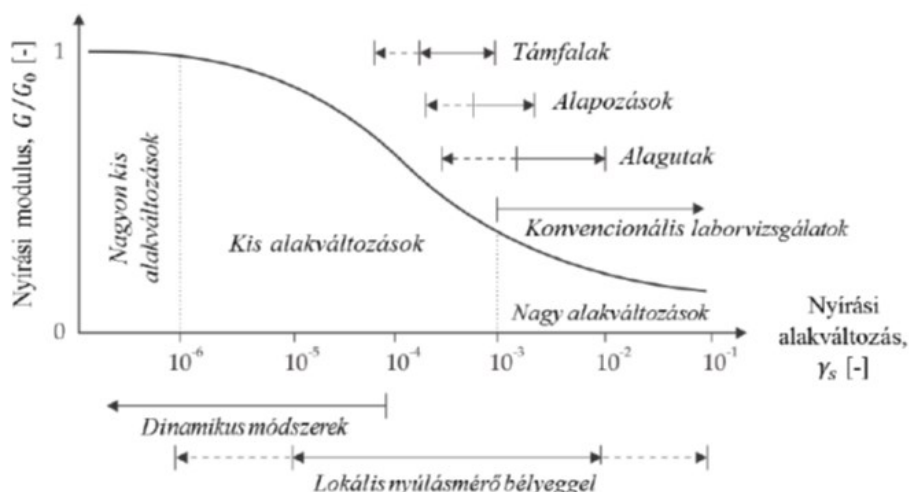
3. ábra – A talaj felkeményedő viselkedése deviatorikus feszültség hatására

- harántkontrakciós tényező (Poisson tényező): n ,
- nyírási modulus: G_0 ,



4. ábra – Hiszterézis hurok, a nyírási modulusok értelmezése

- nyírási alakváltozás: γ .



5. ábra – A nyírási modulus változása a nyírási alakváltozás szerint

8.4. Egyszerű nyírószilárdsági jellemzők vizsgálata

Az **egyszerű nyírószilárdság vizsgálatok**hoz az egyirányú nyomószilárdság vizsgálatot, az ejtőkúpos vizsgálatot és a közvetlen nyírást soroljuk.

Ejtőkúpos vizsgálat (MSZ EN ISO 17892-7)

Ezen vizsgálatok közül az **ejtőkúpos vizsgálat**tal zavartalan és zavart (átgyúrt) talajminták drénezetlen nyírószilárdságát (c_u) tudjuk meghatározni. A vizsgálati eredmények a drénezetlen nyírószilárdság becslésére alkalmasak, de a kiértékelésekor minden esetben célszerű figyelembe venni a szóban forgó talajjal kapcsolatos helyi tapasztalatokat, valamint a mintavétel és a nyírási vizsgálatok módszerének bizonytalanságát is.

Egyirányú nyomószilárdság vizsgálat (MSZ EN ISO 17892-8)

Az **egyirányú nyírószilárdság vizsgálat** gyakorlatilag a triaxiális vizsgálat egyszerűsített változatának tekinthető, hiszen nincs oldalnyomás (cellanyomás), csak felülről terheljük a mintát. Mivel nem mérhetjük a pórusvíznyomásokat, a vizsgálati eredmény csak a teljes feszültségek alapján értékelhető.

A vizsgálat főbb eredményei:

- feszültség – alakváltozás diagram,
- egyirányú nyomószilárdság: q_u ,
- drénezetlen nyírószilárdság: c_u

A vizsgálat során kialakuló törési sík (amennyiben látható) hajlásszögét lemérve becsülni lehet a belső súrlódási szöget, és ezt, valamint a mért nyomószilárdsági értéket felhasználva a kohézió számolható a következő összefüggésből.

$$q_u = 2 * c * \operatorname{tg}(45 + \phi/2)$$

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy az egyirányú nyírószilárdsági vizsgálattal meghatározott belső súrlódási szög, kohézió és természetesen az egyirányú nyomószilárdság is csak tájékoztató adatként értelmezhető, értéke nagyban függ például a terhelési sebességtől, ezért annak megválasztása rendkívül fontos.

Közvetlen nyíró vizsgálat (MSZ EN ISO 17892-10)

Az egyszerű nyírószilárdsági vizsgálatok közül a **közvetlen nyíróvizsgálat** szolgáltatja a leghasznosabb eredményeket. Ugyan kevesebb lehetőséget nyújt, mint egy triaxiális vizsgálat, de bizonyos esetben alkalmas lehet arra, hogy bemenő adatot szolgáltatson a geotechnikai modellezésekhez.

Az alábbi fő paramétereket határozhatjuk meg a vizsgálat során:

- kezdeti hízagtényező: e_0 ,
- hízagtényező a vizsgálat során: e ,
- nyírófeszültség: τ ,
- hatékony súrlódási szög: ϕ' ,
- hatékony kohézió: c' ,
- reziduális súrlódási szög: ϕ_r' ,
- reziduális kohézió: c'_r .

Meg kell jegyezni, hogy a közvetlen nyírás során sincs mód a pórusvíznyomás mérésre, ezért a vizsgálat a hatékony feszültségek alapján csak akkor értékelhető, ha a nyírás sebességét megfelelően határozták meg. Ennek pontos meghatározását a hivatkozott szabvány tartalmazza.

8.5. Triaxiális vizsgálatok (MSZ EN ISO 17892-8, MSZ EN ISO 17892-9)

A tervezéshez, a manapság a hazai gyakorlatban leginkább alkalmazott számítási módszerekhez, anyagmodellekhez a triaxiális vizsgálatok szolgáltatják a legtöbb, legfontosabb, legmegbízhatóbb paraméter. Ezen vizsgálatok a 3 dimenziós modellezések esetén megkerülhetetlenek.

Az előző fejezetben részletesen ismertettük a triaxiális vizsgálatok menetét, a vizsgálatok tervezési elveit. Ezért most csak a triaxiális vizsgálatok fő típusai alapján mutatjuk meg, hogy azok milyen eredményekkel szolgálnak, és azokat általánosságban mire tudjuk használni. A vizsgálatok közül a konszolidálatlan drénezetlen (és a konszolidált (vízzel telített talajon) vizsgálat szabványosított.

A konszolidálatlan drénezetlen vizsgálat eredménye a talaj adott állapotához tartozó drénezetlen nyírószilárdság meghatározása.

A konszolidált vizsgálatok az alábbiak lehetnek

- izotróp feszültségállapotban konszolidált minta drénezetlen vizsgálata (CIU),
- anizotróp feszültségállapotban konszolidált minta drénezetlen vizsgálata (CAU),
- izotróp feszültségállapotban konszolidált minta drénezett vizsgálata (CID),
- anizotróp feszültségállapotban konszolidált minta drénezett vizsgálata (CAD),

A vizsgálatok célja általában a talajok hatékony nyírószilárdsági paramétereinek meghatározása.

A hatékony nyírószilárdsági paraméterek mellett a vizsgálatok eredményeként a következőket kaphatjuk meg:

- kezdeti hézagtenyező: e_0 ,
- konszolidációs görbe,
- teljes függőleges feszültség (σ_1)
- hatékony függőleges feszültség (σ_1')
- teljes vízszintes feszültség (σ_3)
- hatékony vízszintes feszültség (σ_3')
- pórusvíznyomás-változás (Δu , drénezetlen vizsgálat esetén)
- függőleges alakváltozás (ε_1)
- fajlagos térfogatváltozás (ε_{vol})
- szekánsmodulus (E_{50}), ha meghatározása követelmény volt
- újratelhelési modulus (E_{ur}), ha meghatározása követelmény volt
- konszolidációs feszültségek,

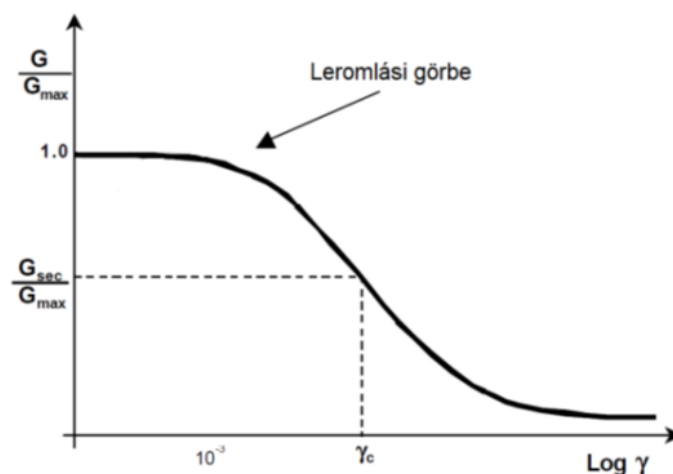
- alkalmazott törési kritérium,
- törés jellegét ábrázoló rajz vagy fénykép,
- konszolidáció alatti térfogatváltozás görbéje,
- nyírófeszültség, vagy a deviátorfeszültség a függőleges fajlagos alakváltozás függvényében,
- σ_1' a σ_3' függvényében,
- stb.

Lehetőség van telítetlen talajok nem szabványos vizsgálatára is triaxiális készülékben, azonban ezen vizsgálatok során számos felmerülő problémát meg kell oldani:

- abszolút negatív pórusvíznyomások, kavitáció
- a térfogatváltozás nem azonos a mintába belépő, illetve az ebből kilépő víz térfogatával
- a levegő és a víz fázisok elválasztása a fázisnyomások elkülönített mérése céljából.

Mindazonáltal számos olyan paraméter van a fejlett geotechnikai modellek esetében melyek laboratóriumi meghatározásához speciális, még nem szabványosított vizsgálatokra van szükség. Ezen vizsgálatok nagy többsége a triaxiális cellák segítségével, kisebb-nagyobb átalakítások, esetleges kiegészítő segédmérések segítségével valósíthatók meg az adott konkrét geotechnikai probléma megismerése mellett.

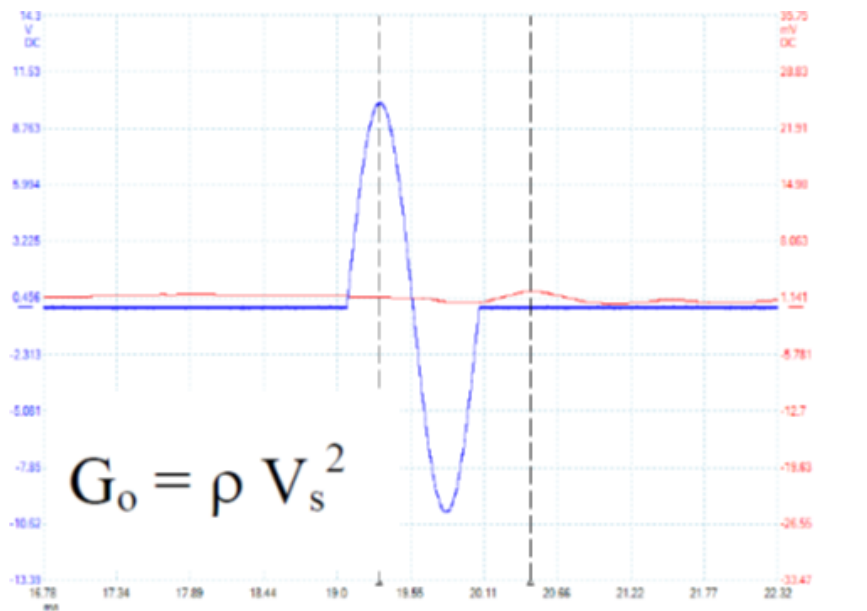
Ilyen vizsgálat például a ciklikus triaxiális vizsgálat, mely során kimérhetjük a nyírési modulust, a csillapítást vagy a Young modulust.



6. ábra – Leromlási görbe

De hasonlóan speciális vizsgálatnak tekinthető a Bender elementes vizsgálat, mely során egy triaxiális cellába helyezett próbatest egyik végébe szúrt piezoelektromos

lapka jeladó keltette nyíróhullám impulzus és a minta átellenes végébe helyezett azonos kialakítású jeltevő közötti út megtételéhez szükséges időt mérjük, így meghatározva a nyírási modulus értékét (G_0).



7. ábra – Ciklikus triaxiális vizsgálat egyik mérési eredménye

8.6. Egyéb vizsgálatok

Lineáris zsugorodás vizsgálat (MSZ 14043-4)

Lineáris zsugorodás vizsgálatot egyre kevesebb helyen végeznek, azonban rendkívül fontos paramétere a finom szemcséjű talajok térfogatváltozási hajlamának megítélése szempontjából, ami különösen alapozás és földműépítési szempontból jelentős.

Talajhenger rezonanciás teszt

Talajhenger rezonanciás teszt segítségével szintén kimérhető a nyírási modulus, a csillapítás vagy a Young modulus.

9. Összefoglalás a mindennapi geotechnikai gyakorlathoz

A megfelelő minőségű talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok a geotechnikai tervezés, modellezés egyik legalapvetőbb, kiemelt fontosságú alapját jelentik.

A gyakorlati munka megkönnyítése érdekében útmutatónkban összefoglaltuk a tevékenységre vonatkozó szabványokat, a geotechnikai feladatok kategorizálásának szempontjait, a talajvizsgálati jelentés feladatait a különböző tervfázisokban. Ismertettük a mintavételi kategóriákat a terepi munkák során és a talajminták minőségi osztályait.

Áttekintettük azokat a szempontokat, amelyek alapján a labor vizsgálati program összeállítható, külön tekintettel a bonyolultabb, geotechnikai modellezést is igénylő feladatokra. Valamint bemutattuk, hogy az egyes vizsgálati módszerek eredményeként milyen geotechnikai paramétereket kapunk eredményül, ezeket mire lehet használni közvetlenül vagy közvetve a tervezés, modellezés során.

10. Irodalomjegyzék

- [1] Műegyetemi Kiadó Farkas József - Czap Zoltán): Alapozás gyakorlati útmutató (Budapest, 2001.)
- [2] Műegyetemi Kiadó (Kabai Imre): Geotechnika I. (Budapest, 2001.)
- [3] dr. Szepesházi Róbert: Geotechnikai tervezés - Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján, Buisness Media Kft, 2008
- [4] Széchenyi István Egyetem, Szerkezetépítési Tanszék (dr. Szepesházi Róbert): Geotechnika (Győr, 2008.)
- [5] Plaxis 3D (2013): Material Models Manual, PLAXIS bv, Delft, Netherlands
- [6] Plaxis 3D (2013): Reference Manual, PLAXIS bv, Delft, Netherlands
- [7] MMK Geotechnikai Tagozata (Benák F. - Honti I. - Móczár B. - Sándor Cs. - Schell P. - Szilvágyi L. - Tóth G. - Tóth R. Wolf Á.): Segédlet az új, EC7 alapú geotechnikai dokumentációk tartalmi követelményeit betartó munkarészekhez a mérnöki és vizsgálati ráfordítások összeállításához, tervfázisonként (Budapest, 2015. június)
- [8] MMK Geotechnikai Tagozata Feladat Alapú Pályaműve (dr. Szepesházi R. - Honti I. - Schell P. - dr. Wolf Á. - dr. Mahler A. - dr. Szilvágyi Zs. - Lődör K. - dr. Móczár B. - Szepesházi A. - dr. Koch E.): Geotechnikai végeselemes modellezés (Budapest, 2018)
- [9] MSZ EN 1997-1: Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 1. rész: Általános szabályok
- [10] MSZ EN 1997-2: Eurocode 7: Geotechnikai tervezés. 2.. rész: Geotechnikai vizsgálatok

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

1.	NÉMETH András, MILÁVECZ Richárd	Iparban használatos vízminőségek
2.	SZILÁGYI Zsombor Dr, SZUNYOG István Dr.	Mérések a gáziparban
3.	BARNA Lajos Dr., EÖRDÖGHNÉ MIKLÓS Mária Dr., SZÁNTHÓ Zoltán, BALLA József Dr.	A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei
4.	BORBÁS Lajos Dr.	Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben
5.	BERENCSI Miklós, BEREZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFFY Krisztina	Kerékpárosbarát közlekedéstervezés
6.	TÜDŐS Tibor, VARJÚ György Dr., PETRI Kornél Dr., GÁBOR András	A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet)
7.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., VÁRADI András	Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal
8.	KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó	A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv

2018.

9.	BLAZSOVSZKY László	A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai
10.	CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UDVARDY Péter	Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga
11.	NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza	A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és utügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer
12.	SZILÁGYI Zsombor Dr., HORÁNSZKY Beáta	Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet)
13.	SZILÁGYI Zsombor Dr.	Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók
14.	S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté	Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével
15.	BALIKÓ Sándor Dr., CSÚRÖK Tibor Dr., NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, ZSEBIK Albin Dr.	Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
16.	DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor	Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet
17.	TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila	Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató

- | | | |
|-----|--|---|
| 18. | FENYVESI Zsolt | Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása |
| 19. | GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás | Nagyméretű informatikai beruházásoknál (fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet) |
| 20. | DIVÓS Ferenc Dr. | Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek |
| 21. | KARÁCSONYI Zsolt Dr. | Faanyagok tartós szilárdsága |
| 22. | BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula | Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez |
| 23. | ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András | Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye |
| 24. | JANCSÓ Béla, KULCSÁR Alexandra Dr., NÉMETH Gábor, VÍMI Zoltán Dr., DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső | Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján |
| 25. | TAKÁCS Bence Dr., SIKI Zoltán Dr., ÉGETŐ Csaba Dr., BÉNYI László | Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal |
| 26. | MÓCZÁR Balázs Dr., LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos | Korszerű támszerkezetek tervezése |
| 27. | HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán | Különböző funkciójú épületek klímatechnikája II. |
| 28. | KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint | Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata |
| 29. | GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz | Hőteljesítménymérési tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében |
| 30. | GARBAI László Dr., SÁNTA Róbert Dr., JASPER Andor Dr. | A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés |
| 31. | LADÁNYI Gábor Dr. | Diagnosztika a karbantartásban |
| 32. | MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András | KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018) |

2019.

- | | | |
|-----|---|---|
| 33. | BLAZSOVSZKY László | Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése |
| 34. | DR. SZILÁGYI Zsombor | A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon |
| 35. | FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEgger Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj. | Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén |
| 36. | VARRÓ Beáta, KIS András Dr. | Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával |
| 37. | MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György | Munkatér határoló szerkezetek |

38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, BEZEGH András Dr.	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására
40.	BEZEGH András Dr., BITE Pálné Dr., GERGELY Edit	Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)
41.	GÓDOR Balázs, KÁSA László Dr., SZÉKELY Bence	Híddaruk méretezési segédlete (2019.)
42.	FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert	Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban
43.	KARÁCSONYI Zsolt Dr.	Faanyagok tartós szilárdsága Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében
44.	BALIKÓ Sándor Dr., ORBÁN Tibor, VARGA Péter, ZSEBIK Albin Dr.	Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
45.	PRIMUSZ Péter, PhD.	Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével
46.	NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért	Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III. Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése
47.	JANCSÓ Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László	Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket
48.	DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert	Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban
49.	JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit	Sebességcsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon
50.	ZSEBIK Albin Dr., NOVÁK Dániel	Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai
51.	MÓGA István Dr.	Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása
52.	GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe) I. kötet: Koncepció és modell II. kötet: Modell illesztése III. kötet: Tudástár
53.	VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila	Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban

2020.

54.	KISS Jenő Dr., CSERMELY Gábor	JAVASLAT az egyszerű bejelentésű lakóépület megvalósításának – tervezés építés – módszerére
55.	SZILÁGYI Zsombor Dr.	A hidrogén a környezetbarát energiahordozó, Hidrogén az energetikában
56.	VARGA Tamás, SZEDENIK Norbert Dr., KOVÁCS Károly Dr., KRUPPA Attila, KULCSÁR Lajos, KAPITOR György, TURI Ádám	A nem norma szerinti villámvédelem egységes műszaki követelményrendszerének kialakítása és javaslat a teljes villámvédelmi szabályrendszer jövőbeli egységesítésére
57.	KÁDI Ottó	A gyalogsközlekedés közúti keresztezései
58.	MOLNÁR Szabolcs	„Hulladékból konnektorba” A települési szilárd hulladék energetikai hasznosításának lehetőségei
59.	VÁRDAI Attila	Segédlet szabadidős létesítmények tartószerkezeti tervezéséhez
60.	BEJÓ László Dr.	Szénlábnyom-elemzés készítése a faiparban
61.	JANCSÓ Béla, NÉMETH Gábor, SZIMANDEL Dezső	Szakmai útmutató vízilétesítmény tervezők számára a 2020 január 1-én hatályba lépett „VIZEK keretrendszer” használatához
62.	FELLEGI Zsóka, KARAFI Balázs, KOCH Edina, KOVÁCS Gábor, MURINKÓ Gergő, TÓTH Gergely József	Munkagödrök és földművek víztelenítése
63.	HOLÉCZY Ernő, OLÁH Róbert, SIKI Zoltán Dr., TAKÁCS Bence Dr., TÓTH Zoltán Dr., VARGA Tibor	Módszertani útmutató az elavult ingatlan-nyilvántartási térképek korszerű technológiákkal végzett felújításához
64.	GÁBORI László Dr., MOLNÁR Bálint Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	Az Informatikai Tervező tervezési segédlete
65.	NÁDASDY Tamás, TOMASCHEK Tamás, PALÁSTY István, SZECSŐ Dániel Géza	Dinamikus forgalomirányítás tervezői segédlete gyorsforgalmi úthálózat esetén
66.	LENGYEL István	Szakmai útmutató szolgalmi jogok alapításához (mérnöki segédlet)
67.	NÉMETH Balázs, SZLOVÁK Krisztián, VÍGH Gellért	Épületgépészeti tervezéshez praktikus, gyakorlati adatbázis
68.	FÜRJES Andor Tamás, BORSINÉ Arató Éva, NAGY Attila Balázs, ILLYÉS László, BORSI Gergely	Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban (példatár)
69.	BORBÁS Lajos Dr., GONDA Zoltán	Optikai feszültségvizsgálat – Kísérleti eljárás a konstrukció fejlesztésére, szerkezetek anyagfelhasználásának és teherviselésének optimalizálására

2021.

- | | | |
|-----|---|--|
| 70. | BLAZSOVSZKY László | A gázipar és a kéményseprő-ipar határterületeinek szabályozási anomáliái a szakmagyakorlók és a felhasználók szemszögéből |
| 71. | FORGÁCS Lajos Dr., NAGY Gábor, RÉV Zoltán | Kórháztervezés új szempontjai a 21. században - Korszerű kórházak infrastrukturális egységei |
| 72. | HOLÉCZY Ernő, KISS Albert Miklós, KOVÁCS István, TAKÁCS Bence Géza Dr., TÓTH Zoltán Dr. | M.2.-2021. Mérnökgeodéziai tervezési segédlet |
| 73. | BEJÓ László Dr. | Az ipar 4.0 alkalmazási lehetőségei a faipar területén |
| 74. | BORBÉLY Dániel, HUDACSEK Péter, KARNER Balázs, KOVÁCS László, SÁNDOR Csaba | Monitoring, a geotechnikai kockázatkezelés eszköze |
| 75. | FELFÖLDI Krisztina, JÁMBOR András, TÓTH Sándor, BÜKI Gábor, GÓDOR Balázs | Emelőgépek időszakos vizsgálatának eljárásrendje |
| 76. | GYURKOVICS Zoltán, RÉBAY Lajos, NAGY Bernát | Szakmai útmutató az épületgépész felelős műszaki vezetők és műszaki ellenőrök számára |
| 77. | ZSEBIK Albin Dr., NOVÁK Dániel, PAPP Ábrahám | Hulladékhő hasznosítás - hűtés és fűtés összekapcsolása
Segédlet az elemzéshez és gyakorlati példák bemutatása |
| 78. | CZINE Ferenc, HIRKÓ György | Elektromos meghajtású mikromobilitási eszközök - Jellemző paraméterek |
| 79. | KALMÁR Tamás, LÁNYI Péter Dr., HÓZ Erzsébet | Kerékpárút hálózatok vizsgálata a fejlesztések és úthasználók tapasztalatai alapján |
| 80. | VARGA Tamás, FARKAS Péter János, TOKODY Dániel Dr., ZSARNOVSZKI Attila, MÉSZÁROS Tamás, VERESS Árpád | Építményvillamossági tervezés robbanásveszélyes környezetben |
| 81. | VONA Márton Dr., BALATONYI László Dr., TÉCSŐY István | Dombvidéki víz visszatartás, kisvízfolyások szabályozása természet közeli megoldásokkal
Kisléptékű vízvisszatartás, kistelepülés-léptékű vízmegtartó megoldások |
| 82. | ZANATHY Valéria, BUZÁS Györgyi, TÓTH László | Acélszerkezetek korrózió elleni védelme – Acélszerkezetek korrózió elleni védelmére vonatkozó szabványok, előírások, szakmai tapasztalatok összefoglalása |
| 83. | JÓZSA Bálint, DOHÁNY Máté | DDI, avagy a fordított gyémánt csomópontok vizsgálata és magyarországi alkalmazhatósága |
| 84. | SZÉPSZÓ Gabriella, ALLAGA-ZSEBEHÁZI Gabriella, LAKATOS Mónika, SZENTES Olivér, TAKSZ Lilla, SELMECZI János Pál, CZIRA Tamás Dr., CSÓKA Gergely, BAKA György | Éghajlatvédelmi vizsgálatok módszertana és az azt megalapozó adatbázisok alkalmazása |
| 85. | ZSIGMONDI András, MARIÁN Gábor, WÉBER László | A műszaki egyenértékűség és helyettesítő termék egyenértékűségének megállapítási módjai |
| 86. | NAGY János, HORVÁTH Rita, KAPITOR György, MERTLI Ferenc, | Világítástechnika - segédlet az EKR dokumentáció készítéséhez – Alapismeretek és mintapeldák |

PAPP Ábrahám, SITKU György,
ZSEBIK Albin Dr.

87. CSENDES János, VELLER Tamás Épületautomatika – Összefüggésben az
Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszerrel

2022.

88. FÖLDI László József Dr., BERENCSI Bence Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében
89. SZILÁGYI Zsombor Dr., VADÁSZI Marianna Dr. Irányelv új földgáz- és villamos energia szerződéskötéshez
90. MÓCZÁR Balázs Dr., CSORBA Gábor, GRITSCH Ákos, KRISTON Gábor, MIHUCZ Tibor, SZENDEFY János Dr., SZILÁGYI Katalin Segédlet ipari padlók geotechnikai és statikai tervezéséhez, kivitelezéséhez
91. FELFÖLDI Krisztina, GÓDOR Balázs, NAGY Pál, RADVÁNYI G. Levente G-D-36 Tanúsítvány kiadásához kompetencia-követelmények kidolgozása
92. BUZÁS Zoltán, KÁLMÁN Miklós, BÖLSEI Tamás, LUKÁCS Tamás A tervdokumentációk tartalmi és formai követelményeinek átdolgozása, különös tekintettel a Hír-Közmű bevezetésére. A Tervezés, Engedélyezés, Kivitelezés segédlet módosítása (92./1-2-3.)
93. SIKI Zoltán Dr., CSEMNICZKY László, HOLÉCZYNÉ KAJTÁR Dóra, LEHOCZKY Máté, RÉPÁS Zoltán, TÓTH István Szakmai útmutató digitális tervezési alaptérképek készítéséhez. A minőségi mérnöki munka segítése, a jó gyakorlat bemutatása, javaslat a térképek rétegszerkezetére és az alkalmazandó jelkulcsokra
94. CSERMELY Gábor, TÓTH Péter Szakmai útmutató a magasépítési kivitelezési munkák minőségellenőrzésére
95. MARIÁN Gábor, ZSIGMONDI András Az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárása – Szakmai ajánlás az építési beruházások műszaki átadás-átvételi eljárására
96. BARNÁ Sándor, MOLNÁR Tibor Dr. Segédlet az AERMOD view szoftver használatához a légszennyező anyagok terjedési modellezéséhez
97. BAKA György A talajnak, mint természeti erőforrásnak a védelme a beruházások megvalósítása során
98. BLAZSOVSZKY László A gázipari szakmagyakorlók megváltozott felelőssége, hatásköre és a mindennapok gyakorlatának anomáliái a megváltozott jogszabályi környezetben
99. FÜRJES Andor Tamás Elektroakusztika elméleti és gyakorlati áttekintés
100. RÁCZ Tibor, KUN Csaba, BALATONYI László Dr. ITVT Integrált Települési Vízgazdálkodási Terv tervezési segédlet

2023.

101. SZILÁGYI Zsombor Dr., BLAZSOVSZKY László Az energiahordozók jövője
102. BLAZSOVSZKY László Szakmai útmutató felhasználási helyek gázellátását biztosító elosztóvezeték leágazásának létesítéséhez
103. ÁKOSHEGYI György Dr., BORBÉLY Tibor, DIÓS András, EÖRDÖGH Zolt Medencés fürdők vízgépészeti tereinek tervezési szempontjai

104.	KISS Jenő dr., METZING Ferenc dr., CSERMELY Gábor, dr. HEGYI Dezső, KÖNCZÖL Gyula, DEZSŐ Zsigmond	Szakmai Útmutató az épületek, épületszerkezetek bontásához
105.	MÓGA István Dr.	Atomerőművi alapok
106.	BAK Edina, FEJES Gábor, HONTI Imre, HUDACSEK Péter, SCHELL Péter	Talajmechanikai laboratóriumi vizsgálatok, azok megtervezése és eredményeinek felhasználása a geotechnikai tervezői gyakorlatban
107.	EGRI Sándor, BUZÁS Zoltán	AutoCAD alapon készített tervdokumentációkból EHO szerinti XML fájl készítése (objektumsablon készítése)
108.	BONDOR Gabriella, CSORDÁS Szilveszter, KANOSIK Ilona, PÓLYA Endre, VARJÚ József	Szakmai ismeretek a jogosultsági vizsgára
109.	KAKUK Ilona	Az Informatikai Tervező Szakmai Útmutatója (109./1-2-3.)
110.	GIORIS Nikolaos, MENYHÁRT István Zsolt, OLÁH Róbert, TAKÁCS Bence dr., VASS Imre	Digitális mellékletek készítése az M.2 (2021.) mérnökgeodéziai tervezési segédlethez
111.	ZSIDAI László Dr., SARANKÓ Ádám Dr., SZABÓ Péter	Az additív technológiák terméktervezési és technológiai sajátosságai
112.	REINIGER Róbert, BARNA Sándor, BITE PÁLNÉ DR. PÁLFFY Mária, MIHICS Dalma, PINTÉR István	A Li-ion alapú akkumulátor, illetve akkumulátor részegység gyártás környezetvédelmi hatósági engedélyezésének környezetvédelmi alapkövetelményei - Szakmai segédlet környezetvédelmi szakértők, illetve hatósági eljárási szereplők részére
113.	TOKODY Dániel Dr., SCHOTTNER Károly, HADDAD Richárd, ADY László, ÁGOSTON Gergő, DRABIK Gergő, HAN Xiaoping, CSAPÓ Dániel, SZŰCS Marcell, FELHŐS Dávid Dr.	Napelemes rendszerekkel együttműködő energiatárolók létesítése
114.	GYIMESI András Dr., BOHÁCS Gábor Dr., SÜLLE Miklós, GÓDOR Balázs	Építőgépész mesteriskola tantárgyi felépítés és a hozzá kapcsolódó tematika kidolgozása
115.	BOROS János	Az atomerőművi rendszerek és rendszerelemek tervezésénél figyelembe vett elvek összefoglalása
116.	PRIMUSZ Péter Dr.	Hajlékony útpályaszerkezetek szükséges erősítőrétégének meghatározása roncsolásmentes teherbírásmérés alapján