

## ÖSSZEHASONLÍTÓ TANULMÁNY EGY HÁROMSZÖG RÁCSOS GEOSZINTETIKUS ANYAGOKKAL MEGERŐSÍTETT ÚTSZAKASZ VALÓS ÉS VIRTUÁLIS MODELLEZÉSE KAPCSÁN

### COMPARATIVE STUDY ON NUMERICAL AND FULL SCALE MODELING OF A ROAD STRUCTURE REINFORCED WITH TRIAXIAL GEOGRIDS

Nagy Andor-Csongor<sup>1</sup>, Ursu Ivett<sup>2</sup>, Moldovan Dorin<sup>3</sup>

Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki kar, Tartószerkezet Tanszék, 400027,  
Románia, Kolozsvár, G. Barițiu utca, 25. szám;

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

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

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

#### Abstract

The current trend in the construction design and execution leans toward environmentally friendly solutions. Most of the research activity is oriented by innovations, which lead to unusual combinations of conventional building materials with alternative materials. Such a combination can be obtained by reinforcing earth fillings with plastic materials, in the form of a triangular meshed grid. The earth-geosynthetic aggregate is highly enduring, because the plastic material isn't subjected to environmental conditions that usually facilitate its degradation, thus retains its original flexibility, and effectively acts as a steel bar reinforcement of the reinforced concrete element.

**Keywords:** *triaxial geogrid, finite element modeling, Lucas plate test.*

#### Összefoglalás

Az építőipar jelenlegi trendje a környezetbarát megoldások felé hajlik. Aktuális kutatások jelszava az „innováció”, aminek közvetlen következménye a klasszikus építőanyagok szokatlan kombinációja alternatív anyagokkal. Egy ilyen párosítás az alapozási talaj megerősítése műanyagból készült hálószerkezetekkel. A föld-geoszintetikus kombináció kifejezetten tartós megoldás, mert a műanyagot nem érik azon környezeti körülmények amelyek elősegítik az „öregedési” folyamatot, így megtartja eredeti rugalmasságát, és gyakorlatilag úgy működik, akár a vasalás egy vasbeton elemben.

**Kulcsszavak:** *háromszög rácsos geoszintetikus háló, véges elem modellezés, Lucas lemez teszt.*

## 1. Bevezetés. A dolgozat korszerűségének indoklása.

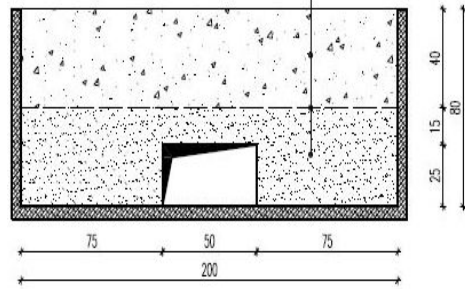
Kutatásaink során egy különleges helyzetet tanulmányoztunk geoszintetikus hálóval erősített útszerkezetek esetében. Bizonyos külső és belső elemek hatására (pl. rezgések, talajvíz áramlás) az alapozási talajban kissebb-nagyobb méretű rések, hézagok keletkezhetnek. Legtöbbször a felszínen semmi jel nem utal a mélyben keletkezett űrre, de rövidebb vagy hosszabb távon a rések kiterjednek, belső kráterekké alakulnak (az okozó elemek folyamatos hatása alatt), majd váratlanul bekövetkezik a felszín beomlása. Ilyen jellegű hézagok előfordulása elég gyakori jelenség, a kiváltó okok sokoldalúsága miatt. Keletkezhetnek karsztikus régiók talajvíz áramlása során, belvárosi csővezetékek meghibásodásából, vagy dinamikus terhelés miatt, aminek oka lehet a közlekedés vagy földrengés. Felmerül a kérdés, hogyan viselkedne egy geoszintetikus hálóval megerősített szerkezet egy hézagos talaj felett?

Romániában, 2013 őszén, a Galac megyében található Izvoarele község területén, máig ismeretlen okokból, október – december periódusban több mint 300 kis és közepes méretű földrengés történt (2,5 – 4 intenzitással a Richter skálán), aminek következtében különböző méretű kráterek, és süppedések keletkeztek a régióban, utak hasadtak szét, házak omlottak össze, és több család került áttelepítésre. Természetesen, nehéz előrelátni és számolni ilyen helyzetekkel, a javítási költségek pedig jelentősek. Ezért építéstudományi, társadalmi és gazdasági jelentőséggel bír a fenti kérdés megválaszolása.

## 2. Laboratóriumi és virtuális modellek létrehozása

A tanulmány két irány szerint haladt: egyrészt létrehoztunk egy 1:1 méretarányban készült laboratóriumi modellt, amin egy

hézaggal ellátott útszakasz viselkedését elemeztük normális közlekedési viszonyok alatt, majd tanulmányunk második részében ugyanezt a modellt létrehoztuk egy véges elem modellezési programban (GFAS) is az eredmények összehasonlításának céljából.



1. ábra. A laboratóriumi modell konfigurálása és méretei

A kísérleti modelleket egy dobozban építettük fel, amelynek méretei a következők voltak: 1.50 méter szélesség, 1.00 méter magasság, és 1.00 m hosszúság, az 1. ábra szerint. A tanulmányozott útszakasz alapját egy 40 cm vastagságú agyagréteg képezte, a második réteg pedig, ami szintén 40 cm vastag volt, zúzott kőből készült. A doboz alsó részén, a szélesség közepén létrehoztuk az 50 cm széles és 25 cm magas hézagot. A hézag jelenléte a bevezetésben volt megindokolva

A Lucas lemez teszt során meghatározzuk az adott útszerkezet lineáris alakváltozási modulusát (a Young moduluszt). A tesztelési folyamat abból állt hogy egy 300 mm átmérőjű merev fém lemezt terhelünk statikusan 50 kPa nyomástól kezdve, további 50 kPa-nyi lépésekben haladva egészen a struktúra töréséig, folyamatosan követve a felületi süppedést (15 percenként leolvastuk az értékeket a lemez felületén elhelyezett 3 mérőműszerről). A következő terhelési lépést csak abban az esetben aplikálhattuk, ha a felületi deformáció stabilizáltnak számított (vagyis 30 percen keresztül nem süpedt több mint 0.1 mm-t az utolsó olvasott

értékhez viszonyítva) [1]. A Lucas lemezt a modell szélességének közepén helyeztük el, a hézag felett, így a lehető legkedvezőtlenebb terhelési forgatókönyvet követhettük nyomon.

### 3. A geoszintetikus anyag szerepe. Háromszög-rácsos geoháló.

A gyakorlatban felhasznált geoszintetikus elemek egy vagy kétdimenziósak, a legközönségesebb a háló formájában gyártott, négyzet és háromszögnyílással ellátott geohálók. A szokványos föld-konzolidáció munkálatok nagy mennyiségű köfejtő aggregátumot, cementet, vasalást igényelnek. Ezzel összevetve a geoszintetikus háló gyártása megvalósítható akár újrahasznosított műanyagból is, gyakorlatilag bármilyen aggregátummal működőképes, beépítése pedig nem igényel nagyobb gépmunkát, mivel szőnyegként szétterítik, majd ráhelyezik a földtöltést és tömörítik.

A háromszög a legstabilabb mértani forma (bármilyen torzulása szintén háromszögformát eredményez). A háromszög-rácsos geoháló magas radiális merevséggel rendelkezik, aminek köszönhetően egységesen oszlik el a közlekedési terhelésből származó nyomás kúp, így egyértelmű választás volt a kísérlet számára [2].

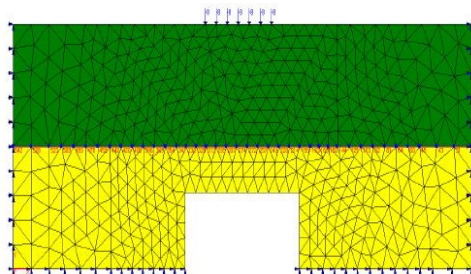
### 4. A véges elem modellezés módszer alkalmazása az adott kísérletben

A véges elem módszerrel végzett modellezés megfelelő a virtuális modell kialakításához, mert létrehozható benne a föld-geoszintetikus kölcsönhatás. Ugyanakkor a struktúra törése modellezhető talajvíztől függő vagy független körülmények között, ami az adott modell esetében kifejezetten fontos, tekintve hogy kohezív és nem kohezív földszerkezeti típusokat használtunk fel (agyag és zúzott kő).

A véges elem modellezés meghatároz minden aplikált terhelésnek egy megfelelő feszültségi mezőt. Egy adott törési kritérium segítségével a program kimutatja, ha a bevezetett struktúra valamelyik pontjában fellép a törés. A törési kritériumok meghatározzák egy adott anyag lineáris – rugalmassági korlátait. Modellünk számára az ideális törési kritérium a von Mises volt, mivel a felhasznált földtípusok magas nedvességgel rendelkeztek. Ezen törési kritérium alapfeltevése hogy a maradandó alakváltozás akkor következik be, amikor a deformációhoz szükséges potenciális energia ( $W_d$ ) elér egy kritikus értéket (minden bevezetett anyagra külön jellemző) [3], [4]:

$$W_d = \frac{1+\nu}{6E} \left[ (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 + \sigma_3)^2 + (\sigma_3 + \sigma_1)^2 \right] \quad (1)$$

ahol E a Young modulusz,  $\nu$  a Poisson hányados,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  és  $\sigma_3$  pedig az „x”, „y” és „z” irányra függőleges feszültségek.

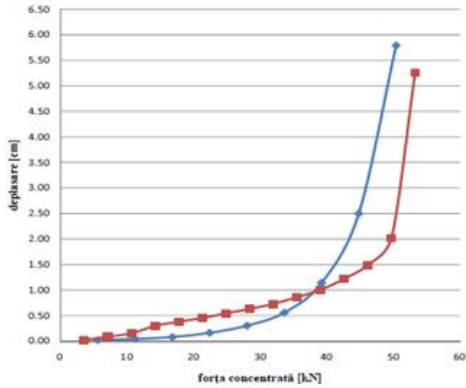


2. ábra. A GFAS programban létrehozott számítási modell

### 5. Valós és virtuális modell viselkedése adott terhelés alatt. Összehasonlítás

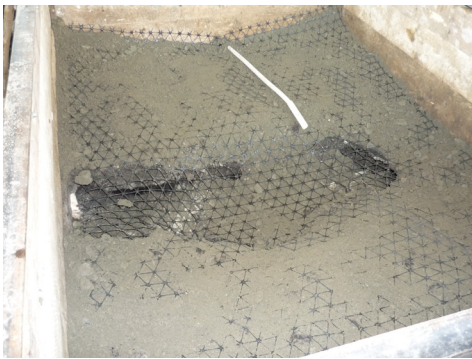
A valós és virtuális modellek feltűnően hasonlóan viselkedtek alakváltoztatás és tartóképeség szempontjából, amint a 3. ábra is mutatja. A laboratóriumi modell 800 kPa-nak megfelelő nyomás alatt veszítette el

tartókéességét, míg a GFAS véges elem modellezési programban létrehozott útszakasz keresztmetszet esetében 750 kPa nyomás esetében következett be a törés.



3. ábra. Laboratóriumi (piros) és számítógépes modell (kék) viselkedése felületi süllyedés – aplikált nyomás függvényében

A törés pillanatában mért maximális felületi alakváltozás esetében sincs nagy különbség a két modell között, a laboratóriumban 5.30 cm-t mértünk, míg a számítógépes modell 5.75 cm-t mutatott ki.



4. ábra. Az elszakadt háromszögárcsós geoháló a laboratóriumban tesztelt modell belsőjében

## 6. Következtetések

A tanulmány egy különleges eset kétféle megközelítését mutatja be. Kiindulópontunk egy valóságban előforduló hézagos útszakasz volt. A stabilizálás érdekében modern, geoszintetikus anyaggal erősítettük meg struktúránkat. Összevetve a valós és virtuális modell tesztelése során elért eredményeket:

- a törési kritérium megfelelő megválasztása esetén a számítógépen létrehozott modell rendkívül hasonló módon viselkedik, mint a valóságban létrehozott modell;
- a felületi süllyedések szinte azonosak a két modellben, ugyanakkor hasonló a variációjuk is az aplikált nyomás függvényében;
- a kisebb eltérések a véges elem modellezés alapkövetelményéből származnak, ami szerint a diszkrétizált elemek folyamatosan érintkezésben vannak, ez a valóságban nem feltétlenül van így.

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] STAS 2914/4-89 *Lucrări de drumuri și căi ferate. Determinarea modulului de deformare liniară prin încercări pe teren cu placă.*
- [2] Iliescu, M: *Geosintetice*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1994
- [3] Chiorean, C: *Calculul neliniar al structurilor* vol. 1, U.T. Press, Cluj-Napoca, 2009
- [4] Chiorean, C: *Geostru software, GFAS Finite Element Systems for Geotechnical applications, Theoretical and User Manual 2010*, www.geostru.com