KÖZVETLEN NYÍRÁSI KÍSÉRLET MODELLEZÉSE VÉGES-ELEM ELJÁRÁSSAL

NUMERICAL MODELLING OF THE DIRECT SHEER TEST

Kisfaludi-Bak Zsombor¹

¹Kolozsvári Műszaki Egyetem, Építőmérnöki Kar, Szerkezetek Tanszék, 400027, Románia, Kolozsvár, G. Baritiu utca 25; Telefon: +40-727-809490, zsombi_kisfaludi@yahoo.com.

Abstract

This paper contains the description of the construction of a model, which was made after a series of laboratory experiments. The experiment was done on a direct sheering equipment and Abaqus/CAE was the used software. Analysing the Abaqus model we can find answers to some specific interesting questions.

Keywords: geotechnics, finite-element, direct-sheering, Abaqus

Összefoglalás

Ezen dolgozat magába foglalja egy laboratóriumi kísérletsorozat elvégzését követő modell felépítésének a leírását. A vizsgált közvetlen nyírási kísérlet az Abaqus/CAE programban lett lemodellezve. A számítógépes modell vizsgálata közben már érdekes mélyrehatóbb kérdésekre is választ találhatunk.

Kulcsszavak: geotechnika, véges-elem, nyíróvizsgálat, Abaqus

1. Bevezetés

A geotechnika területén az egyik alap-problémának tekinthetjük a különféle talaj-paraméterek meghatározását. A nyírószilárdsági paraméterek esetében ez háromféle laboratóriumi módszer alapján történhet: közvetlen (direkt) nyíróvizsgálat, triaxiális nyomóvizsgálat vagy egyirányú nyomóvizsgálat segítségével.

A továbbiakban a közvetlen nyíróvizsgálattal végzett kísérletek olvashatók, valamint azok lemodellezése. A közvetlen nyíróvizsgálat leginkább abban tér el a triaxiális és egyirányú nyomóvizsgálatoktól, hogy a minta elnyírása egy kényszer-felület mentén történik az 1. ábrán látható berendezés segítségével [1].

1. ábra. A közvetlen nyírókísérlethez használt berendezés

2. Laboratóriumi eredmények

A Kolozsvári Műszaki Egyetem Geotechnika Laboratóriumának közvetlen nyírási berendezésével elvégzett kísérletek (melyek összhangban állnak a STAS

8942/2-82-es szabványban leírtakkal) eredményei a következő formában voltak kinyerhetők:

1. táblázat. *A közvetlen nyírási berendezés táblázatos kimeneti adatai(eredményei)*

A	B	C	D	E	F
1	600	0,6	151	0,002	0
1	1200	0,7	150	0,002	0
1	1800	3,6	150	0,003	0
1	2400	3,5	150	0,003	0
1	3000	0,7	150	0,003	0
1	3600	0,8	151	0,002	0
1	4200	0,7	151	0	0,001
1	4800	0	151	0	0,002
1	5400	2	151	0	0,002
1	6000	2,5	150	0	0,003
1	6600	3,5	150	0	0,003
1	7200	0,3	151	0	0,002
...	...	...	...	...	...

Az „A” oszlop a kísérlet szakaszát határozza meg, értékei lehetnek az 1 és 2. Az első szakasz a konszolidáció (normál erő alkalmazása), a második pedig a nyírási szakasz (nyíróerő alkalmazása).

A „B” oszlop a részmerések (lépések) idejét rögzítette, mértékegysége a másodperc. A konszolidáció 6000 perc, vagyis 120000 másodperc alatt ment végbe.

A „C” oszlop a nyíróerő mértékét mutatja. Lényeges megjegyezni, hogy: $t_{max} = T/A$, ahol A a talajminta nyírási felületének területe (esetünkben $A = 6 \times 6 \text{ cm} = 0,0036 \text{ m}^2$), T pedig a tangenciális erő (nyíróerő). A talajminta magassága 2 cm, mely magasság felénél található a nyírási felület.

A „D” oszlop a normál nyomást rögzítette (mértékegysége KPa). Az „E” és „F” oszlopok mutatják a vízszintes és függőleges elmozdulások mértékét. A vízszintes elmozdulás értéke a 2-es kísérleti szakaszig nulla marad. Ezen kísérletek konszolidált drénezett kísérletek.

3. A modell felépítése

A nyírószilárdsági paraméterek meghatározása érdekében a legelterjedtebb, azaz a *Mohr–Coulomb* féle törési feltételeket fogadtam el. A fémkeretek tulajdonságát a

2. táblázatban rögzítettem:

2. táblázat. *A fémkeretek paraméterei*

Megnevezés	Mérték
Méret	100x100x10 mm (x2db)
Középső nyílás mérete	60x60x10 mm
Sűrűség	80,2 kN/m ³
Young modulusz	200 GPa
Poisson együttható	0,3

A talajminta tulajdonságait a **3. táblázat** tartalmazza:

3. táblázat. *A talajminta paraméterei*

Megnevezés	Mérték
Méret	60x60x10 mm (x2db)
Sűrűség	19,24 kN/m ³
Young modulusz	12,773 kPa
Poisson együttható	0,35
Meghatározott belső surlódási szög	26,21°

A *SET* és *SURFACE* programfejezetek kitöltésével meghatároztam a kísérlet elemeinek támaszait, valamint azon felületeit, ahol több elem kerül összeköttetésbe. Hat ilyen felület létezik az esetünkben, melyek közül csak egyetlen felületnél, a talajminta felénél található nyírási felületnél veszünk számításba surlódási erőt. A két fémkeret „találkozási” felületénél surlódási erő nem

lép fel, mivel a kísérleti berendezés felépítéséből adódóan ezek között létezik egy 1 millimétert megközelítő távolság.

2. ábra. A nyírásfelület (mint egyetlen surlódási erővel bíró felület).

3. ábra. A talajminta-fémkeret diszkrétizálása.

4. ábra. A felépített kísérleti talajminta és fémkeretek elmozdulás előtt és után.

A talajminta-fémkeret együttes diszkrétizálásánál fontosnak tartottam sűrű *MESH* generálását a minta esetén (hogy a mérni kívánt paraméterek pontosságát növelhessem), illetve gyéribb *MESH* megfeleltetést a keretelemeknek (3. ábra).

A konszolidációs időintervallum 120000 másodperc volt, ezt a program

lefutási idejének csökkentése érdekében egy úgynevezett 100-as „scale target time increment” léptékkel láttam el.

A közvetlen nyírás hossza 3600 másodperc, a maximális elmozdulás pedig 20%-os, így a 60x60 mm-es mintánk esetében a legnagyobb elmozdulás 12 mm. Mindezeket rögzítve meghatároztam egy $3,3e-7$ m/s-os nyírási sebességet.

4. Eredmények, következtetések és további tervek

A legfőbb mért paraméterek a következők: *S11*, *S22*, *S33*, *U1*, *U3*, *Carea*, ezek közül a normális és tangenciális erőkre vonatkozóan a legtöbb információt az érintkezési (nyírási) felület vizsgálatával nyerhettem (*Carea* = contact area).

5. ábra. A nyírási felület (a felső szakadási talajmintarész leválasztásával, a felület megfigyelhetősége érdekében).

A programbeli kísérlet visszacsorgáltatta a laboratóriumi eredményeket és több kísérlet vizsgálata közben felfigyeltem egy vibrálásra, egyenletlenségre bizonyos paraméterek változása esetén. A szakirodalomban olvasottak alapján ezek a hirtelen változások a minta nyírásfelületén végbemenő részleges szakadások következményei.

Ez legjobban a 6. ábrán található nyírási felület területének az idő függvénybeli diagramján figyelhető meg. A végzett kísérletek esetén, azonos mintákat a normális nyomás három értékére vizsgáltam: 100, 200 és 300 Kpa. A kezdeti terület mindhárom esetben 60x60 mm, tehát $0,0036 \text{ m}^2$ volt.

6. ábra. A második kísérleti szakasz (nyírási szakasz) nyírási felület – idő diagramjai 100, 200 illetve 300 KPa-os normál nyomás esetén.

További terveim között szerepel a nyírási felület területváltozásának vizsgálata a szakadási pontok függvényében. Ha valós összefüggés lelhető, akkor akár a földcsuszamlások megjelenésének meghatározásában is segíthet mindez.

Szakirodalmi hivatkozás

- [1] Gonda N.; Kántor T.; Makó Á.: *Laboratóriumi sorozatmérések hatása talajok állékonysági paramétereire*. Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. kötet, 1.szám (2012), pp. 71-80.