

Kivitelezésben szerzett tapasztalatok nagyobb romániai projekteken – talajjavítás és talaj stabilizáció

Field Experience on Major Projects in Romania – Soil Improvement and Stabilization

FÜLÖP Balázs-Csaba, drd építőmérnök

S.C. Inreco Remix S.r.l.
Str. Călimanului, Nr. 26, Marosvásárhely,
Maros megye, www.inreco.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. Comparison the soil stabilization with changing the bad soil with a better one or with a gravel layer the conclusion is:

- Less execution time
- Less material transported
- Less energy consumed
- Less impact on the environment

KIVONAT

Napjainkban egyre nagyobb szerepet kap az újra felhasználás, újrahasznosítás. Mi mérnökök, felelősséggel tartozunk a közösségünknek, azáltal, hogy a legmegfelelőbb technológiákat választjuk. 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. TALAJ KEZELÉS TÍPUSAI

Az érvényben lévő földmunkára vonatkozó európai szabvány [11] szerint, egy anyag (esetünkben talaj) kötőanyaggal való kezelése az a folyamat, amely során az anyagot összekeverjük mésszel vagy hidraulikus kötőanyaggal és szükség esetén hozzáadott vízzel. A beavatkozás lényege a gyenge minőségű anyagok (talajok) mechanikai tulajdonságának a javítása földmunkákba való beépítés esetén.

A talaj kezelésnek az elvárt eredmények típusainak és időtartamának függvényében két típusát különböztethetjük meg:

1.1. Talaj javítás

Talaj javítás esetén a hozzáadott kötőanyag feladata a talaj mechanikai tulajdonságainak a javítása (rövid távon). A hozzáadott kötőanyag mennyiség valószínűleg nem elegendő hosszú távú eredmények, nagy és

maradandó minőségbeli különbségek biztosítására. A technológiának ezen változatától elvárható rövid távú javulások:

- víztartalom csökkenés
- plasztikus index csökkenés
- fagy- és vízerzékenység csökkenés
- tömöríthetőség javulás



1. ábra
*Tömörség mérés talajjavítás után:
Aeroport Transilvania Târgu Mureș / Hala NTN Sibiu*

1.2. Talaj stabilizáció

Talaj stabilizációról akkor beszélhetünk, amikor a talaj és kötőanyag homogén keverékéből (szükség esetén hozzáadott vízzel), megfelelően tömörítve, egy minőségileg messzemenően magasabb mechanikai jellemzőkkel bíró anyagot kapunk. Ezen jellemzők hosszú időtartamra megmaradnak, az így létrejött anyag stabil marad még víz vagy fagy hatására is. Ezen anyagok megváltozott mechanikai tulajdonságai mérhetőek úgy laboratóriumban, mint munkaterületen.



2. ábra
Helyszíni CBR vizsgálat stabilizált talajon: Aeroport Transilvania Târgu Mureș

2. ALKALMAZÁSI TERÜLETEK:

2.1. Magas víztartalom

Amennyiben a talajok víztartalma meghaladja a tömörödéshez szükséges optimális szintet (W_{opt}), annak mechanikai tulajdonságai negatívan változnak, nem tömörödnek. Szélsőséges esetben annyira megnőhet víztartalmuk, hogy már a felületről sem képesek elnyelni az összegyűlt vizet (W_{sat}). Ezekben az esetekben, ha megtörtént a vízelvezetés, akkor az újabb optimális víztartalom beállása a száraz, csapadékmentes időszaktól és annak hőmérsékletétől függ. Ezen folyamat felgyorsítására bevált gyakorlat a talajok meszes kezelése, szárítása. Amint a talajba kevert mész reakcióba lép az abban raktározódott vízzel, a talaj órákon belül, hőtermelés mellett száradni kezd: $CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + Q$ (égetett mész + víz = oltott mész + hő). A megfelelő mésztartalom próbaszakasszal állapítható meg és általában 2-4 %.



3. ábra

Talaj javítás: Zollner, Szatmárnémeti

2.2. Talajminőség javítása

Azon talajok melyeknek agyagtartalma nagyon magas és homoktartalma meg kicsi, rendszerint érzékenyek a víz hatásaira: magas víztartalomnál kitágulnak és alacsony víztartalom esetén összehúzódnak (PUCM). Ez a jelenség nagy veszéllyel bír minden építkezésre, hisz a folytonos szintváltozás meggyengítheti az alapokat és az egész rendszerben károkat okozhat. Az ilyen típusú talajokra való alapozást szabványok írják elő. Ezen nagy tágulások csökkenését (UL) a meszes talajkezeléssel érhetjük el, így a magasabb plasztikus indexű talajokból ($I_p > 12$) egy könnyebben kezelhető talajt hozunk létre, amelynek vízérzékenysége jelentősen csökkent. A megfelelő mésztartalom megállapításához javasolt laborban több receptet készíteni és követni a plasztikus index (I_p) valamint a víz hatására létrejött térfogat változását (UL) tanulmányozni.

2.3. Talaj teherbírás növelése

2.3.1. Földmunka: töltés

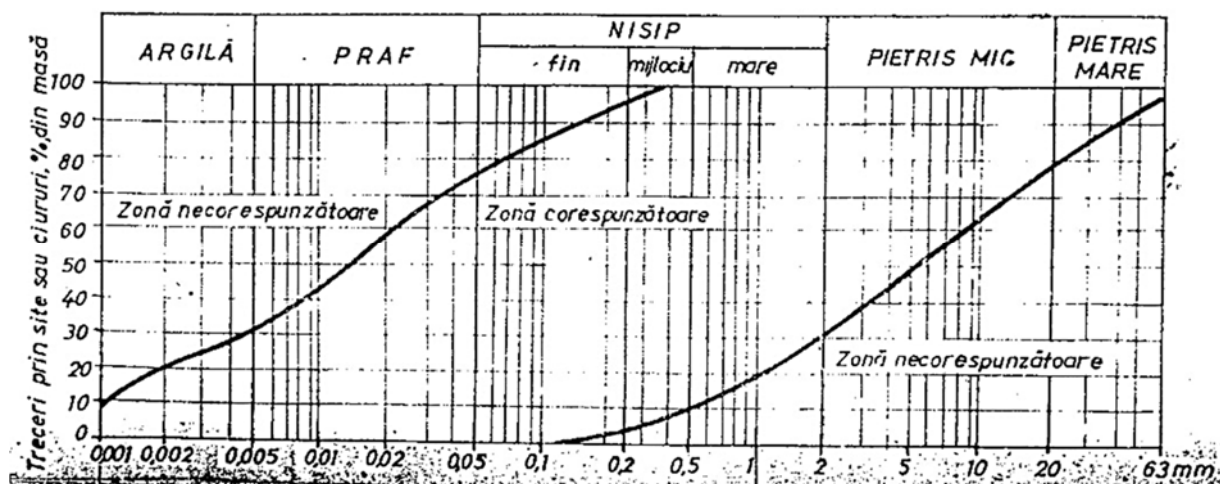
Minden építmény valamilyen szinten az alatta levő földmunkára támaszkodik. Annak minősége és teherbírása kihat az egész építmény szerkezetére. Az itt felhasználható talajtípusokat szabvány rangsorolja és a gyenge talajokat (4d, 4e, 4f) csak stabilizálva engedi földtöltésben felhasználni. Legelterjedtebb felhasználási terület az olyan építkezések, amelyek nagy földmunkával rendelkeznek, mint például autópályák és nagyobb gyárak. A megfelelő hidraulikus kötőanyag tartalma (mész, cement és keverékeik) próbaszakasszal állapítható meg, nyomon követve a földmunka teherbírásának és tömörségének növekedését [10].



4. ábra
Talajstabilizálás: A10-es autópálya Lot4

2.3.2. Javító réteg (strat de formă)

Az érvényben levő szabványok, úgy a rugalmas, mint a merev pályaszerkezetnél, az út alapozásban csak a szemcsés anyagokat (homokos kavics, stabilizált homokos kavics, kő, zúzott kő) és mechanikailag stabilizált talajt enged használni. A hidraulikus kötőanyaggal stabilizált talajt, a földmunka felső rétegén kialakított javító rétegnek (strat de formă) lehet alkalmazni. Előállítását és minőségi követelményeit a CKT-vel közös szabvány írja elő. Ezen szabványok nem kezelik külön a talaj és homokos kavics stabilizációját, így az elvárásokat sem sikerül elhatárolni.



5. ábra
Stabilizálható szemcsés anyagok, STAS 10473-1, tabel 2.

Továbbá minőségbeli kritériumokat csak a beépítettendő réteg függvényében határoznak meg, ennek fő követelménye a 7 és 28 napos törési eredmények (Rc7, Rc28):

Nr. crt.	Denumirea stratului și al lucrării	Rezistența la compresie la vârsta de 7 și 28 zile, N/mm ²		Stabilitatea la apă, %, max.			Pierdere de masă, %, max	
		R _{c7}	R _{c28}	Scăderea rezistenței la compresie ΔR _{rel}	Umflare volumică U _f	Absorbție de apă A _f	Saturare, P _{su}	Jughet-dezghet P _{tu}
1	Strat de bază pentru sisteme rutiere nerigide, platforme și locuri de parcare	1,5...2,2	2,2...5,0	20	2	5	7	7
2	Strat de fundație pentru sisteme rutiere nerigide sau rigide; consolidarea benzilor de încădare și a acostamentelor	1,2...1,8	1,8...3,0	25	5	10	10	10
3	Strat de foană	0,8...1,2	1,2...2,0	—	—	—	—	—

6. ábra

Minőségbeli kritériumok, STAS 10473-1, tabel 3.

3. LABORVIZSGÁLATOK FONTOSSÁGA

3.1. Talaj meghatározás és megfelelő kötőanyag

Több szabvány is előírja a talajok stabilizációját, annak fontosságát és alkalmazási területeit. A felhasználandó hidraulikus kötőanyagokat tekintve két csoportot különböztethetünk meg:

- Meszes talaj kezelés: magas agyag tartalmú, magas plasztikus indexel és térfogat növekedésre hajlamos talajoknál (PUCM) alkalmazandó.
- Cementes talaj stabilizálás: kis agyagtartalmú talajok esetében használható.

Annak érdekében, hogy bármilyen típusú talajt stabilizálni tudjunk, a talaj összetételének függvényében használhatunk mész-cement keverékeket. Ezen kötőanyagok lehetnek például a Doroport, Dorosol, Viacalco, Soilfix, Roadmix és mindegyik alkalmazható valamely típusú talajra a mész-cement arányainak függvényében. Amennyiben a különböző kötőanyagok összetétele hasonló arányokban tartalmaz meszet és cementet, hasonló eredményeket fognak produkálni.

Locul fabricării	Laborator TLI ROM		
Calitatea prescrisă a betonului	Pământ natural stabilizat		
Apă (l/mc)			
Liant -Tip / Proveniență	DOROSOL C30		
Dozaj liant (kg/mc)	48		
Natura și proveniența	pământ natural		
Granulozitate	-		
D max (mm)	-		

Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87

Nr. epruvetel	359/a	359/b	359/c	-
Densitatea aparentă a epruvetel saturate				
$\rho_{app} = \frac{m}{V_{app}}$	1,920	1,929	1,919	
Media rezultatelor	1,923			
Ária suprafeței de referință (mm ²)	2242	2242	2242	-
Vârsta de încercare (zile)	7			
Starea suprafeței	-	-	-	-
Forța de rupere la compresie (N)	2508	2500	2506	-
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,12	1,12	1,12	-
Media (N/mm ²)	1,12			

Locul fabricării	Laborator TLI ROM		
Calitatea prescrisă a betonului	Pământ natural stabilizat		
Apă (l/mc)			
Liant -Tip / Proveniență	VIACALCO F		
Dozaj liant (kg/mc)	48		
Natura și proveniența	pământ natural		
Granulozitate	-		
D max (mm)	-		

Rezultate obținute: conform STAS 10473/1-87

Nr. epruvetel	359/d	359/e	359/f	-
Densitatea aparentă a epruvetel saturate				
$\rho_{app} = \frac{m}{V_{app}}$	1,919	1,920	1,921	
Media rezultatelor	1,920			
Ária suprafeței de referință (mm ²)	2242	2242	2242	-
Vârsta de încercare (zile)	7			
Starea suprafeței	-	-	-	-
Forța de rupere la compresie (N)	2900	2902	2890	-
Rezistența de rupere la compresie (N/mm ²)	1,29	1,29	1,29	-
Media (N/mm ²)	1,29			

7. ábra

7 napos törési eredmények (R_{c7}), Shopping City, Târgu Mureș;
Talajtípus: Agyag 11,24%, Iszap 56,21%, Homok 32,55%

3.2. Optimális kötőanyag felhasználás

A recept készítésének folyamatát és a szükséges anyagmennyiségeket előíró szabványok az adatokat nagyon általánosan adják meg: cement 3-10% és mész 2-4%. Amennyiben ellenőrzött körülmények között mérjük le az Rc7 és Rc28 változását több, egymást követő százalékbán adagolt hidraulikus kötőanyag esetén, megtalálhatjuk azt a megfelelő mennyiséget, amelynél a számunkra tökéletes eredményeket kapjuk. A szükséges kötőanyag mennyiség ugyanazon Rc7 és Rc28 eléréséhez legnagyobb részt a talaj összetételétől függ:

Tip material Argila +2,5% Dorosol C30

Nr. crt.	Indicativ proba	Data		Varsta de incercare	Dozaj liant %	Greutate cilindru	Volum	Caract. optime de compactare		Rc 7 N/mm ²	Medie N/mm ²
		conf.	incercarii					pd g/cm ³	W opt %		
1	PS -35-1	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	301,4	150,4	1,848	15,3	2.100	2,118
2	PS -35-2	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	300,9	150,2	1,848	15,3	2.141	
3	PS- 35-3	16.04.2019	23.04.2019	7	2,5	301,9	150,2	1,848	15,3	2.113	

8. ábra

7 napos törési eredmények (Rc7), WDP Ștefăneștii de Jos;
Talajtípus: Agyag 57%, Iszap 41%, Homok 2%

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.	incercarii					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	279,8	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	

9. ábra

7 napos törési eredmények (Rc7), DC Giula;
Talajtípus: Agyag 44,7%, Iszap 42,3%, Homok 13%

4. JÖVŐBELI FELHASZNÁLÁS

Annak ellenére, hogy létezik stabilizált talaj útalap készítésére helyi szabványunk, az érvényben lévő tervezési és minőségellenőrzési szabványok, nem támogatják az útalapban való felhasználást, azonban elfogadják a mechanikailag stabilizált talajt vagy a hidraulikus kötőanyaggal stabilizált homokos kavicsot. Ugyanakkor a legelterjedtebb, alapozásban használt, építőanyag a homokos kavics (balast, nisip cu pietriș), ami minden építkezésen többlet ásást, szállítást és töltési munkát igényel. Ez a folyamat úgy gazdaságilag, mint ökológiailag kifejti hatását az építkezésre és környezetre.



10. ábra
Homokos kavics útalap, E60

Meglátásaim szerint, sikerül bizonyítani, hogy a stabilizált talaj úgy a laboratóriumi körülmények között mért mechanikai jellemzőiben, mint a terepen elvárt teherbírásában hasonló vagy jobb eredményeket képes teremteni az elfogadott építőanyagokhoz viszonyítva. Ezen esetben igen javasolt volna gazdasági és ökológiai okokból bevezetni az útalapban használható építőanyagok listájába.

SZAKIRODALOM

- [1]. „NP 126-2010: Normativ privind fundarea constructiilor pe pamanturi cu umflari si contractii mari”.
- [2]. „STAS 1243-88 : Clasificarea si identificarea pamanturilor”.
- [3]. „STAS 2914-84: Lucrari de drumuri: Terasamente”.
- [4]. „PD 177-2001: Normativ pentru dimensionarea sistemelor rutiere suple si semirigide”.
- [5]. „NP 081-2002 - Normativ de dimensionare a structurilor rutiere rigide”.
- [6]. „STAS 6400-84: Lucrari de drumuri: Straturi de baza si de fundatie”.
- [7]. „STAS 10473/1-87: Straturi din agregate naturale sau pamanturi stabilizate cu ciment”.
- [8]. „• STAS 10473/2-86: Straturi rutiere din agregate naturale sau pamanturi stabilizate cu lianti hidraulici sau puzzolanic”.
- [9]. „CD 29-1979 - Instructiuni tehnice departamentale pentru proiectarea și executarea fundațiilor pentru lucrările de drumuri din pământuri stabilizate cu ciment”.
- [10]. „STAS 9850-89 - Verificarea Compactării Terasamentelor,” Institutul Român de Standardizare.
- [11]. „EN 16907 - Earthworks”.