



A mésszel stabilizált talajok teherbírásának tartóssága, fagyállósága

Szendefy János¹, Vámos Máté¹

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Geotechnika és Mérnökgeológia Tanszék

E-mail: szendefy.janos@epito.bme.hu

KIVONAT

A talajkezelések során rövid és hosszú távon lehet javítani a talajok mechanikai tulajdonságait. A talaj típusától és a hozzáadott mész mennyiségétől függ, hogy talajjavítást vagy talajstabilizációt végzünk. A talajstabilizációk tartósságának fontos mérőszáma, hogy az elnedvesedéssel és a fagyhatással szemben milyen mértékben romlik le a teherbírása. Laboratóriumi vizsgálatok készültek a mésszel stabilizált talajok teherbírásának tartósság-vizsgálatára, ami mellett bemutatásra kerülnek az erre vonatkozó szakirodalmi adatok és példák is. A kutatási eredmények alapján a hazánkban található felszínközeli gyenge teherbírású és fagyérzékeny talajok mésszel hatékonyan stabilizálhatóak.

Kulcsszavak: alacsony energiatartalmú aszfaltkeverék, környezettudatos aszfaltgyártás, LEA

1. BEVEZETÉS

A talajstabilizációk készítése során a legfontosabb, hogy a talajfizikai paramétereknél elért pozitív változások fenntarthatóak legyenek. A velük szemben támasztott követelményeket a tervezett szerkezet élettartamáig el tudják látni, funkciójukat a változó időjárási viszonyoktól függetlenül be tudják tölteni. Talajstabilizációt általában nagy felületű földmunkáknál (ipari padló és parkoló) vagy vonalas létesítményeknél (út és vasút) alkalmaznak. A pályaszerkezet, kültéri burkolatok és lemezek alátámasztását a földmű felső, javított rétegével biztosítjuk, fagyvédő és teherbírásjavító rétegnek, illetve ágyazatnak hívjuk. Alapvetően durvaszemcsés anyagból (homokos kavics, zúzottkő) készülnek, mivel ezeknek az anyagoknak a teherbírása vízre nem érzékeny, nedvesség hatására legfeljebb kis mértékben csökken; bennük jégencse képződés nem jellemző, így a tavaszi olvadások során is megfelelően alá tudják támasztani a szerkezeteket. Amennyiben ezeket a rétegeket helyi anyag stabilizálásával szeretnénk kiváltani, úgy a stabilizációk tervezésénél a legfontosabb, hogy azok a vízzel és a fagyhatással szemben ellenállóak legyenek, annak hatására ne veszítsék el teherbírásukat.

2. TALAJOK ÉS STABILIZÁCIÓK FAGYVESZÉLYESSÉGE AZ ÚT 2-1.222 SZERINT

A talajokat fagyveszélyesség szempontjából hazánkban az ÚT 2-1.222 Útügyi Műszaki Előírás sorolja kategóriákba. A magasépítési szabványokban, előírásokban nem található ehhez hasonló csoportosítás, így a lemezek tervezése esetén is erre támaszkodva járnak el a szakemberek.

Az Előírás alapvetően a kapilláris felszívás miatt kialakuló jégencse képződést veszi figyelembe a kategóriába soroláskor, ezért fagyállónak minősíti a nagy pórusokkal rendelkező durvaszemcsés anyagokat, amelyeknél a kapilláris felszívás alacsony, valamint a pórusszerkezet miatt a jégencsék kialakulása is limitált. A közepesen és a nagyon plasztikus talajokat fagyérzékenynek, míg a hazánk felszínét nagy részben fedő kissé plasztikus és átmeneti talajokat fagyveszélyes kategóriába sorolja.

A kategóriába sorolása alapvetően a szemeloszlás vizsgálat és plasztikus index vizsgálat alapján történik.

1. táblázat: Talajok minősítése fagyérzékenység szempontjából [Út 2-1.222 alapján]

A fagyveszélyesség minősítése	Megnevezés	A szemeloszlás jellemzői		A plastikus index, I _p , %
		0,02 mm-nél	0,1 mm-nél	
		kisebb szemcsék tömegszázaléka		
Fagyálló	homokos kavics	< 10	< 25	
	kavicsos homok			
	homok			
Fagyérzékeny	iszapos kavics	10 – 20	25 – 40	
	iszapos homok	10 – 15		
	sovány agyag			15 – 20
	közepes agyag			20 – 30
	kövér agyag			> 30
Fagyveszélyes	iszapos kavics	> 20	> 40	
	iszapos homok	> 15		
	homokliszt	< 10	> 50	< 5
	iszapos homokliszt	> 10		5 – 10
	iszap			10 – 15

A talajok mésszel történő stabilizálását követően a plastikus index $I_p=5-15\%$ közötti szűk tartományban esik, a folyási határ meghatározása sokszor nehézkes a szemcsés anyagokhoz használatos árkolóval, ezért a stabilizációk jellemzésére alkalmasabb a szemeloszlás görbe [Szendefy, 2009]. Ezért, ha a mésszel stabilizált talajok fagyérzékenységét az 1. táblázat szerinti szemeloszlás alapján vizsgáljuk, úgy az tapasztalható, hogy a meszezéssel egy vagy két kategóriával feljebb sorolhatók a talajok. Ennek bemutatására készült saját laboratóriumi vizsgálatok és szakirodalomban publikált adatok alapján a 2. táblázat.

2. táblázat: Talajok minősítése fagyérzékenység szempontjából [*-Kosztka, 2004; Szendefy, 2008]

Minta	I+A [%]	HL+I+A [%]	Fagyérzékenység
Bucsuta*	0%	15	fagyérzékeny
	kezelt	0	fagyálló
Rigyác*	0%	18	fagyérzékeny
	kezelt	0	fagyálló
Téglagyár*	0%	27	fagyveszélyes
	kezelt	18	fagyérzékeny
Kékagyag*	0%	38	fagyveszélyes
	kezelt	9	fagyálló
Komárom	0%	32	fagyérzékeny
	kezelt	2,5	fagyálló
Hajdúnánás	0%	66	fagyveszélyes
	kezelt	5	fagyálló
Visonta	0%	92	fagyveszélyes
	kezelt	16	fagyérzékeny
Leányfalu	0%	65	fagyveszélyes
	kezelt	2	fagyérzékeny

Az Útügyi Műszaki Előírás szerint a talajok fagyállóság szempontjából történő kategóriába sorolása a bemutatott talajazonosítás mellett más módon, például laboratóriumban vizsgált ásványi összetétel vagy a valóságot modellező vizsgálatok alapján is elvégezhető. Az ásványi összetétel vizsgálata során

azt mérik, hogy a fagyás szempontjából kritikus finom szemcsék ásványösszetétele a talajfagyás alatti víztartalom és térfogatnövekedés szempontjából nem vagy kevésbé veszélyes-e. A fagyhatás laboratóriumban történő modellezése esetén pedig vízfelszívást, térfogatváltozást és a fagyás hatására bekövetkező teherbírásnövekedést javasolt mérni.

3. LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK A MESZES TALAJSTABILIZÁCIÓ TARTÓSSÁGÁNAK ÉS FAGYÁLLÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATÁRA

A mésszel stabilizált talajok tartósságát és fagyállóságát az előző fejezetben bemutatott szemeloszlás vizsgálatok mellett további laboratóriumi vizsgálatokkal is alá kívántuk támasztani.

Ezek a laboratóriumi vizsgálatok kezdetekben az ÚT 2-3.207 Útügyi Műszaki Előírás szerint készültek, ami a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talajok fagyállósági vizsgálatát nyomószilárdsági értékek alapján végzi. A vizsgálat során 4 db különböző talajnál és három különböző mészadagolással 6-6 db próbahenger, azaz összesen 72 db minta készült. A vizsgálati eredmények és a vizsgálat alapján az volt tapasztalható, hogy ez a vizsgálati módszer inkább hidraulikus kötőanyaggal készült anyagok (betonszerű-folytonos anyag) vizsgálatára alkalmas, a diszperz talajszerkezetre kevésbé. A vizsgálati minták elkészítése, homogenitásuk biztosítása nehézkes. A tárolás során több minta megsérült, annak ellenére, hogy mechanikai hatás nem érte. Ezen hatások miatt a mérés jelentős részét nem lehetett elvégezni, a fennmaradóba is olyan bizonytalanságok kerültek, ami miatt kiértékelésüket és értelmezésüket nehézkesnek és megbízhatatlannak tartottuk.

A tapasztalatok alapján úgy véljük, hogy a mésszel stabilizált talajok a hidraulikus kötőanyagú stabilizációkhoz készült eljárásokkal nem jellemezhetők megfelelően, mivel a meszes talajstabilizáció csak kis részben hidraulikus kötőanyagú stabilizáció, mivel a fizikai paraméterekben mérhető javulás döntően a kationcserének köszönhető [Szendefy, 2013].

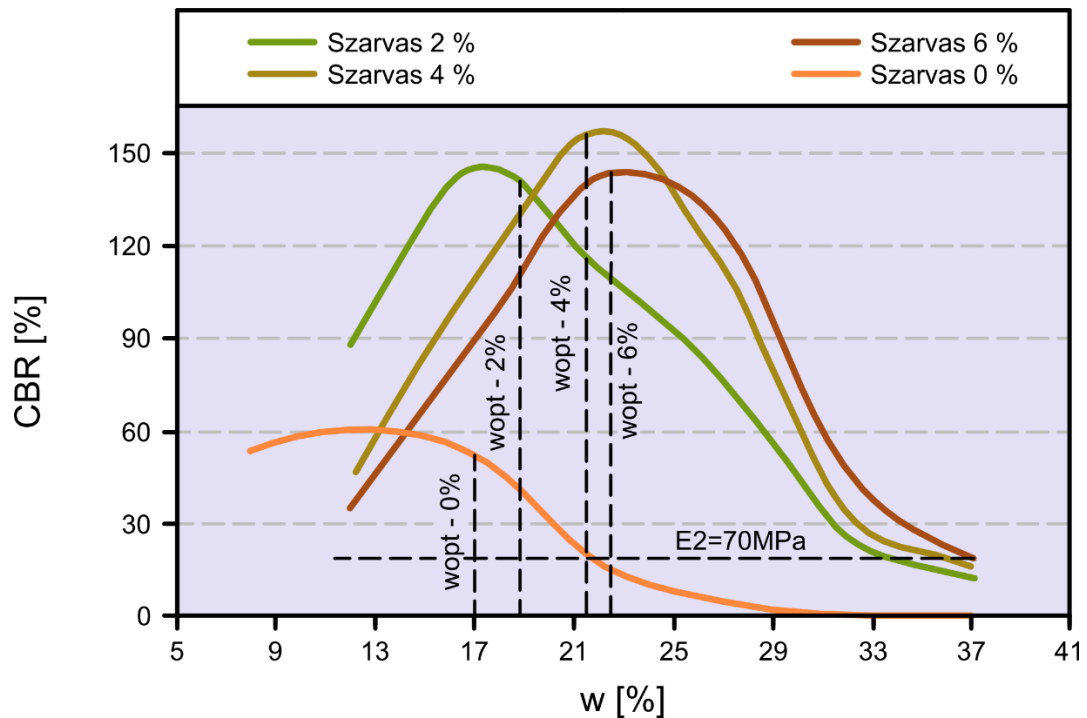
A fentiek megfontolása miatt a mésszel stabilizált talajok tartósságát és fagyhatással szembeni ellenállását más módszerrel célszerű vizsgálni. Hasonló problémák miatt a teherbírás vizsgálatoknál már korábban CBR vizsgálatok készültek az egyirányú nyomóvizsgálat helyett, így a tartóssági teszteknel is erre térünk át.

A vizsgálatok során a 4 db különböző típusú talaj, 6 különböző víztartalom mellett került összekeverésre 2 %, 4 % és 6 % örlött, égetett mész hozzáadásával. A talajok között homokos iszap, iszap, valamint közepes agyag és kövér agyag talajok szerepeltek, a víztartalmak rendkívül széles tartományba ($w=4,5-37\%$) estek, a konzisztencia index talajtól függően $I_c=0,36-2,84$ között változott.

A minta bekészítésekor a kimért mészmennyiség a beállított víztartalmú talajokhoz lett hozzákeverve, majd párazáró csomagolásban álltak 90 percet. Ez az idő a mész oltódásához szükséges, ami a térfogatváltozás miatt fellazíthatja, károsíthatja a mintákat. Ezt követően 5*55 ütést alkalmazva CBR edénybe tömörítve, 28 napig párazáró csomagolásban lettek pihentetve, amit 7 napos vízzel teli kádban állás követett. A továbbiakban 3 napig a fagyasztószekrénybe $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ba kerültek, majd további 24 órára vissza a víz alá. A vizsgálatok során összesen 144 db CBR teherbírás vizsgálat készült.

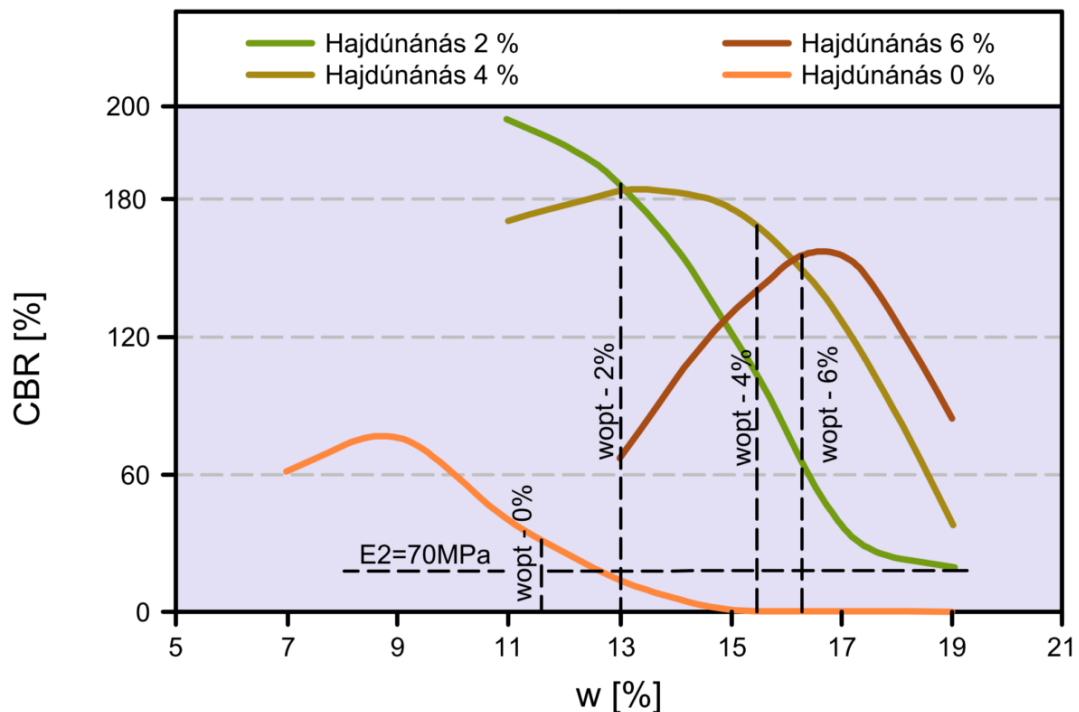
A minták vízfelvételében és a teherbírásában bekövetkezett változások a talajok kötöttségétől függetlenül hasonló jelleget mutattak, azonban az eltérő víztartalom értékek és nagy mennyiségű adat miatt egy ábrában nehezen szemléltethetők. A változások ezért az egyes talajok egy-egy kiragadott grafikonján keresztül kerülnek bemutatásra.

Az 1. ábrán a Szarvasról származó közepes agyag talaj CBR teherbírási értékei láthatóak 28 napos pihentetést követően. Az ábra vízszintes tengelyén a feltüntetett víztartalmak $I_c=0,55-1,55$ közötti tartományt fednek le.



1. ábra: Közepes agyag talaj CBR teherbírása a víztartalom és mészadagolás függvényében

A 2. ábrán egy gyengén kötött iszap talaj stabilizációja során mért eredmények láthatóak. A víztartalom változtatása miatt a konzisztencia index az előzőhöz hasonlóan $I_c=0,55-1,55$ közöttire adódott.



2. ábra: Iszap talaj CBR teherbírása a víztartalom és mészadagolás függvényében

Az ábra szemléletesebbé tétele érdekében piros vízszintes vonallal megjelenítésre került a CBR-ből számítható $E_2=70\text{ MPa}$ teherbírás érték is.

Az ábrán függőleges vonalak jelzik az egyes mésztartalom esetén a Proctor-görbékről leolvasható optimális víztartalom értékeit. Ez felhívja a figyelmet arra a problémára, amivel a kivitelezések során sokszor szembesülhetünk, hogy a termett talajok teherbírása a száraz ágon a legmagasabb, itt azonban nehezebben tömöríthetőek, míg a nedves ágon, ahol könnyebb a tömörítés az optimálistól már nagyon kis mértékű víztartalom eltérés esetén is rendkívül alacsony teherbírás tapasztalható. Ezzel szemben a mésszel stabilizált talajok esetén az optimális víztartalom közel egybe esik a teherbírás optimummal és gyakorlatilag bármilyen víztartalom mellett a szemcsés anyagokhoz hasonló teherbírás mérhető. A stabilizációk alacsony teherbírása csak száraz ágon tapasztalható, amikor betömörítésük is nehézkes, ezért kivitelezésük során gondoskodni kell a szükséges víz hozzáadásáról.

Az áztatás és fagyasztás során felvett víz mennyisége csak a CBR edény súlyának lemerésével került meghatározásra, a minta belsejében a víztartalom változást nem mértük. A mérések szerint a nedves oldalon beépített talajok vizet nem vettek fel, míg a száraz ágon beépítettek az alacsony ($S_{r,min}=31\%$) telítettség miatt 100-350 g vizet vettek fel. Ez az elenyésző vízfelvétel a teljes mintára vetítve 3-10 %-os víztartalom változást okozott, ami természetes talajok esetén már jelentős teherbírás veszteséget eredményezne, azonban a stabilizációknál ez nem volt tapasztalható. A stabilizálatlan talajok vízfelvételét nem lehetett mérni, mivel azok az áztatás hatására az edényekből „kiáramlottak”.

Az alacsony vízfelvétel több dolognak tulajdonítható. A mésszel stabilizált talajok, különösen a nedves ágon, morzsalékossá, rendkívül jól bedolgozhatóvá válnak, felületük jól eldolgozható, zárt felületet ad, mind a laboratóriumban, mind pedig a helyszíni munkáknál. A kötött talajokat felépítő finomszemcsék relatív nagy felülettel rendelkeznek, ezért nagy mennyiségű víz megkötésére képesek. Ez a vízfelvétel okozza tulajdonképpen a nyírószilárdság csökkenését, a teherbírás elvesztését. A meszes talajstabilizáció során lezajló domináns kémiai folyamatnak, a kationcserének köszönhetően bekövetkező koaguláció miatt a finomszemcse tartalom jelentősen lecsökken, mindemellett a talajszemcse felületének töltésmegváltozása miatt a talajszemcsék felületéhez a víz kevésbé tud kapcsolódni, ezért az anyag csak kis mennyiségű vizet vesz fel. [Szendefy, 2009]

Az alacsony vízfelvételre mutat helyszíni példát a laboratóriumban is vizsgált kövér anyag talaj fotói. Az erdészeti út próbaszakaszként készült 30 cm vastag talajstabilizáció két év elteltével is rendkívül száraz, kemény állapotú volt, ahogy azt a 3. ábra mutatja, szemben a 4. ábrán található stabilizálatlan talajjal, aminek magasabb víztartalmára a színe mellett a helyszíni konzisztencia állapota is utalt.



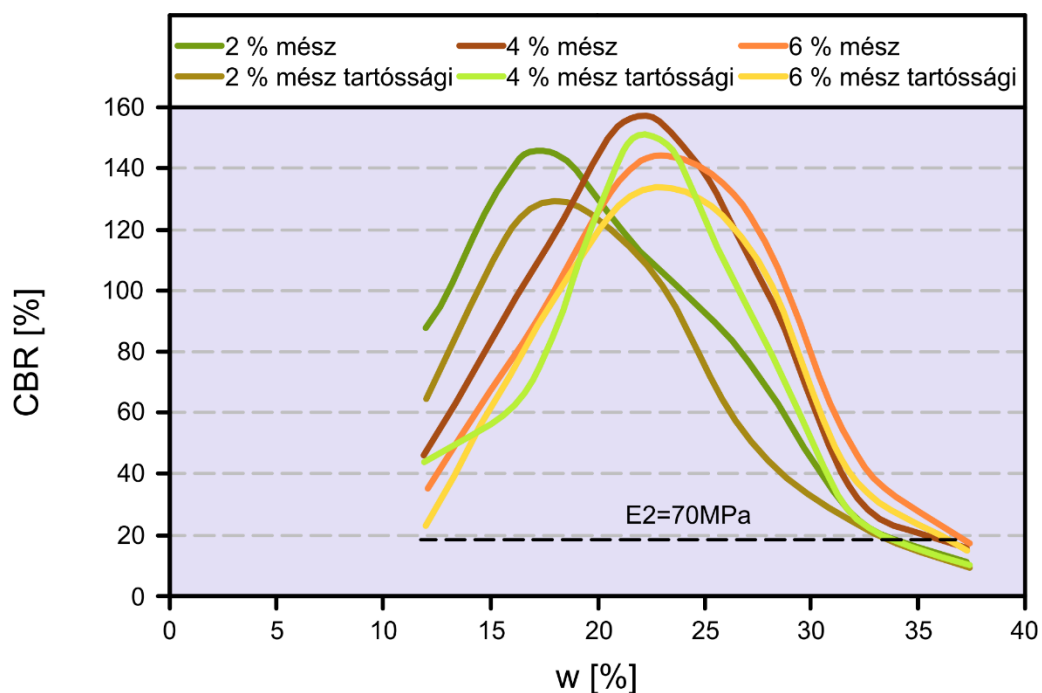
1. kép: Nedves kövér agyag talaj két évvel a beépítést követően



2. kép: Száraz mésszel stabilizált talaj két évvel a beépítést követően

A mésszel stabilizált talajok magas teherbírása azonban nem csak a stabilizációt követően volt tapasztalható, azon az áztatás és fagyasztás hatására sem következett be számottevő változás. Míg a normál talajok esetében a víz alá helyezett minták néhány nap múlva önmaguktól „kiáramoltak” az edényekből, addig a stabilizált minták esetében csupán a felszíni néhány milliméter vastag réget „feltáskásodása”, felpuhulása volt megfigyelhető. Az emberi érzékekkel tapasztalhatóak CBR mérésekkel kerületek számszerűsítésre.

A 5. ábra diagramjai szemléltetik, hogy a vízben való tárolás és a fagyasztás hatására milyen elenyésző teherbírás csökkenés volt mérhető a különböző víztartalom mellett stabilizált, 28 napig pihentetett minták teherbírásához képest. A szemléletesség érdekében a diagramon ismét feltüntetésre került az $E_2=70$ MPa értékű egyenes is.

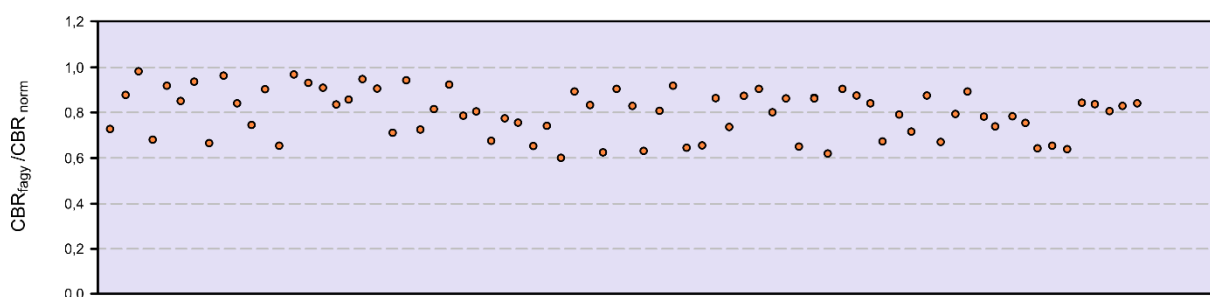


3. ábra: Mésszel stabilizált közepes agyag talaj teherbírása áztatás+fagyasztást követően és azt megelőzően

4. LABORATÓRIUMI MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE ÉS TARTÓSSÁG VÁRHATÓ ÉRTÉKÉNEK MEGHATÁROZÁSA

Víz és fagy hatására a durvaszemcsés anyagokban is tapasztalható leromlás. Az, hogy a stabilizációk esetében ez milyen mértéket ölt a 114 db CBR teherbírás mérés statisztikai értékelésével került számszerűsítésre. A tartóssági tesztek során mért teherbírás csökkenés az áztatás+fagyasztást követően mért teherbírás érték és a 28 napos teherbírás érték hányadosával kerül kifejezésre. A számított hányadosokat a 4. ábra mutatja.

A 5. és 6. ábrán látható teherbírás csökkenés értelmezésekor ismét megemlítjük, hogy az áztatás+fagyasztás hatására a minták felső, néhány mm vastag része feltáskásodott, fellazult, amit a mérések során nem tudtunk kiküszöbölni és emiatt az eredményeket korrigálni.



4. ábra: Teherbírás csökkenés mértéke áztatás+fagyasztás hatására

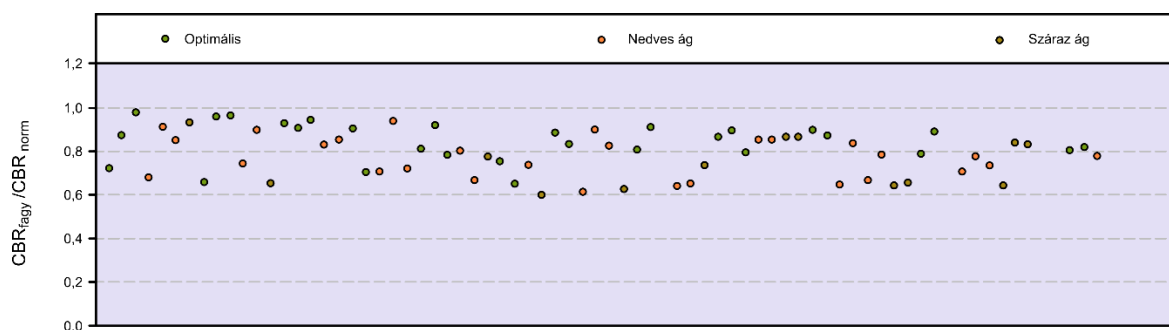
A statisztikai értékelés szerint az áztatás és a fagyasztás hatására a 4 különböző típusú talaj esetében vizsgált széles víztartalom tartomány mellett, 3 különböző mészsadagolást alkalmazva átlag 20 %-os teherbírás csökkenés volt mérhető a CBR értékekben. Az átlag 0,8 arányszámhoz 0,088 átlagos eltérés és 0,1 szórás tartozott.

Amennyiben az értékelést a CBR eredményekből számítható E2 értékekre végezzük el, úgy a teherbírás veszteség csak 14,2 %-ra, az átlagos eltérés 0,064, míg a szórás 0,076-ra adódik.

A korábbiakban már történt utalás, hogy már a laboratóriumi vizsgálatok során érezhető a bedolgozási víztartalom hatása. A Proctor-görbe száraz ágán lévő stabilizációk nehezen bedolgozhatóak, az anyag nem áll össze, így a tömörítés nehézkes, ami a teherbírási értékekbe is visszaköszön, míg a nedvesebb mintákkal „örömmel” dolgozni. Az ebből tapasztalható hatás értékelése érdekében meghatározásra került a teherbírás csökkenés mértéke a bedolgozási víztartalom optimálistól való eltérés alapján is. Az eredmények feldolgozásakor szétválasztásra kerültek az optimális víztartalom és az melletti első száraz és nedves ágon mért teherbírások, valamint a további nedves és száraz ágon kapott eredmények. Habár pontos statisztikai értékelés is készült a szétválasztott víztartalmak alapján, az 7. ábra színei jól mutatják a tendenciákat. A CBR mérési eredményeket figyelembe véve a zöld színű, optimális vagy ahhoz közeli víztartalom mellett bedolgozott stabilizációk leromlása tendenciózusan 0-20 % közötti, míg a száraz ágon bedolgozottaké inkább a 20 % vagy az feletti volt. A nedves ágon bedolgozott minták pedig vegyes értékeket adnak.

3. táblázat: Teherbírás csökkenés mértéke áztatás+fagyasztás hatására a bedolgozási víztartalom alapján szétválasztva

	CBR értékre vonatkoztatva			E ₂ értékre vonatkoztatva		
	száraz ág	optimum	nedves ág	száraz ág	optimum	nedves ág
Átlag	0,73	0,85	0,78	0,81	0,90	0,84
Szórás	0,11	0,08	0,09	0,08	0,06	0,07



5. ábra: Teherbírás csökkenés mértéke áztatás+fagyasztás hatására a bedolgozás optimális víztartalomtól való eltérése alapján

A statisztikai értékelés elkészült a számítható E_2 értékekre is, az eredményeket a 3. táblázat mutatja be.

A stabilizációknál mért leromlásoknál fontos kiemelni, hogy a meghatározott értékeknél nem sikerült kiküszöbölni a laboratóriumban a felszíni „feltáskásodás” hatását, ami a valóságban a rákerülő rétegek hatására nem vagy csak csökkenten következik be. Emellett azt is, hogy az áztatás és fagyasztás hatására sem csökkent a stabilizációk saját modulusa $E_2=70$ MPa alá, még extrém bekeverési víztartalom mellett sem. Amennyiben a stabilizáció megfelelő mészadagolás mellett, $T_p \geq 95\%$ -os tömörségen kerül bedolgozásra, úgy a leromlással csökkentett teherbírás $E_2=165$ MPa értékben adható meg [Szendefy, 2009].

5. NEMZETKÖZI ÉS HAZAI TAPASZTALATOK A MESZES STABILIZÁCIÓ TARTÓSSÁGÁNAK ÉS FAGYÁLLÓSÁGÁNAK ALÁTÁMASZTÁSÁRA

A szakirodalom előszeretettel alkalmazza a laboratóriumi vizsgálatok során a kapilláris vízfelszívás hatására való tönkremenetel vizsgálatát is. Ekkor a tönkremenetelt sokszor szubjektív módon határozzák meg, ahogy tették azt a Nyugat-Magyarországi Egyetemen,

Dr. Kosztka Miklós: „a talajok vízállóságának megállapítása érdekében a próbatesteket vízbe állítva alulról telítettük és mértük a próbatest tönkremenetelének idejét... A vízbe állított kezelt és kezeletlen próbatesteket egyszerre, párhuzamosan figyelhettük meg. Ez biztosította, hogy az azonos állapotot elérő próbatesteket tekintettük tönkrementnek.” [Kosztka, 2004]. A hazai kutatáshoz hasonlóan mérték a stabilizációk kapilláris vízfelszívását és tartósságát az USA-ban is (8. és 9. ábra).

A laboratóriumi vizsgálatok szerint a mésszel kezelt talajok vízfelvétele a kezeletlen talajokéhoz képest elenyésző, annak hatására csak hosszú idő elteltével vagy egyáltalán nem megy tönkre.



6. ábra: Kapilláris vízfelszívás és tartóssági teszt az USA-ban I.



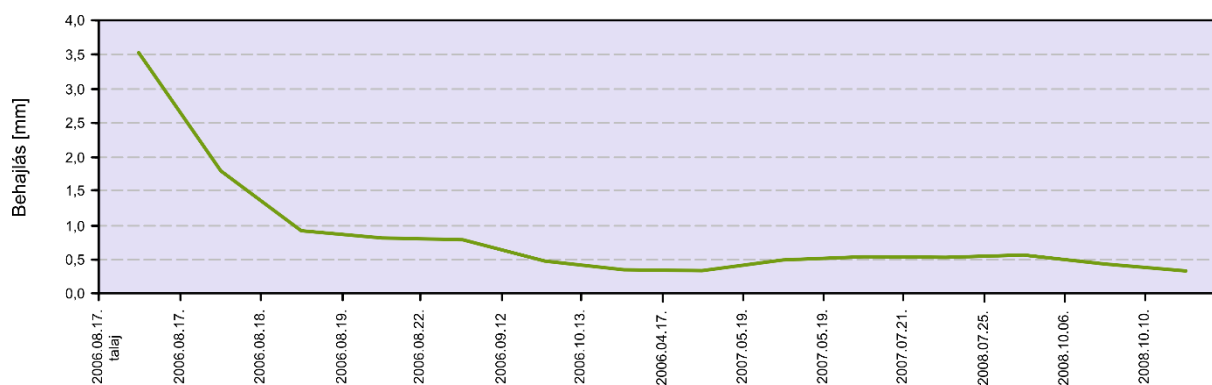
7. ábra: Kapilláris vízfelszívás és tartóssági teszt az USA-ban II.

A laboratóriumi mérések mellett több külföldi és hazai helyszíni példa vagy nagyminta kísérlet is igazolja a stabilizációk tartósságát.

„Az 1970-es években a mezőgazdasági és erdészeti utak pályaszerkezet tervezésének pontosítása érdekében három kísérleti út épült. Két kísérleti út épült fagyveszélyes kötött talajon a Német Demokratikus Köztársaságban, egy pedig Magyarországon fagyveszélytelen talajon. Az NDK-ban épült

kísérleti utak egyike alacsony talajvízállású (Bassdorf mellett), a másik magas talajvízállású (Kossdorf mellett) területen épült. ... a kísérleti úton 1971 tavaszán 20 000 db-ot meghaladó teheráthaladást teljesítettek. A veszélyes tavaszi időszakban terhelt úton sem a forgalomból, sem a fagy-olvadási periódusból az alap hibájára visszavezethető károsodást nem lehetett tapasztalni.” [Kosztka, 2004].

A cikk során bemutatott anyagok egyike a bánokszentgyörgyi erdészet területéről származik. Itt különböző pályaszerkezeteket vizsgált a NyME Soproni Erdőmérnöki Karának Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézete, amelyek közül az egyik az 1. képen is látható 5 cm zúzottkő szórás alatt 30 cm vastag mésszel stabilizált réteg volt. A próbaszakaszon a tervezett járatszámot – mesterséges forgalomként – fát szállító járművek közlekedése biztosította. A különböző időpontokban mért behajlasmérések adatsorát feldolgozó diagramot a 10. ábra mutatja.



8. ábra: Behajlasmérés a bánokszentgyörgyi stabilizált próbaúton

A 10. ábrán megfigyelhető a stabilizáció kezdeti fázisában domináns kationcsere gyors, közel egy hetes lefutási ideje, amit követően már csak a puccolán kötésből adódik esetleges teherbírás növekedés. [Szendefy, 2009]

Ezek mellett összegyűjtésre került néhány az USA-ban vagy a hazánkban korábban készült, jelenleg is használatban lévő (4. táblázat), károsodás és földmű leromlása nélküli stabilizáció, amelyek tartóssága bizonyítja, hogy a mésszel stabilizált talajok vízre és fagyra érzéketlenné válnak, azok káros hatásaival szemben megfelelően ellenállóak.

4. táblázat: Jelenleg is használatban lévő stabilizációk

Stabilizáció helyszíne	Építés óta eltelt idő [év]
US 45 autópálya	22
US 61 autópálya	20
US 82W autópálya	25
US 82E autópálya	25
Bánokszentgyörgy erdészeti út	7
Hatvani ipari csarnok	11
M0 autópálya	6
M7 autópálya	8
Békés megye alsóbbrendű utak	10
3. sz. főút	9

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A talajok mésszel való stabilizálása akkor tud a durvaszemcsés rétegekkel szemben hatékony alternatívaként megjelenni, ha a stabilizáció tartóssága garantált, a réteg a tervezett funkciót a tervezett élettartam alatt is el tudja látni. A stabilizációk gyakori alkalmazási körébe tartozó út, vasút, parkoló és ipari épületek padozatánál elvárt kritérium, hogy a stabilizált réteg a lehulló és beszivárgó csapadékvíz,

esetleg a talajvíz megemelkedése esetén is teherbíró maradjon, a ráépített burkolatban alépítményi problémára visszavezethető károsodás ne következzen be.

A hazai előírás fagyállóság szempontjából alapvetően a szemeloszlás szerint sorolja kategóriákba a különböző talajokat. Amennyiben a mésszel stabilizált talajokat is csak ilyen módon kategorizálnánk, úgy nem feltétlenül sorolhatnánk azokat a fagyálló osztályba. A hazai és nemzetközi tapasztalatok azonban azt mutatják, hogy a mésszel stabilizált talajok kellően tartósak és fagyállóak is.

A tartósság és fagyállóság vizsgálatát ezért más módon is mérni próbáltuk. A mésszel stabilizált talajok a szabványok szerint jelenleg a hidraulikus kötőanyagú talajstabilizációk közé soroltak, amely előírások alapján végezhető vizsgálatok nem jellemzik megfelelően azt, ezért más típusú vizsgálatok elvégzése javasolt.

A tartósság és fagyállóság vizsgálata céljából CBR mérések készültek mésszel stabilizált talajok vízben és fagyasztószekrényben történő tárolását követően.

A vizsgálatok szerint a mésszel stabilizált talajok teherbírását a víz és a fagyhatás csak kis mértékben csökkenti, a stabilizációk vízérzéketlennek, fagyállónak minősíthetők. A kis mértékű teherbírás csökkenés egy része a minta tárolása miatti felületi romlásból adódik, ezért a statisztikailag kimutatott 20 %-os teherbírás csökkenés jelentős biztonságot tartalmaz.

A vizsgálatok rámutattak arra is, hogy a stabilizációk esetében is fontos szerepet játszik a bedolgozási víztartalom. A stabilizált anyag bedolgozás az optimális víztartalom közelében és nedves ágon hatékonyabb, tartóssága is kedvezőbb ilyen esetben.

A laboratóriumi vizsgálatokkal előkészített stabilizációk megtervezése során az anyag teherbírása CBR vizsgálattal megbízhatóan meghatározható. Megfelelő mészsadalaggal és bedolgozással a durvaszemcsés anyagokkal egyenértékű réteg építhető a helyi, építésre esetleg alkalmatlannak vélt talajok mésszel való stabilizálása esetén.

IRODALOMJEGYZÉK

Ács P.- Boromisza T. – Gáspár L.: Útépítési geotechnikai vizsgálatok, 1965, Útügyi Kutató Intézet 36 sz. Kiadványa

Biczók E.: Jelentés a mész-pernyés stabilizáció laboratóriumi vizsgálatairól, 1981, BME Geotechnikai Tsz.

Biczók E.: Mezőgazdasági utak stabilizálása, 1982, BME Geotechnikai Tsz.

Boromisza T.: A kötőanyag nélküli burkolatalapokról, 2004, Közlekedési és mélyépítési szemle 2. szám 25-31. old.

Bowles, J. E. : Engineering Properties of Soils and their Measurement, 1992

Gáspár L.: Talajstabilizálás I-II, 1959, Útügyi Kutató Intézet

Herrin, M. -Mitchell, H. : Lime-Soil Mixtures, 1961, Highway Research Board Bulletin No. 304

Johnson, A. M. : Laboratory experiments with lime soil mixtures, 1948, Transportation Research Record

Kézdi Á.: Stabilizált földutak, 1967, Akadémiai Kiadó – Budapest

Kosztka M.: Kutatási jelentés stabilizált erdészeti utakról, 2004, Sopron

Little, Dallas N.: Fundamentals on the Stabilization of Soil With Lime, 1987, Arlington

Qubain, Bashar S. – Seksinsky, Eric J. – Li, Jianchao: Incorporating Subgrade Lime Stabilization into Pavement Design, 2000, Transportation Research Record

Sussmann, T. R. – Selig, E. T.: Lime stabilization of railway truck subgrade, 1997, 6th International Heavy Haul Conference pp.:98-112.

Szabó M.: Kötött talajok teherbírás változása meszes talajstabilizálás hatására, 2008, Sopron, Diploma

Szendefy J.: A hazai talajok szerkezetének és teherbírásának változása meszes talajstabilizáció hatására, PhD értekezés 2009. BME

Szendefy J.: Impact of the soil-stabilization with lime, 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013. Paris

Wong, Daniel K.H.: A report on the Literature Search and the Review Phase of the Lime-Modified Clay Research Program, 1986,

ÚT 2-1.222 Utak és autópályák létesítésének általános szabályai

ÚT 2-3.207 Útpályaszerkezetek kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú alaprétegei

MSZ EN 13286-50 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 50. rész: Hidraulikus kötőanyagú keverékek vizsgálati próbatesteinek előállítási módszere Proctor-berendezéssel vagy vibroasztalos tömörítéssel

MSZ EN 13286-41 Kötőanyag nélküli és hidraulikus kötőanyagú keverékek. 41. rész: Vizsgálati módszer a hidraulikus kötőanyagú keverékek nyomószilárdságának meghatározására