

## CEMENTTEL STABILIZÁLT TALAJMINTÁK TEHERBÍRÁSA TENGELYIRÁNYÚ NYÚJTÓERŐ ESETÉN

### FLEXURAL TENSILE STRENGTH TESTING OF STABILIZED SOIL SAMPLES

Nagy Andor-Csongor<sup>1</sup>, Cîrcu Alexandru<sup>2</sup>, Moldovan Dorin-Vasile<sup>3</sup>,  
Ciubotaru Vlad Costel<sup>4</sup>, Muntean Lavinia Elena<sup>5</sup>

<sup>1,2,3</sup>Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Tartószerkezet Tanszék,  
400027, Románia, Kolozsvár, Gh. Barițiu utca, 25. szám; Telefon: 0264401200.

<sup>1</sup>[andor.nagy@yahoo.com](mailto:andor.nagy@yahoo.com)

<sup>2</sup>[alex.circu@gmail.com](mailto:alex.circu@gmail.com)

<sup>3</sup>[dorin.moldovan@dst.utcluj.com](mailto:dorin.moldovan@dst.utcluj.com)

<sup>4</sup>Petrozsényi Egyetem, Építőmérnöki kar, 332006, Románia, Petrozsény,  
Universităţii utca, 20. szám; [ciubotaru.vladcostel@yahoo.com](mailto:ciubotaru.vladcostel@yahoo.com)

<sup>5</sup>Kolozsvári Mezőgazdasági és Állatorvosi Egyetem, 400372, Románia, Kolozsvár,  
Monostori út, 3-5. szám; [lavinia.muntean@usamvcluj.ro](mailto:lavinia.muntean@usamvcluj.ro)

#### Abstract

Traffic loading on a road surface causes compression in the upper layers of the structure and tension in the lower parts. These lower layers often consist of stabilized soils, for which the tensile characteristics are usually ignored. Tensile stress on the bottom of a stabilized layer should be used as a design criterion, as it is an important design parameter. For stretching tests rectangular soil cement beams of 40x40x160 [mm] (BxHxL) size were prepared. The samples were developed in the Geotechnics laboratory of the Technical University of Cluj - Napoca. This is a first and important step of the research, as these parameters are not treated in any regulations, or standards from Romania.

**Keywords:** *stabilized soil, road structure, tensile strength.*

#### Összefoglalás

Stabilizált talajok alatt hidraulikus kötőanyagokkal (pl. cement, mész) kevert többnyire agyagos földtípusokat értünk. Stabilizációs eljárásokkal jelentősen fel lehet javítani az illető talaj fizikai és mechanikai tulajdonságait. A közlekedésből származó terhelés összenyomást eredményez az útszerkezet felső részében, míg az alsóbb régiókban nyújtóerők lépnek fel. Csakhogy ezen szerkezetek esetében a nyújtóerő által generált teherbírást kiiktatják a számításokból azáltal hogy egy vastag (1,5 – 2,5 m) réteget használnak. A Kolozsvári Műszaki Egyetem laboratóriumában 40x40x160 [mm] méretű cementtel stabilizált talaj prizmákat teszteltünk tengelyirányú nyújtóerő hatására, hogy fel tudjuk mérni a nyújtóellenállás esetleges jelentőségét az útszerkezetek tervezésében.

**Kulcsszavak:** *stabilizált talajok, útszerkezetek, nyújtóerő ellenállás*

## 1. Bevezetés

A föld önmagában megfelelő építőanyag az útszerkezetek alaprétegének létrehozásához. Egyes esetekben, a helyszíntől függően, nagyobb fizikai és mechanikai paramétereket igényel a helyzet mint a helyszínen található talajtípusok. Ilyenkor pedig stabilizáláshoz folyamodunk. Talajt stabilizálni lehet kémiai vagy fizikai úton. Utóbbi például rostos anyag belekeverésével lehet létrehozni, míg előbbi hidraulikus kötőanyagokkal. A legegyszerűbb kémiai stabilizálás a cement hozzáadás.

Létező tanulmányok kimutatták hogy a keverék optimális cement aránya 3 és 10% között váltakozik (a föld száraz tömegéhez mérten). Nyilvánvaló, hogy nagyobb mennyiségű cementtel jobb paramétereket lehet elérni, azonban 7.5%-nál nagyobb cementtartalom már nem gazdaságos, mert árban alacsonyabb osztályú betonnal vetekedne a keverék [1].

További tanulmányok foglalkoznak a mechanikai paraméterek időbeli változásával. A föld-cement keverék 7 nap után, 70 %-át éri el a nyomószilárdságának a 21 vagy 28 nap utáni tesztekhez képest [2]. Ennek tudatában minden cementtel stabilizált talaj esetében célszerű legalább 21 napot várni, annak használatba helyezése vagy tesztelése előtt [1,2,3,4].

A forgalom által kialakult terhelés rugalmas természetű. Bhogal és társai [5] által végzett kísérleti sorozat a dinamikai törési modulust (MOR) tanulmányozta 6 és 10%-os cementtel stabilizált földgerenda esetében. A próba előkészítése az amerikai norma, ASTM D 1635-00 [6] előírásai szerint történt. Terhelés alatt a gerenda szinuszos elváltozást mutatott, ami nem okozott statikus kárt. A forgalom szimulálásához 5 Hz-es frekvenciájú terhelést használtak és monitorizálták az

ismétlések számát. A kísérlet meglepő eredménye, hogy a dinamikai rugalmasság sokkal kritikusabb, mint a dinamikai nyomás. Pontosabban 44 %-al csökkent a stabilizált földgerenda ellenállása a dinamikai rugalmassági teszt során [5].

## 2. Tesztelési módszer és felhasznált anyagok

### 2.1. Próba előkészítése

Kutatásunk célja a szakítószilárdság meghatározása egy földpróba esetén, amit különböző mennyiségű cement hozzáadásával stabilizáltunk. Romániában erre nincs érvényes szabályozás, ezért a próba előkészítése szintén az ASTM 1635-00 előírásai szerint történt. A cement- föld keveréket a romániai szabványok alapján határoztuk meg 2, 4, 6 és 8%-os cement-tartalommal. Az poros agyag (SiCl) egy Kolozsvár mellőli telepről származik, 1 méter mélységből volt kiasva. A kezdeti geotechnikai paraméterek a következők voltak:  $\gamma_s=26.68$  kN/m<sup>3</sup> (telített térfogatsúly);  $\gamma_d=17.17$  kN/m<sup>3</sup> (száraz térfogatsúly);  $n=35.51\%$  (hézagtérfogat);  $e=0.55$  (hézagtényező);  $w=17.48\%$  (természetes víztartalom).

Az optimális tömörítési víztartalom meghatározásához a Proctor tesztet végeztünk el, mind a négy különböző mennyiségű cement tartalmazó próba esetében. A Proctor tömörítési teszt a STAS 1913-13/83-as szabvány szerint történt, a kapott eredményeket **1. táblázat**ban tüntettük fel. Első lépésként megszáritottuk a földmintákat 105°C-on. Hozzáadtuk a II/A-LL 42,5 R típusú Portland cementet 2%, 4%, 6% és 8%-os arányban 2000 g földhöz. A két összetevőt száraz állapotban összekevertük, homogén keveréket kapva. Az előkészítés utolsó lépése a víz hozzáadása volt és az összetett manuális keverése 30 percig.

A cementtel stabilizált földminták egy három kamrájú öntőformában készültek.A

próbák méretei 40x40x160 mm voltak. A formát kikentük olajjal a jobb használhatóságért. A keveréket három egyforma vastagságú rétegben, egyforma nagyságú nyomással tömítettük, felhasználva egy hidraulikus prést, amely biztosította a felület egyenletes nyomását.

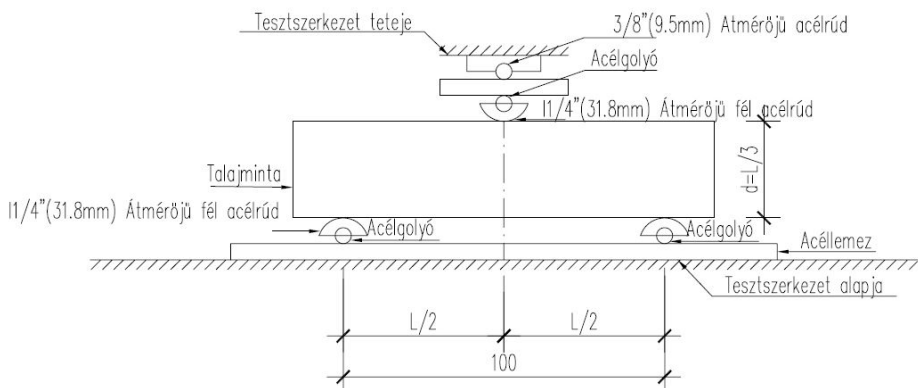
**1. táblázat.** Proctor teszt eredménye a négy vizsgált kombináción

| Cementtartalom                   | 2%  | 4%  | 6%  | 8%  |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Optimális tömörítési víztartalom | 21% | 23% | 23% | 21% |

Összesen 8 gerendát öntöttünk és tároltunk laboratóriumi körülmények közt. A próbák tesztelése 7 illetve 28 nap után történt.



**1. ábra.** Öntőforma 3 kamrával



**2. ábra.** A kísérleti gép és minta vázlata

## 2.2. Tesztelési folyamat

A kísérleti mintákat hajlító szakítószilárdság tesztnek vetettük alá, egy hárompontos függőleges terhelési rendszerrel (ASTM 1635-00 szabványainak megfelelően), ami felvázolva a **2. ábrán** látható. A gerendákat egy tartóra helyeztük, a próbák között hagyva 10 cm távolságot, a koncentrált erőt a nyílás közepére irányítottuk. A statikus terhelést addig növeltük, amíg a próba eltört.

A tesztelés során használt gép és egy kísérleti minta a **3. ábrán** látható.



**3. ábra.** Hajlító szakítószilárdsági teszt

### 3. Eredmények

A kísérleti eredményeket a törési modulusz variációjának függvényében lehet értelmezni. A törési modulusz (MOR) a következő képpen számolható ki:

$$R = PL / bd^2 \quad (1)$$

Ahol, R a törési modulusz [N/mm<sup>2</sup>]; P - maximális terhelés [N]; L - ívköz hossza 100 mm, b - a próba szélessége 40 mm, d - a próba magassága 40 mm.

Összevetve a kapott törési mutatókat 7 és 28 nap után végzett tesztekben a következőket vettük észre: a 2% cement-talaj 17%-ot javult, a 4%-os minta modulusza nöött 12%-ot, amint a 6% -osé is. A legnagyobb fejlődést a 8%-os mutatta, ami 23,5 %-ra nöött, a próba előállítás után 28 nappal való tesztelés során. Bár a modulusz exponenciálisan nő a keverék cement tartalmával, 7,5%-nál nagyobb cement-tartalom már nem gazdaságos, mert árban alacsonyabb osztályú betonnal vetekedne a keverék [1]. A kapott eredmények a **2. táblázat**ban vannak összesítve, míg az eredmények grafikus ábrázolása a **4. ábrán** látható.

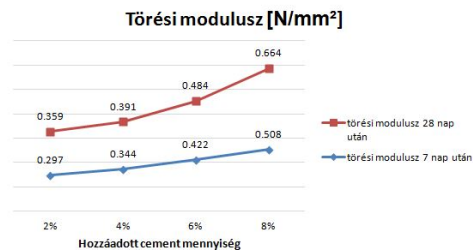
**2. táblázat.** Törési modulusz és terhelés összegzése

| Minta típusa        | Törési terhelés [N] | Törési modulusz [N/mm <sup>2</sup> ] |
|---------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 2 % cement (7 nap)  | 190                 | 0.297                                |
| 4 % cement (7 nap)  | 220                 | 0.344                                |
| 6 % cement (7 nap)  | 270                 | 0.422                                |
| 8 % cement (7 nap)  | 325                 | 0.508                                |
| 2 % cement (28 nap) | 230                 | 0.359                                |
| 4 % cement (28 nap) | 250                 | 0.391                                |
| 6 % cement (28 nap) | 310                 | 0.484                                |
| 8 % cement (28 nap) | 425                 | 0.664                                |

### 4. Következtetések

A cementtel stabilizált földréteg szakítószilárdsága az egyik legkevésbé meghatározott tulajdonság. Nyilvánvaló, hogy a stabilizált próbák olyan szakítószilárdsággal rendelkeznek, ami arányos a hozzáadott cementtel.

Figyelembe véve a gazdasági kritériumokat feltételezhetjük, hogy a további kutatás során a 4-7% tartalmú cement-talaj példákra kell összpontosítani, valamint a mechanikai fejlődésre, ami exponenciálisan nőtt a teszt végéig. A kapott eredmények belesznek a Bahar és társai [2] tanulmányának keretei közé, ami kimondja, hogy a föld-cement keverékek elérik hozzátétőlegesen a 70% a mechanikai szilárdságuknak az első 7 nap után, további fejlődés várható a próba 28. napjáig.



**4. ábra.** Törési modulusz grafikus evolúciója az elévzett kísérletek nyomán

### Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Akinmusuru, J. O.: *Lateritic soil-cement bricks for rural housing*. The International Journal of Cement Composites and Light-weight Concrete 6(3), 1984, pp. 185–188.
- [2] Bahar R., Benazzoug M., Kenai S.: *Performance of compacted cement-stabilised soil*. Cement and Concrete Composites 26(7), 2004, pp. 811–20.
- [3] Aggarwal L.K., Singh J.: *Effect of plant fibre extractives on properties of cement*. Cement and Concrete Composites 12(2), 1990, pp. 103-8.
- [4] Khazanichi A.C., Saxena M., Rao T.C.: *Material science of natural organic fibres reinforced composites in polymer-cement-mud matrix for construction engineering*. Proceeding of the international symposium of textile composites in building construction, 1990, pp. 69-76.
- [5] Bhogal B.S., Coupe P.S., Davies J., Fendukly L.: *Dynamic flexure test of soil-cement beams*. Journal of Materials Science Letters 14, 1995
- [6] ASTM 1635-00. *Standard Test Method for Flexural Strength of Soil-Cement Using Simple Beam with Third-Point Loading*.