

Építhetünk-e útalapot stabilizált talajból? Ha nem, akkor miért igen?

Can be used stabilized soil for road foundation? If not, then why yes?

drd. FÜLÖP Balázs–Csaba ¹, dr. prof. KÖLLŐ Gábor ²

¹S.C. Inreco Remix S.r.l., Str. Mureseni, Nr. 50, Marosvásárhely, Maros megye, www.inreco.ro

²Kolozsvári Műszaki Egyetem (UTC-N), str. Memorandumui, nr. 28,
Kolozsvár, Kolozs megye, www.utcluj.ro

Abstract

Recycling, reusing is becoming an increasingly important issue today. We engineers are responsible to our society for choosing the most suitable technology. The executed works greatly influences the environment and thereby the future of our own and our children. After the economical crisis, the designers and engineers started to think more and more ECO= Economic & Ecologic. Comparision the soil stabilization with changing the bad soil with a better one or with a gravel layer the concluzion is:

- *Less execution time*
- *Less material transported*
- *Less energy consumed*
- *Less impact on the environmet*

Kivonat

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az újra felhasználás, újrahasznosítás. Mi mérnökök, felelősséggel tartozunk a közösségünknek, azáltal, hogy a legmegfelelőbb technológiákat válasszuk. Az elvégzett munkálatok nagyban befolyásolják környezetünket, ezáltal a mi és gyerekeink jövőjét is. A gazdasági válság után úgy az építészek, mint a mérnökök egyre jobban kezdtek ECO= Economic & Ecologic (Gazdaságos & Ökológikus) módon gondolkodni. Összehasonlítva a talaj stabilizációt a gyenge talaj jobb minőségűre vagy homokos-kavicsra cserélésével a következőket vonhatjuk le:

- *Kevesebb kivitelezési idő*
- *Kevesebb szállítás*
- *Kevesebb felhasznált energia*
- *Kevesebb hatás a környezetre*

Kulcsszavak: talajkezelés, talajstabilizáció, recycling, ECO, jövő

1. ÚTALAP ÉPÍTÉSE ÉS TERVEZÉSE

Minden út típusú építmény két fő összetevőből áll: földmű és útpálya szerkezet. A földmű magába foglal minden ásást és építő jellegű munkát, egészen a javító rétegekig. Minden rétegnek megvan a maga szerepe és fontossága, de nem befolyásolja az útpálya szerkezet tervezését teherbírás szempontjából, a javító réteget viszont számba veszik a fagyás-olvadás hatásának ellenőrzésében

Az útpálya szerkezetek esetén a különbséget a burkolat típusok adják, így megkülönböztetünk beton burkolatú utakat és aszfalt burkolatú utakat. Az útburkolat jellege meghatározza a teljes szerkezet jellegét is, így beszélünk merev és hajlékony útpálya szerkezetekről. Mindkét szerkezet esetén a leg alsó réteg, az útalap adja meg annak stabilitását és direkt módon befolyásolja a teljes szerkezet teherbírását.

Köszönhetően a C 196-86 [1] jelölésű szabványnak, amely a stabilizált talaj használatát írja le az ipari létesítmények alapozása esetén, ezen építményeknél sikerült felhasználni az útalap kialakításában is. Ez főleg annak köszönhető, hogy az itt használt merev útpálya szerkezet kialakítása nagyban hasonlít a padlóbeton szerkezetéhez, többnyire a beton típusa változik. Tekintve, hogy ezek mind magán befektetések, úgy a

tervezők, mint a befektetők nyitottak a megszokottól eltérő megoldásokra amennyiben az egy gazdaságosabb eredményhez vezet.

Az többször is bizonyítottan jó eredmények ellenére, a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talaj továbbra sem tartozik hivatalosan az útalapba elfogadott anyagok közé.

1.1. Útalapban elfogadott anyagok és jellemzőik

A STAS 6400-84 [5] jelzésű szabvány tartalmazza az útalapban használható építőanyagok listáját, mint például:

- Meglévő kövezett útfelület
- Homokos kavics
- Zúzott kő
- Termés kő
- Mechanikus stabilizált talaj
- Cement kötésű teherhordó réteg

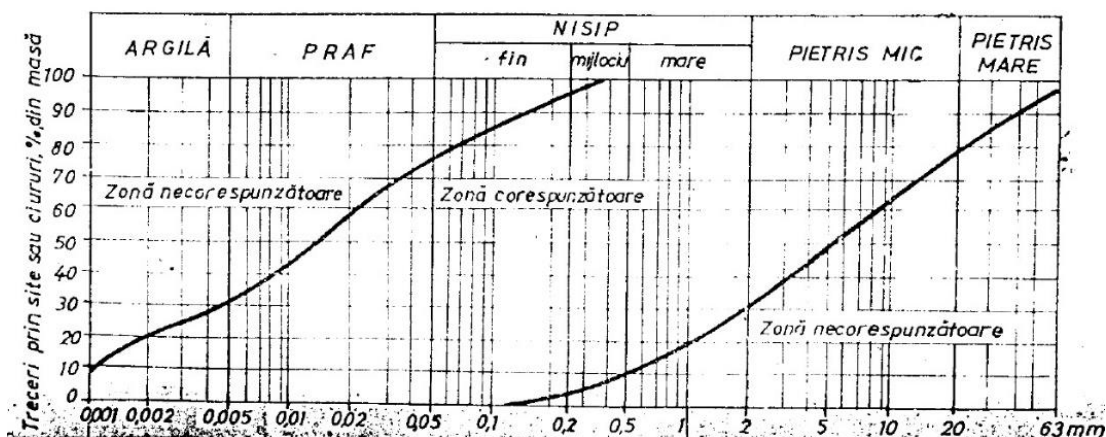
A lista meglétéből automatikusan következik, hogy amelyik anyag nem szerepel rajta az nem használható útalap építésére. Ennek következtében a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talaj hivatalosan nem tartozik az elfogadott anyagok közé. Mindez történik annak ellenére, hogy egy stabilizált talaj minőségileg felülmúlja a listán szereplő anyagok nagy részét, főleg a mechanikusan stabilizált talajt.

Szerkezetét és viselkedését tekintve a cement kötésű teherhordó réteghez hasonlít legjobban. Ennek összetételét és minőségi feltételeit a STAS 10473-1 [6] és STAS 10473-2 [7] jelzésű szabványokban találjuk. Legfőbb minőségi jellemzője a 7 és 28 napos korában végzett nyomószilárdság teszt. Az útalap esetében ezek a következő értékekkel rendelkeznek:

- Nyomószilárdság 7 napos korban: $R_{C7} = 1,2 - 1,8 \text{ N/mm}^2$
- Nyomószilárdság 28 napos korban: $R_{C28} = 1,8 - 3,0 \text{ N/mm}^2$

A nyomószilárdság biztosítása két dologtól függ: az anyag minősége és a kötőanyag mennyisége. Ezt a feltevést több mérés is igazolja, így a rétegnek megfelelő értékeket elérhetjük több típusú anyaggal, amennyiben annak megfelelő mennyiségű kötőanyagot adunk hozzá. Mivel a cementkötésű teherhordó réteg homokos kavicsból készül, bizonyára érzékelhetően kevesebb kötőanyagra van szükség a nyomószilárdság eléréséhez, viszont a helyben található talaj nem igényel szállítást és a szintre ásás folyamata is kimarad, így a többlet kötőanyag ellenére is gazdaságosabb megoldás.

Ugyanebben a szabványban került meghatározásra a stabilizálható anyagok szemeloszlásuk függvényében.



1. ábra

Stabilizálható anyagok a szemeloszlás függvényében a STAS 10473-1-87 [6] szabvány 2-es ábra

Jobban megfigyelve az ábrát láthatjuk, hogy az agyagos-iszapos talajok nem esnek bele a stabilizálható anyagok közé. Ebből a gondolatmenetből következik, hogy a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talajok nem használhatóak útalap készítésére. Fontos megjegyezni, hogy ez nem jelenti azt, hogy ezen talajok nem kezelhetőek, mindössze nem elfogadott beépítésük az útpálya szerkezetbe, de használható a földmű kialakításához.

1.2. Útpálya szerkezet tervezése, szükséges adatok

Az útpálya tervezésében nagy szerepet kap a rétegrendben felhasznált anyag. Ezeknek a fő jellemzője az E – rugalmassági modulus (modulul de elasticitate dinamic), μ – Poisson együttható és a C – a hő átadási képesség (coeficient de echivalare a capacității de transmitere a căldurii specifice). Minden az útalapban elfogadott anyag típusnak meg vannak határozva és táblázatba vannak szedve ezen jellemzői, de mivel a stabilizált talaj nem szerepel ezen a listán, elfogadhatjuk javító rétegnél jóváhagyott értékeket.

1.2.1. Hajlékony útpályaszerkezet

A hajlékony útpálya szerkezetek tervezését a PD 177-2001 [3] jelzésű szabvány írja elő. Ebben megtalálható minden anyagnak a rugalmassági modulusa és Poisson együtthatója:

- Homokos kavics: $E=300$ MPa és $\mu=0,27$
- Mésszel stabilizált talaj: $E=150-250$ MPa és $\mu=0,35$
- Cementtel stabilizált talaj: $E=300$ MPa és $\mu=0,27$
- CKT: $E=1000$ MPa és $\mu=0,27$

Mivel a mész és cement keverékéből álló hidraulikus kötőanyagokat használjuk a talajstabilizációban, javasolt az $E=300$ MPa és $\mu=0,27$ értékeket használni. A teherbírás biztosításához meg kell győződni arról, hogy a keverék hozza a STAS 10473-1 [6] és STAS 10473-2 [7] által előírt nyomószilárdságokat:

- $R_{C7} = 1,2 - 1,8$ N/mm² - 7 napos korban
- $R_{C28} = 1,8 - 3,0$ N/mm² - 28 napos korban

Amennyiben minden információ rendelkezésre áll, a kiválasztott anyagoknak és rétegvastagságoknak megfelelő értékekkel egy CALDEROM 2000 nevű programmal ellenőrzik a teljes szerkezetet a tervezett forgalom függvényében.

1.2.2. Merev útpályaszerkezet

A merev útpálya szerkezetek tervezését a NP 081-2002 [2] jelzésű szabvány írja elő. Mivel a beton útburkolatok egyben kopó és teherhordó rétegek, ez esetben annak vastagsága minimum 18 cm-ben van meghatározva. A tervezés további folyamata az alatta elhelyezkedő alap réteg méretezéséből és teherbírásának ellenőrző számításából áll. Annak érdekében, hogy alapként tudjuk kezelni a stabilizált talajt, célszerű bevezetni egy antikapiláris réteget közéje és beton burkolat közé, melynek vastagsága minimum 15 cm. Ez a réteg rendszerint homokos kavics vagy zúzott kő, felső alapréteggént tekintjük és részt vesz a teherbírás számításában:

$$H_{ech} = \sum_{i=1}^n h_i \times a_i \text{ (cm), ahol:}$$

- H_{ech} – egyenértékűsített útalap vastagság (grosimea echivalentă a stratului de fundație)
- h_i – az i réteg valós vastagsága cm-ben (grosimea efectivă a stratului i , în centimetri)
- a_i – az i réteg egyenértékűsítési együtthatója (coeficient de echivalare a stratului i)

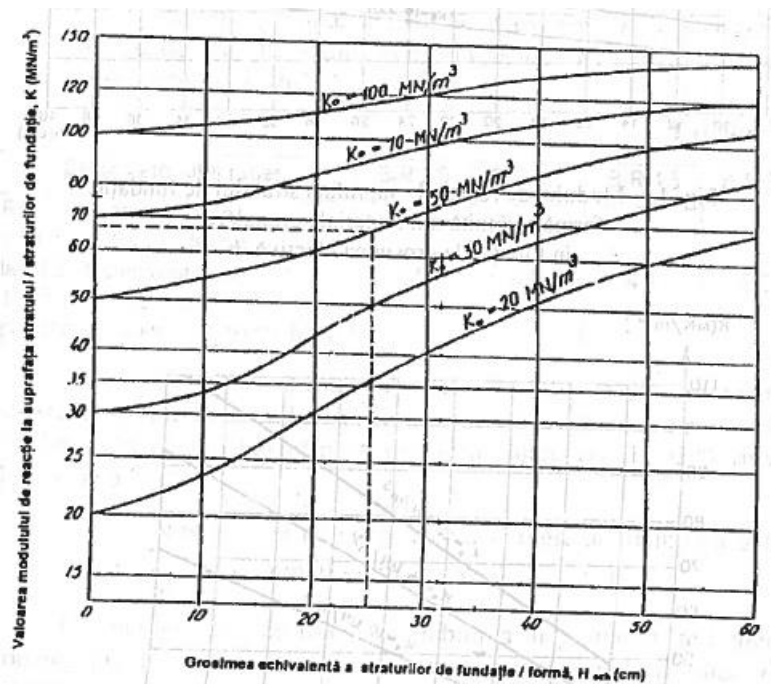
Az a_i értékeit táblázatba szedve találjuk az útalapba elfogadott anyagoknak. Amennyiben ott nem szereplő anyagot kívánunk használni, az alábbi képlettel határozhatjuk meg az értékét a rugalmassági modulusuk függvényében:

$$a_i = (E_i / 500)^{1/3}, \text{ ahol:}$$

Mivel a mész és cement keverékéből álló hidraulikus kötőanyagokat használjuk a talajstabilizációban, javasolt az $E=300$ MPa értéket használni. A teherbírás biztosításához meg kell győződni arról, hogy a keverék hozza a STAS 10473-1 [6] és STAS 10473-2 [7] által előírt nyomószilárdságokat:

- $R_{C7} = 1,2 - 1,8$ N/mm² - 7 napos korban
- $R_{C28} = 1,8 - 3,0$ N/mm² - 28 napos korban

A számítások végeztével a táblázattal ellenőrizzük, hogy a választott anyag típus és réteg vastagság megfelel az altalaj teherbírásának



2. ábra

NP 081-2002 [2], Figura3: Rugalmassági modulus, útalap vastagság és K_0 függvénye

1.2.3. Fagybehatolási mélység

Tervezési fázisban mindkét útpályaszerkezet típus esetén a fagyállósági feltételek kielégítése méretezési alapfeltétel. Esetünkben a STAS 1709-1-90 [4] jelzésű szabvány szabályozza.

$H_e = \sum_{i=1}^n h_i \times C_i$ (cm), ahol:

- H_e – egyenértékűsített útalap vastagság (grosimea echivalentă a sistemului rutier)
- h_i – az i réteg valós vastagsága cm-ben (grosimea stratului i luat în calcul, în centimetri)
- n – fagyálló anyagokból épített rétegek száma (numărul de straturi din materiale rezistente la îngheț-dezghet)
- C_i – az i rétegben használt fagyálló anyag hőátadási képesség egyenértékűsítési együtthatója (coeficient de echivalare a capacității de transmitere a căldurii specifice fiecărui material din lacătuirea stratului din materiale rezistente la îngheț-dezghet.)

A C_i értékei táblázatba vannak szedve és tartalmaz minden útalapban használható anyagot, ezek közül a leggyakoribbak:

- CKT: 0,65
- Homokos kavics: 0,70
- Zúzott kő: 0,75
- Homok: 1,00
- Nem fagyérzékeny talajok: 1,00

Mivel nem szerepel a listában a stabilizált talaj, ez az pont amikor a szükséges információ hiányában a tervezőnek rugalmasnak kell lennie. Ahhoz, hogy értéket határozhassunk meg hasonlítanunk kell a stabilizált talajt a cement kötés miatt a CKT-hoz vagy el kell fogadnunk, hogy egy fagyérzékeny talaj stabilizáció hatására fagyérzékennyé válik. Mivel egy stabilizált talajban közel fele annyi cement van, mint a CKT-ben, nem kijelenthető egyértelműen, hogy hozza ugyan azt a fagyállósági szintet. Sokkal elfogadhatóbbnak találom azt a gondolatot, hogy a hidraulikus kötés hatására megszűnik a jéglencsés fagyás veszélye és ezáltal fagyállónak tekinthetjük a stabilizált talajt. Habár vannak folyamatban lévő kutatások, mindaddig nemvált egyértelműen elfogadottá a gondolat.

2. ESETTANULMÁNY: MEZŐPANITI KÖZSÉGI UTAK, MAROS MEGYE

2.1. Előzmények

A munkaterület Mezőpanit községben, Maros megyében található. Az új útpálya nyomtávja részben fedi a meglévő útszakaszt és részben túlnyúlik rajta oldal irányban. Tervezési fázisban a teljes nyomtáv kiásását és egy teljesen új útpálya szerkezet kialakítását írták elő.

Proces tehnologic:

- se execută săpătură în patul drumului de cca. 60 cm grosime;
- se execută stratul de formă din pământ stabilizat cu lianți hidraulici cu grosimea de 20 cm;
- se execută stratul de fundație de balast de 25 cm grosime;
- se execută stratul de bază de piatră spartă de 15 cm grosime;
- se execută stratul de legătură din mixtură asfaltică deschisă BA22,4 de 6 cm grosime;
- se execută stratul de uzură din mixtură asfaltică BA16 de 4 cm grosime.

3. ábra

Mezőpaniti községi utaknak kiírt új rétegrend

A műszaki dokumentációban a következő munkálatokat írták elő:

- Teljes nyomtáv kiásása 60 cm mélységben
- Tükör kialakítása és védőréteg készítése 20 cm vastagságban talajkezeléssel
- Útalap készítés 25 cm homokos kavicsból
- Teher hordó réteg kialakítása 15 cm zúzott kőből
- Aszfalt terítése két rétegben, összesen 10 cm vastagságban

Az útszakaszon készített felmérések kimutatták, hogy az új nyomtáv közel 60% -ban fedi a régit és a meglévő útszerkezet átlagban 50 cm tömörített homokos kavicsból áll. A geodéai felmérések azt is kimutatták, hogy egy esetleges aszfalt szint emelés nem befolyásolja negatívan a magánterületekre való bejárást és az útkereszteződésekre való rácsatlakozást.

2.2. Elvárások, munkavégzés, eredmények

2.2.1. Elvárások

Tekintettel a magas építőanyag árakra és az állandó finanszírozási tőke hiányt, a befektető olyan megoldást keresett, amely által csökkentheti a költségeket és ugyanakkor garantálni tudja az új út időtállóságát. A költség csökkentés megoldható volt az által, hogy megtartják az eredeti nyomtáv anyagát ezzel csökkentve úgy az ásási munkák mint későbbi töltési munkák és anyagok költségét.

Azon szakaszokon, ahol az új szerkezet túlnyúlik a meglévőön, a megszokott megoldás a kazetta kialakítása. Ebben az esetben a meglévő szerkezet mellé ásnak és létrehozzák az új szerkezetet a tervben leírtak alapján. A megoldás nagyon elterjedt útszerkezetek esetén és általában hozza az elvárt eredményeket amikor teljes sávban vagy nem terhelt útpadkának készül. Jelen esetben fél sáv került volna kazettában való elkészítésre és nagy terhelésnek volt számítva mivel nehéz mezőgazdasági gépek is használják az utat. Ez esetben fent állt annak a veszélye, hogy az eltérő kialakításból adódóan eltérő deformációk jöjjenek létre a két szerkezetben, így azok találkozásánál korai sérülések jöjjenek létre.

Az új műszaki megoldás egy stabilizált útalap készítését írta elő a helyben található anyagokból. A vastagság úgy volt meghatározva, hogy az biztosítsa a szerkezet fagyállóságát. A kihívást az jelentette, hogy úgy megválasszuk a kötőanyag típusát és mennyiségét, hogy a stabilizált réteg egységesen hozza az alapréttegnek megfelelő teherbírást.

2.2.2. Munkavégzés

A munkavégzés első lépése a talaj típusok meghatározása és az azoknak megfelelő kötőanyagok kiválasztása. Tekintve, hogy az egyik anyag homokos kavics és a másik egy kis agyag tartalmú, vízre nem érzékeny talaj, mindkét esetben egy cement alapú kötőanyagot választottunk. A kötőanyag mennyiség úgy lett megválasztva mindkét anyag esetén, hogy a keverék hozza a STAS 10473-1 [6] és STAS 10473-2 [7] által előírt nyomószilárdságokat:

- $R_{C7} = 1,2 - 1,8 \text{ N/mm}^2$ - 7 napos korban
- $R_{C28} = 1,8 - 3,0 \text{ N/mm}^2$ - 28 napos korban

 RAPORT DE ÎNCERCARE Nr. 678/16.04.2019. S.C. TLI ROM S.R.L. Laborator Odorheiu Secuiesc Str. Budei nr. 167 Tel/Fax: +4 02 66 216233 www.tli.ro e-mail: tlirom@gmail.com		LABORATOR DE GRAD 1. NR. AUTORIZATIE 3284/23.06.2017																																																															
Profilul: B.Ba.Bp. Determinarea rezistenței la compresie cod doc. B.Ba.Bp. - 02.02a.ST R.1. STAS 10473/1/2																																																																	
Client: S.C. INRECO REHEX S.R.L. Date de identificare: RO 21782627 Locul și poziția recipientului: laborator TLI ROM Tipul materialului: Pământ natural stabilizat cu DOROPORT TB 25, 3,5% Documentația tehnică: elaborare proiect Documentația de referință: prezentul raport de încercare Nota de precizie de probă nr.: 2019/01/205/BBASP 02.N.P. P.N. de încercare nr.: 2019/01/205/BBASP 02.02a.F.L.	Nr. Contract Nr. comandă Nr. probă:	07/06.04.2019 2019/01/205/BBASP																																																															
Data prelucrării probei: 09.04.2019 Data scării probei: 09.04.2019 Data efectuării încercării: 09.04.2019																																																																	
Date tehnice: <table border="1" style="width:100%"> <tr> <td>Locul fabricării</td> <td>Laborator TLI ROM</td> </tr> <tr> <td>Calitatea preciziei a betonului</td> <td>Pământ natural stabilizat</td> </tr> <tr> <td>Apă (l/mc)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Liant -Tip / Proveniență</td> <td>DOROPORT TB 25</td> </tr> <tr> <td>Dozaj liant (kg/mc)</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Natura și proveniența</td> <td>pământ natural</td> </tr> <tr> <td>Granulozitate</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>D max (mm)</td> <td></td> </tr> </table>			Locul fabricării	Laborator TLI ROM	Calitatea preciziei a betonului	Pământ natural stabilizat	Apă (l/mc)		Liant -Tip / Proveniență	DOROPORT TB 25	Dozaj liant (kg/mc)	63	Natura și proveniența	pământ natural	Granulozitate	-	D max (mm)																																																
Locul fabricării	Laborator TLI ROM																																																																
Calitatea preciziei a betonului	Pământ natural stabilizat																																																																
Apă (l/mc)																																																																	
Liant -Tip / Proveniență	DOROPORT TB 25																																																																
Dozaj liant (kg/mc)	63																																																																
Natura și proveniența	pământ natural																																																																
Granulozitate	-																																																																
D max (mm)																																																																	
Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87																																																																	
<table border="1" style="width:100%"> <tr> <td>Nr. epruvetă</td> <td>205/1</td> <td>205/2</td> <td>205/3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F_{ap} (m²)</td> <td>1,921</td> <td>1,914</td> <td>1,916</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Media rezultatelor</td> <td colspan="6" style="text-align:center">1,917</td> </tr> <tr> <td>Area suprafeței de referință (m²)</td> <td>2242</td> <td>2242</td> <td>2242</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Vârsta de încercare (zile)</td> <td colspan="6" style="text-align:center">7</td> </tr> <tr> <td>Starea epruvetelor</td> <td colspan="6" style="text-align:center">-</td> </tr> <tr> <td>Forța de rupere la compresie (kN)</td> <td>3110</td> <td>3140</td> <td>3160</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Rezistența de rupere la compresie (N/mm²)</td> <td>1,39</td> <td>1,40</td> <td>1,41</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Media (N/mm²)</td> <td colspan="6" style="text-align:center">1,40</td> </tr> </table>			Nr. epruvetă	205/1	205/2	205/3	-	-	-	Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F _{ap} (m ²)	1,921	1,914	1,916	-	-	-	Media rezultatelor	1,917						Area suprafeței de referință (m ²)	2242	2242	2242	-	-	-	Vârsta de încercare (zile)	7						Starea epruvetelor	-						Forța de rupere la compresie (kN)	3110	3140	3160	-	-	-	Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,39	1,40	1,41	-	-	-	Media (N/mm ²)	1,40					
Nr. epruvetă	205/1	205/2	205/3	-	-	-																																																											
Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F _{ap} (m ²)	1,921	1,914	1,916	-	-	-																																																											
Media rezultatelor	1,917																																																																
Area suprafeței de referință (m ²)	2242	2242	2242	-	-	-																																																											
Vârsta de încercare (zile)	7																																																																
Starea epruvetelor	-																																																																
Forța de rupere la compresie (kN)	3110	3140	3160	-	-	-																																																											
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,39	1,40	1,41	-	-	-																																																											
Media (N/mm ²)	1,40																																																																
Nr. Aviz: - Nr. Autz: - Observații:																																																																	
Aparatură folosită: 1 Presă beton (TLI 0045) 2 Cămar (TLI 046) 3 Sufler (TLI 0103)																																																																	
Data: 16.04.2019   																																																																	

 RAPORT DE ÎNCERCARE Nr. 681/16.04.2019. S.C. TLI ROM S.R.L. Laborator Odorheiu Secuiesc Str. Budei nr. 167 Tel/Fax: +4 02 66 216233 www.tli.ro e-mail: tlirom@gmail.com		LABORATOR DE GRAD 1. NR. AUTORIZATIE 3284/23.06.2017																																																															
Profilul: B.Ba.Bp. Determinarea rezistenței la compresie cod doc. B.Ba.Bp. - 02.02a.ST R.1. STAS 10473/1/2																																																																	
Client: S.C. INRECO REHEX S.R.L. Date de identificare: RO 21782627 Locul și poziția recipientului: laborator TLI ROM Tipul materialului: Balast stabilizat cu DOROPORT TB 25 - 2,5% Documentația tehnică: elaborare proiect Documentația de referință: prezentul raport de încercare Nota de precizie de probă nr.: 2019/01/204/BBASP 02.N.P. P.N. de încercare nr.: 2019/01/204/BBASP 02.02a.F.L.	Nr. Contract Nr. comandă Nr. probă:	07/06.04.2019 2019/01/204/BBASP																																																															
Data prelucrării probei: 09.04.2019 Data scării probei: 09.04.2019 Data efectuării încercării: 09.04.2019																																																																	
Date tehnice: <table border="1" style="width:100%"> <tr> <td>Locul fabricării</td> <td>Laborator TLI ROM</td> </tr> <tr> <td>Calitatea preciziei a betonului</td> <td>Balast stabilizat</td> </tr> <tr> <td>Apă (l/mc)</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Liant -Tip / Proveniență</td> <td>DOROPORT TB 25</td> </tr> <tr> <td>Dozaj liant (kg/mc)</td> <td>55</td> </tr> <tr> <td>Natura și proveniența</td> <td>balast</td> </tr> <tr> <td>Granulozitate</td> <td>(0 - 63) mm</td> </tr> <tr> <td>D max (mm)</td> <td></td> </tr> </table>			Locul fabricării	Laborator TLI ROM	Calitatea preciziei a betonului	Balast stabilizat	Apă (l/mc)	35	Liant -Tip / Proveniență	DOROPORT TB 25	Dozaj liant (kg/mc)	55	Natura și proveniența	balast	Granulozitate	(0 - 63) mm	D max (mm)																																																
Locul fabricării	Laborator TLI ROM																																																																
Calitatea preciziei a betonului	Balast stabilizat																																																																
Apă (l/mc)	35																																																																
Liant -Tip / Proveniență	DOROPORT TB 25																																																																
Dozaj liant (kg/mc)	55																																																																
Natura și proveniența	balast																																																																
Granulozitate	(0 - 63) mm																																																																
D max (mm)																																																																	
Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87																																																																	
<table border="1" style="width:100%"> <tr> <td>Nr. epruvetă</td> <td>204/1</td> <td>204/2</td> <td>204/3</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F_{ap} (m²)</td> <td>2,293</td> <td>2,309</td> <td>2,281</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Media rezultatelor</td> <td colspan="6" style="text-align:center">2,287</td> </tr> <tr> <td>Area suprafeței de referință (m²)</td> <td>4052</td> <td>4052</td> <td>4052</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Vârsta de încercare (zile)</td> <td colspan="6" style="text-align:center">7</td> </tr> <tr> <td>Starea epruvetelor</td> <td colspan="6" style="text-align:center">-</td> </tr> <tr> <td>Forța de rupere la compresie (kN)</td> <td>5600</td> <td>5680</td> <td>5750</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Rezistența de rupere la compresie (N/mm²)</td> <td>1,40</td> <td>1,42</td> <td>1,44</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Media (N/mm²)</td> <td colspan="6" style="text-align:center">1,42</td> </tr> </table>			Nr. epruvetă	204/1	204/2	204/3	-	-	-	Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F _{ap} (m ²)	2,293	2,309	2,281	-	-	-	Media rezultatelor	2,287						Area suprafeței de referință (m ²)	4052	4052	4052	-	-	-	Vârsta de încercare (zile)	7						Starea epruvetelor	-						Forța de rupere la compresie (kN)	5600	5680	5750	-	-	-	Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,40	1,42	1,44	-	-	-	Media (N/mm ²)	1,42					
Nr. epruvetă	204/1	204/2	204/3	-	-	-																																																											
Suprafața aparentă a epruvetelor saturate F _{ap} (m ²)	2,293	2,309	2,281	-	-	-																																																											
Media rezultatelor	2,287																																																																
Area suprafeței de referință (m ²)	4052	4052	4052	-	-	-																																																											
Vârsta de încercare (zile)	7																																																																
Starea epruvetelor	-																																																																
Forța de rupere la compresie (kN)	5600	5680	5750	-	-	-																																																											
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,40	1,42	1,44	-	-	-																																																											
Media (N/mm ²)	1,42																																																																
Nr. Aviz: - Nr. Autz: - Observații:																																																																	
Aparatură folosită: 1 Presă beton (TLI 0045) 2 Cămar (TLI 046) 3 Sufler (TLI 0103)																																																																	
Data: 16.04.2019   																																																																	

4. ábra

Nyomószilárdság 7 napos korban mindkét anyag típusnak

Az így létrehozott, különböző kötőanyag mennyiséggel, de azonos vastagságban stabilizált útalap egységes teherbírásért kell, hogy mutasson. Ehhez hozza járul az is, hogy a munkavégzés előtt egy közel 15-20 cm-t eltávolítottunk a homokoskavics rétegből, ezáltal megtisztítva azt a szennyeződéstől és vastagságát közel a stabilizáció vastagságával egyenlővé téve, így biztosítva az egységes rétegvastagságot.

Se modifica structura rutieră după cum urmează:

Km 0+000 – Km 1+040

- săpătură de 15 cm;
- stabilizarea terenului existent de 30 cm cu DOROPORT;
- strat de piatră spartă 15 cm;
- strat de legătură BAD22,4 – 6 cm;
- strat de uzură BA16 - 4cm.

5. ábra

Mezőpaniti községi utaknak kiírt módosított új rétegrend

A stabilizációs munkafolyamat a szerkezetbeli anyag változás pozíciójának beazonosításával és kijelölésével kezdődik. Ezáltal lehet biztosítani, hogy minden esetben az anyag típusnak megfelelő mennyiségű kötőanyag legyen kiszórva. A szórás az útszakasz teljes szélességében történik, ahogyan a keverés is. A keverés pillanatában különös figyelmet kell szentelni, hogy a hozzáadott víz mennyisége megfelelő legyen az anyag típusának és állagának, ezáltal biztosítva a keverék megfelelő hidratalását.



6. ábra

Stabilizáció az anyagtípusnak megfelelő kötőanyag és víz hozzáadásával

2.2.3. Eredmények

A teherbírás ellenőrzésére behajlás mérést végeztünk a fővállalkozó laborja által. Az eredmények, ahol tartani lehetett a rétegvastagságot, mindvégig egységesen hozták az alaprétgtől elvárt teherbírési értékeket.

2.3. Következtetés

Amennyiben a stabilizált réteg vastagsága megegyezik, a két típusú anyag alatt ugyan az a talaj és ugyan olyan állapotban található, akkor ugyan olyan nyomószilárdságú stabilizált rétegnek ugyan olyan lesz a teherbírása, függetlenül attól, hogy az talaj vagy homokos kavics. Ezáltal bizonyítható, hogy amennyiben egy útalapban meg állja a helyét a homokos kavics vagy a CKT, akkor a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talaj is képes helyt állni, mindössze tudatosan kell azt kivitelezni. Ugyancsak ezt a kijelentést igazolja, hogy a 2017-ben kivitelezett út, 2023-ban is hibátlanul végzi a dolgát.

3. ESETTANULMÁNY: KOLOZSGYULA DC 152 KÖZSÉGI ÚT, KOLOZS MEGYE

2.4. Előzmények

A munkaterület Kolozsgyula településen, Kolozs megyében található. Az új útpálya nyomtávja részben fedi a meglévő útszakaszt és részben túlnyúlik rajta oldal irányban. Tervezési fázisban a teljes nyomtáv kiásását és egy teljesen új útpálya szerkezet kialakítását írták elő.

A műszaki dokumentációban a következő munkálatokat írták elő:

- Teljes nyomtáv kiásása 40 cm mélységben
- Útalap készítés 30 cm homokos kavicsból
- Teher hordó réteg kialakítása 15 cm zúzott kőből
- Aszfalt terítése két rétegben, összesen 10 cm vastagságban

Az útszakaszon készített felmérések kimutatták, hogy az új nyomtáv közel szinte teljesen fedi a régit és a meglévő útszerkezet átlagban 10-15 cm földdel szennyezett homokos kavicsból áll.

2.5. Elvárások, munkavégzés, eredmények

2.5.1. Elvárások

Tekintettel a magas építőanyag árakra és az állandó finanszírozási tőke hiányt, a befektető olyan megoldást keresett, amely által csökkentheti a költségeket és ugyanakkor garantálni tudja az új út időtállóságát. A költség csökkentés megoldható volt az által, hogy csökkentik az ásási munkák, a későbbi töltési munkák és anyagok költségét.

Az új műszaki megoldás egy stabilizált útalap készítését írta elő a helyben található talajból. A vastagság úgy volt meghatározva, hogy az biztosítsa a szerkezet fagyállóságát:

- Teljes nyomtáv kiásása 15 cm mélységben
- Útalap készítés 30 cm stabilizált talajból
- Teher hordó réteg kialakítása 20 cm zúzott kőből
- Aszfalt terítése két rétegben, összesen 10 cm vastagságban

A kihívást az jelentette, hogy úgy megválasszuk a kötőanyag típusát és mennyiségét, hogy a stabilizált réteg hozza az alaprétegnek megfelelő teherbírást, annak ellenére, hogy egy nagyon plasztikus kötött talajjal volt dolgunk.

Caracteristica	Valori obtinute	Metoda de incercare	Observatii
Umiditatea	w = 16,86 %	STAS: 1913/1-82	Ri 195 a 03.04.2019
Limitele de plasticitate	W _p = 27,64 %	STAS: 1913/4-86	Ri 195 b 03.04.2019
	W _L = 65,10 %		
	I _p = 37,46		
Umflarea libera	U _L = 87 %	STAS: 1913/12-88	Ri 195 c 03.04.2019
Materii organice	Incolor 0...1 %	STAS: 7107/1-76	Ri 195 c 03.04.2019
Granulozitatea	Argila (Cl) = 56,06 %	STAS: 1913/5-85	Ri 195 d 03.04.2019
	Praf (Si) = 24,73 %		
	Nisip (Sa) = 19,21 %		
	Pietris (Gr) = 0,00 %		
	Botovanis(Co) = 0,00 %		
	Blocuri(Bo) = 0,00 %		
Inercarea Proctor	ρ _d ^{max} = 1,758 g/cm ³	STAS: 1913/13-83	Ri 195 e 03.04.2019
	W _{opt} = 16,86 %		
Sensibilitatea la inghet - dezghet	P 5 Foarte sensibile	STAS: 1709-2-90	

NOTA: Calitatea materialului pentru terasament, conform STAS 2914: Rea, simbol 4d.
Calitatea materialului pentru terasament, conform SR EN ISO 14688-2: Argila

7. ábra

Talaj típus meghatározása DC 154, Kolozsgyula település

2.5.2. Munkavégzés

A munkavégzés első lépése a talaj típusok meghatározása és az azoknak megfelelő kötőanyagok kiválasztása. Tekintve, hogy egy plasztikus kötött talaj, egy cement-mész alapú kötőanyagot választottunk. A kötőanyag mennyiség úgy lett megválasztva mindkét anyag esetén, hogy a keverék hozza a STAS 10473-1 [6] és STAS 10473-2 [7] által előírt nyomószilárdságokat:

- R_{C7} = 1,2 – 1,8 N/mm² - 7 napos korban
- R_{C28} = 1,8 – 3,0 N/mm² - 28 napos korban

Beneficiar:		S.C. Inreco Remix S.R.L.									
Lucrarea:		Modernizare strazi in localitatea Giula, com. Borsa, jud. Cluj									
Pozitie :		DC 152-km. 0+144,34									
Locul prelevarii:		confectionare cilindrii in laborator									
Tip material:		Pamant + 3,4 % Dorosol C 30									
Nr. crt.	Indicativ proba	Data		Varsta de incercare	Dozaj liant %	Greutate cilindru g	Volum cilindru cm ³	Caract. de compactare		Rc N/mm ²	Medie N/mm ²
		conf.	incercari					pd g/cm ³	W opt %		
1	01-P-VPS-1	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	280,6	151,1	1,770	17,32	1,43	1,42
2	01-P-VPS-2	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	279,6	150,5	1,770	17,32	1,38	
3	01-P-VPS-3	05.04.2019	12.04.2019	7 zile	3,4	281,6	151,5	1,770	17,32	1,45	
Nr. crt.	Indicativ proba	Data		Varsta de incercare	Dozaj liant %	Greutate cilindru g	Volum cilindru cm ³	Caract. de compactare		Rc N/mm ²	Medie N/mm ²
		conf.	incercari					pd g/cm ³	W opt %		
1	01-P-VPS-1	05.04.2019	03.05.2019	28 zile	3,4	281,4	151,1	1,770	17,32	1,68	1,81
2	01-P-VPS-2	05.04.2019	03.05.2019	28 zile	3,4	280,2	150,9	1,770	17,32	1,73	
3	01-P-VPS-3	05.04.2019	03.05.2019	28 zile	3,4	283,1	151,5	1,770	17,32	1,81	

8. ábra

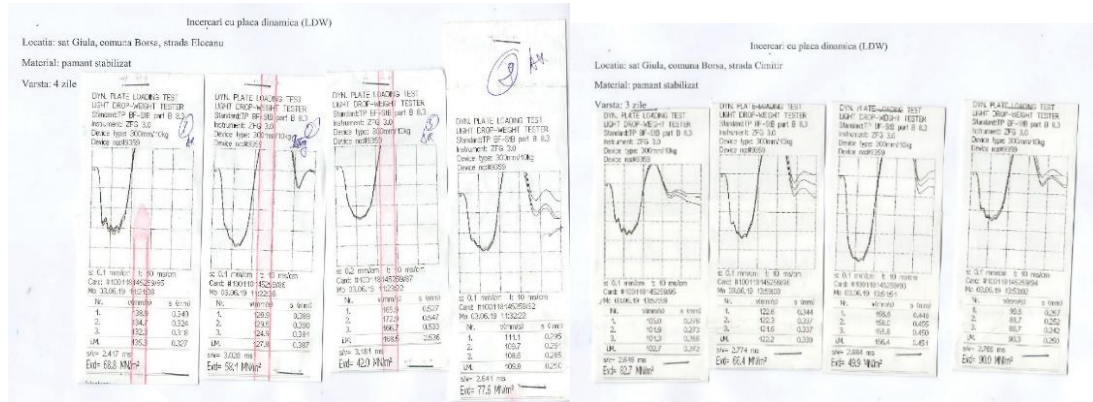
Nyomószilárdság 7 és 28 napos korban

A stabilizációs munkafolyamat a leásott földfelület előtömörítésével kezdődik. Ezáltal lehet biztosítani, hogy minden esetben az megfelelő mennyiségű kötőanyag legyen kiszórva. A szórás az útszakasz teljes szélességében történik, ahogyan a keverés is. A keverés pillanatában különös figyelmet kell szentelni,

hogy a hozzáadott víz mennyisége megfelelő legyen az anyag típusának és állagának, ezáltal biztosítva a keverék megfelelő hidratalását.

2.5.3. Eredmények

A teherbírás ellenőrzésére fővállalkozó laborja hiányában nem került sor behajlás mérésre jelenlétünkben. Belső minősítésre készült könnyű ejtősúlyos tárcsás teherbírás mérés. Az eredmények, ahol tartani lehetett a rétegvastagságot, mindvégig egységesen hozták a 45MN/m^2 -nél nagyobb teherbírási értékeket.



9. ábra
LWD mérések eredményei

2.6. Következtetés

Amennyiben a stabilizált réteg vastagsága tartható és az anyag alatt a talaj és stabil állapotban található, akkor egy útalapnak megfelelő nyomószilárdságú stabilizált rétegnek ugyan olyan lesz a teherbírása, mint egy homokoskavics rétegnek. Ezáltal bizonyítható, hogy a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált kötött talaj is képes helyt állni az útalapban, mindössze tudatosan kell azt kivitelezni. Ugyancsak ezt a kijelentést igazolja, hogy a 2017-ben kivitelezett út, 2023-ban is hibátlanul végzi a dolgát.



10. ábra
DC 154, Kolozsgyula település

4. IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] C 196-86 - Instrucțiuni tehnice pentru folosirea pământurilor stabilizate la fundații
- [2] NP 081-2002 - Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide
- [3] PD 177-2001 - Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple și semirigide
- [4] STAS 1709-1-90 - Adâncimea de îngheț în complexul rutier Prescripții de calcul
- [5] STAS 6400-84 - Lucrări de drumuri, Straturi de bază și de fundație, Condiții tehnice generale de calitate
- [6] STAS 10473-1-87 - Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu ciment - Condiții tehnice generale de calitate
- [7] STAS 10473-2-86 - Straturi din agregate naturale sau pământuri stabilizate cu lianți hidraulici sau puzzolanici - Metode de determinare și încercare