

A miskolci Avas domb északi lejtőjéről származó kőzetminták mérnökgeológiai értékelése

Engineering geological evaluation of samples from the northern slope of Miskolc Avas Hill

Borostyáni Márta

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, marta.borostyani@gmail.com

Mocsár-Vámos Mariann

Debreceni Egyetem, mariannvamos@hotmail.com

Görög Péter

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, gorog.peter@mail.bme.hu

Török Ákos

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, torokakos@mail.bme.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A miskolci Avas domb meredek északi lejtőjén már évtizedek óta problémát jelentenek a felszínmozgások. A terület Miskolc központjában helyezkedik el, így értékes azonban a felszínmozgásveszély miatt nem fejleszhető. Az északi lejtőn évek óta folyó kutatások 2012. őszén felgyorsultak a területen készült nagy mélységű magfúrások, geofizikai szelvények eredményeinek értékelésével. A fúrások által feltárt kőzetliszt, agyag, homokkő, riolit tufa és andezit tufa kőzetfizikai vizsgálatát és mérnökgeológiai értékelését tartalmazza jelen cikk. Kitér az egyes kőzetek fizika paramétereinek eloszlására és bemutatja néhány paraméter összefüggését is.

Kulcsszavak: Avas domb, magfúrás, egyirányú nyomószilárdság, agyag, homokkő, tufa

ABSTRACT: Miskolc Avas hill has been long regarded as a landslide prone area. It is located in the city centre, but due to its unstable ground it cannot be further developed. The long run research dealing with the area has been accelerated from the autumn of 2012, when new boreholes were drilled and geophysical surveys were made. The present paper gives an overview of the engineering geology of the cored siltstone, clay, sandstone, rhyolite tuff and andesite tuff of Avas hill, providing also a comparative analyses of the rock mechanical data.

keywords: Avas hill, core drilling, uniaxial compressive strength, clay, sandstone, tuff

1 BEVEZETÉS, ELŐZMÉNYEK

A Miskolc központjában elhelyezkedő Avas domb két részre osztható a lankásabb déli és a meredekebb északi lejtőre. A lankás déli lejtőn a 70-es években építettek tízemeletes panelházakat. Az északi lejtő jóval meredekebb, ahol kanyargós keskeny utcák mentén, jó állapotú és teljesen elhanyagolt épületekkel is találkozhatunk. Ezekben a közös, hogy majdnem minden épülethez tartozik egy hegyoldalba vágott pince is. Ezek a pincék sokszor több száz évesek, de található teljesen új is. A pincék kialakítását mérnökgeológiai szempontból az általában kis mélységben található viszonylag vastag masszív áthalmazott andezittufa réteg tette lehetővé, amelyben biztosítás nélkül is állékonyak a kisebb feszítettségre üregek. Sajnos azonban az épületekhez hasonlóan sok elhanyagolt állapotú pince is van a területen, amelyek rendszeres állagmegóvás híján veszélyt jelenthetnek és beszakadásuk szintén felszínmozgásokat idézhet elő.

Az Avas domb Északi és Déli lejtőjében közös, hogy mindkettő felszínmozgás-veszélyes területek közé sorolható. Az utóbbi évtizedekben igen sok felszínmozgást regisztráltak az Avas domb északi lejtőjén, melyek okainak vizsgálata már évek óta zajlik. Az évek során támfalak készültek a mozgások megfogására és napjainkban pedig elkezdődött a terület vízvezetésének rendezése is. Jelen tanulmány alapját a lejtő rétegződését feltáró 2012. őszén készült magfúrások maganyaga biztosította, (Kozák et al 2013). A cikkben ismertetett vizsgálatok célja a feltárt rétegek fizikai jellemzőinek megismerése és felhasználása későbbi lejtőállékonysági vizsgálatok alapadataiként.

Az elmúlt években többször is volt helyszínbemérés az északi domboldalon, több pince állapotfelmérése is elkészült (Vámos et al. 2011, 2012). Legutóbb a fúrások elkészülte után 2013 márciusában vizsgáltuk a területen történt változásokat. A bejáráskor megfigyelhetők voltak a meredek lejtőn a korábbi felszínmozgások jelei. A felszínmozgások csapadékos időszakban rendszerint felgyorsulnak, az elégtelen vízelvezetés miatt. A legutóbbi nagyobb mozgás is a 2010-es nagy esőzések után következett be. A beépítés növekedésével és terület csatornázatlansága, valamint a csapadékelvezetés hiánya miatt a felszínmozgások egyre nagyobb károkat okoztak (Vámos & Hajnal 2009). Ezeket a mozgásokat támfalak építésével próbálták megfogni, azonban idővel ezek a támfalak is károsodtak (1. ábra).



1. ábra. Támfal alatti megmozdult földtömeg (Slided rock mass below a retaining wall)

A domboldalon történő folyamatos mozgások jeleit megfigyelhetjük a területen sétálva: a betonlap burkolatú járdalapok elváltak egymástól, az út menti korlátok elferdültek, kidőltek helyükről, azon a részen, ahol aszfalt burkolatú út van, a burkolat elrepedt és a repedés mentén függőleges értelemben elmozdulás is történt. E mellett már beomlott (2. ábra) és beomláshoz közel álló elhanyagolt pincéket is látni az utcák mentén.



2. ábra. Egy beomlott pince felszíni felszakadása (Collapsed cellar)

A folyamatos mozgások mellett azonban a rendszeresen használt és karbantartott andezittufa rétegbe vájt biztosítatlan pincékkel általában nincs stabilitási probléma, azaz a mozgások elsősorban a felsőbb, kőzetlisztes, agyagos rétegeket érintik.

2 FÚRÁSOS KUTATÁS

A 2012 őszen készült fúrások helyszínrajzát a 3. ábra mutatja. A vizsgált hegyoldalon 9 db különböző mélységű fúrás készült, ezek közül 4 db (Avas-3, Avas-4, Avas-5, Avas-6) magfúrás a többi teljes szelvényű fúrás volt. A laboratóriumi vizsgálatokra szánt mintákat jelen cikk készítéséhez az Avas-5 és Avas-6 jelű fúrások maganyagából vettük. Ennek oka, hogy a későbbi állékonyságvizsgálathoz szükséges rétegszelvény megszerkesztéséhez ezek a fúrások elhelyezkedése a legoptimálisabb. A két fúrás maganyagából mintegy 50 mintának részletes vizsgálata készült az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék kőzetfizikai laboratóriumában.

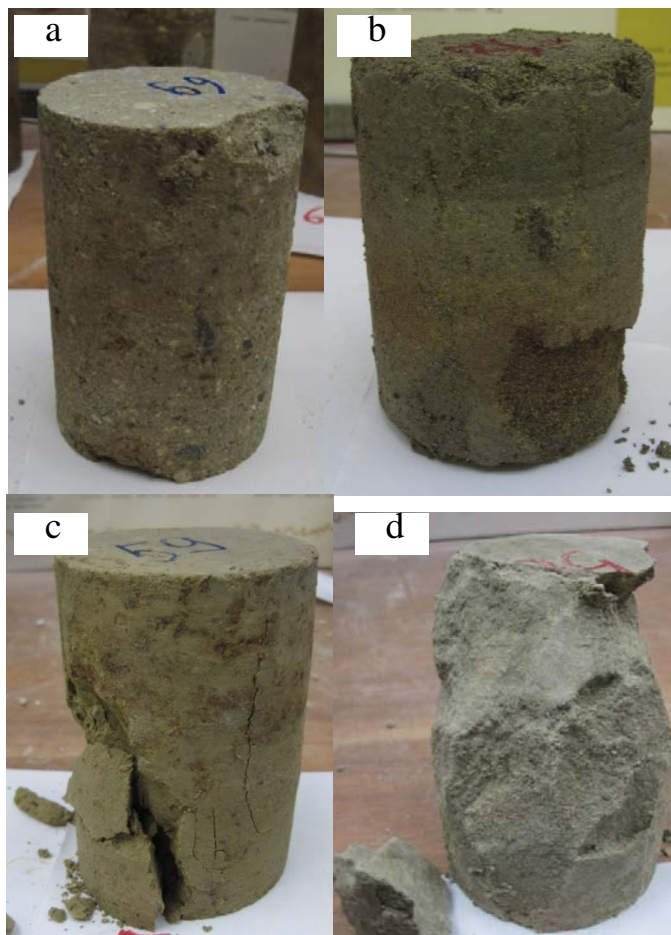


3. ábra. A fúrások helyszínrajza, Kozák et al. (2013) (Map with the location of boreholes)

Az Avas domb északi lejtőjén eddig még nem készült hasonló mértékű fúrásos kutatás, így a 9 db fúrás, különösen a magfúrások rétegsorának leírása a vizsgált terület földtani környezetének megismeréséhez nagyon fontos alapot jelent. A magládákban tárolt fúrásminták geológiai leírása alapján készült a fúrások rétegsora és a vizsgálatokra szánt mintákat kiválasztása is ez alapján történt, hogy minden jelentősebb rétegből készüljön vizsgálat. A fúróládák fényképdokumentációja mellett a közettestek tagoltságát is felvettük, hogy az állékonysági számításokban figyelembe vehető legyen a repedezettség és elvégezhető legyen a feltárt közettestek értékelése közettest-osztályozási módszerek alapján.

A két fúrásban fellelhető kőzetek igen változatosak voltak. Valójában nagy részük a geotechnikai értelemben vett talaj és kőzet közti átmenetnek mondható. Alapvetően öt nagy csoportra lehet osztani ezeket a mintákat, amiből a 4 legfontosabb típust a 4. ábrán mutatjuk be:

- Kőzetlisztek: kétféle ilyen kőzet található a minták között. Az egyik erősen csillámos, finomhomokos, a löszhöz hasonló. A másik pedig egy finomhomokos aleurit.(4d. ábra)
- Agyagok: agyagból többféle is megtalálható volt a minták között, három csoportot lehetett elkülöníteni. A felszínhez közelebbi rétegekben homok tartalmú kőzetlisztes agyagokat lehetett találni. Ezek kevés duzzadó agyagásványt tartalmaznak, illetve némi tufatörmelékét. Ezek a típusok áthalmazottak. A második agyagcsoport volt az, amelyikből a legtöbb mintát sikerült beszerezni, ennek az oka, hogy ez a leggyakoribb kőzettípus a vizsgált területen (legalábbis a fúrómagok alapján ítélve). Ez a kőzetlisztes agyag gyökérszónákat tartalmaz, limonit foltos. Sok helyen homokzsebek találhatóak benne, nagyon finom szemcséjű homokkal. Ez a típus a legváltozatosabb mélységekben volt megtalálható. A harmadik agyagtípus egy kékeszürke agyag, már szinte agyagkő. Több helyen meszes vázakat, kagylóhéjakat és csigaházakat találtunk benne.(3c. ábra)
- Andezittufák: ez az erősen áthalmazott andezittufa is több réteget alkot az Avas északi lejtőjén. Van belőleg egy több méter vastag réteg is, a legtöbb pincét ebbe vajták. Ennek a tufának többféle változata is előfordult, a különbség a változatok között a szemcsék durvasága volt. (3a.ábra)
- Riolittufa: ebből a kőzetből nem találtunk számottevő mennyiséget, valószínűleg csak egy vékony réteget képez. A riolittufa erősen bontott portufa, apró horzsaköveket és sok kvarcot tartalmaz.
- Homokok, homokkővek: homokkőből is három csoportot lehet egymástól elkülöníteni. Az első egy polimikt homokkő, limonit-, kvarc és agyagtartalommal. Durvahomok méretű tufaszemcséket is tartalmaz, enyhe lamináció látható benne. A második egyértelműen tufából képződött finomhomok, tufa kötőanyaggal, enyhén laminált, mátrix vázú. A harmadik pedig egy vulkanogén homokkő, mely kötőanyagszegény. Szemcsévázú, morzsolódó, porózus, rétegzett, gradált homokkő, melyet alapvetően andezithomok és tufahomok alkot. (3b. ábra, jobbra fent)



4. ábra. Kőzetminták az Avas-5 jelű fúrásból (Specimens of the bore hole Avas-5)

A fúrások rétegsorát mutatja az 5. ábra, ami alapján jól megfigyelhető a változatos rétegsor sok-sok vékony réteggel.

3 FÚRÓMAGOK LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA

3.1 Módszertan

A laboratóriumi vizsgálatok megtervezése során a cél az volt, hogy az Avasról hozott mintáknak minél több közetfizikai jellemzőjét megtudjuk. Ennek érdekében olyan laborvizsgálatokat kellett kidolgozni, melyek eredményeinek segítségével további jellemzők számíthatóak. Kétféle vizsgálat, így kétféle próbatest készült a mintákból. Az egyik vizsgálat az egyirányú nyomószilárdságvizsgálat volt, axiális és laterális elmozdulások mérésével kiegészítve. A másik vizsgálat pedig triaxiális nyomóvizsgálat volt. Mindkét vizsgálat ugyanazon hidraulikus nyomógép segítségével történt.

Az egyirányú nyomószilárdság vizsgálatához 43 db próbatestet készült melyek hengeres, 120 mm nominális magassággal rendelkező testek voltak. Az átmérő névleges mérete: 80 mm, mely megegyezik a fúrás átmérőjével. A nyomószilárdsági vizsgálat elvégzése előtt minden próbatest adatait jegyzőkönyvben rögzítettük (átmérő, magasság, tömeg, ultrahang áthaladásának ideje, a próbatest pontos helye a fúráson belül).

A vizsgálatok a Nemzetközi Kőzetmechanikai Szövetség ajánlásai alapján készültek (ISRM 1978). Az erőmérő cella és mind a hat elmozdulásmérő egy jelátalakító berendezésen keresztül számítógépre volt kötve, így a vizsgálat végrehajtása során folyamatosan figyelemmel kísérhettük az erők és az elmozdulások alakulását. Az amerikai szabvány (ASTM) ajánlása, illetve Hoek és Brown (1980) képlete alapján egy összefüggésben összefoglalható a méret- és az alakhatás (Gálos és Vásárhelyi 2006). Ez alapján a vizsgálati eredményeket átszámítottuk 50 mm átmérőjű 2:1-es arányú próbatestekre, az összehasonlíthatóság érdekében.

Az átszámítást az alábbi összefüggés segítségével végeztük (Gálos és Vásárhelyi 2006)

$$\sigma_{c(2:1)(50)} = \frac{\sigma_c d^{0,18}}{1,78 + 0,485(d/h)} \tag{1}$$

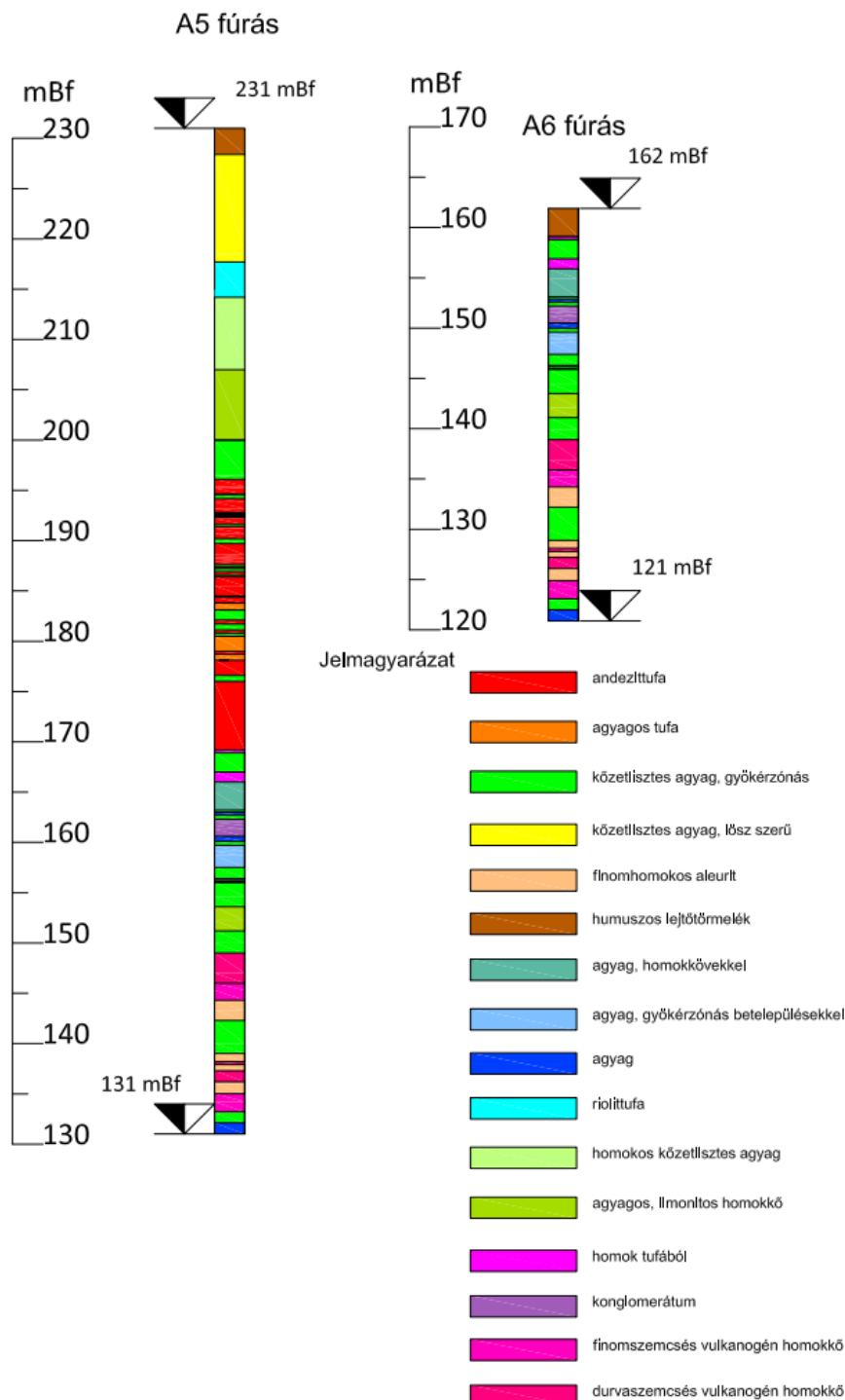
ahol:

$\sigma_{c(2:1)(50)}$: az egységesített méretű próbatestben ébredő nyomófeszültség

σ_c : az eredeti próbatestben ébredő nyomófeszültség

d: az eredeti próbatest átmérője

h: az eredeti próbatest magassága



5. ábra. Avas-5 és Avas-6 jelű fúrások fúrásszelvényei (Lithological logs of the boreholes Avas-5 and Avas 6)

A triaxiális vizsgálatot a rendelkezésre álló magátmérő miatt csak a kisebb cellában tudtuk végezni. Mivel az ehhez szükséges kisebb átmérőjű próbatestek készítéséhez a magmintákból kellett egy-egy kisebb átmérőjű hengert kifúrni, ami nem volt egyszerű folyamat, így sajnos nem minden minta eseté-

ben sikerül a próbatest előállítás. A triaxiális vizsgálatokhoz készült próbatestek nominális méretei a következők voltak: 75 mm-es magasság és 35 mm-es átmérő. Sajnos csak kevés (6 db) próbatestet sikerült kialakítanunk, mert a fúrás közben sok szétesett. A vizsgálatok elvégzése előtt ezen próbatesteknek is jegyzőkönyvbe vettük az adatait (átmérő, magasság, tömeg, ultrahang áthaladásának ideje). E roncsolásos vizsgálat segítségével az adott próbatesthez tartozó törési határgörbét lehet meghatározni. A vizsgálat abban különbözik az egyirányú nyomókísérlettől, hogy a vizsgálat során szabályozzuk az oldalirányú feszültség értékét. Ehhez az úgynevezett Hoek cellát alkalmaztuk, 38 mm-es átmérővel, az ISRM 1983 ajánlásával. A vizsgálatokhoz a 38 mm-es átmérőjű Hoek-cellát alkalmaztuk és az ISRM 1983 ajánlásának figyelembe vételével a II. típusú vizsgálatot végeztük, lépcsőzetesen növelt oldalnyomással. Az oldal irányú feszültség szabályozása kézi nyomásfenntartó pumpával történt. A triaxiális vizsgálatok feldolgozása a RocData szoftverrel történt. A triaxiális vizsgálat eredménye az adott kőzettípushoz tartozó parabola törési határgörbe, amihez $0,5 \text{ MPa}_3$ környezeti feszültségnél szerkesztett érintő egyenes meredeksége a belső súrlódási szög, tengelymetszéke a kohézió.

4 EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

4.1 Egyirányú nyomószilárdság vizsgálatok eredményei

A vizsgálati eredményeket a kőzetek előfordulási gyakorisága alapján jelenítettük meg, részletesen csak a két leggyakrabban előforduló kőzettípus értékelése szerepel, ugyanis ezekből állt rendelkezésre a statisztikai vizsgálatokhoz elegendő eredmény.

Az agyagos kőzetek fordultak elő leggyakrabban a vizsgált két fúrás maganyagában, az eredményeik összefoglalását az 1. táblázat mutatja. A vizsgált agyagok általában kőzetlisztesek voltak, szilárdsági tulajdonságainak igen nagy a szórása. Ez valószínűleg azért volt, mert ugyan ez volt a leggyakrabban előforduló kőzettípus a fúrásokban, mégis a legkülönbözőbb mélységekből származtak a minták. Ugyan ez látható a testsűrűség és az ultrahang terjedési sebesség minimum és maximum értékének nagy különbségéből is.

1. táblázat. Az agyag minták statisztikai adatai (Statistical data of the clay samples)

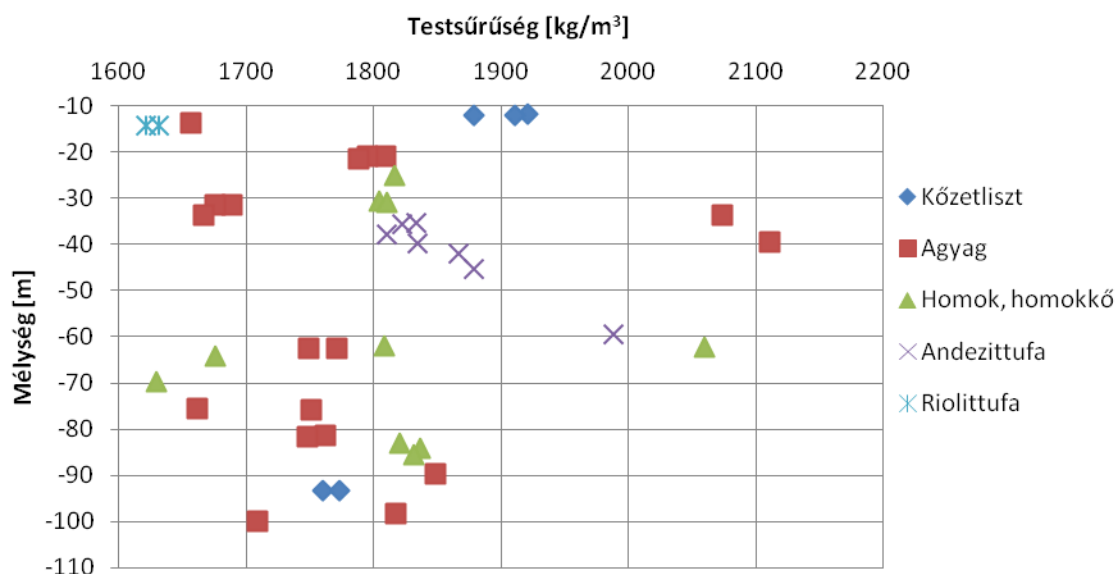
	Testsűrűség [kg/m ³]	UH terj. seb. [km/s]	Egyirányú nyomószilárdság [MPa]	Rugalmasági modulus [MPa]	Poisson tényező
Minták száma	18	18	18	18	14
Átlag	1782,29	1,74	3,14	683,6	0,14
Medián	1756,22	1,82	2,96	561,4	0,14
Szórás	126,64	0,27	1,50	387,8	0,08
Minimum	1656,83	1,21	0,47	15,9	0,04
Maximum	2110,87	2,11	5,71	1404,2	0,28
Terjedelem	454,04	0,90	5,24	1388,3	0,24

Az áthalmozott andezittufa az Avas északi lejtőjén számottevő mennyiségben megtalálható kőzetei közül ez az egyik legszilárdabb, ezért ez az a kőzet, melybe több helyen is megtámasztás nélkül tudtak pincéket vájni. Ez nem csak a kedvező szilárdsági paraméterek miatt lehet, hanem a kőzet a jó állapota miatt is. Az andezittufa vizsgálati eredményeinek összefoglalója látható a 2. táblázatban. Bár itt is elég jelentős az eredmények szórása, mégis az agyagokhoz képest mindenképp homogénebb az adatsora és felépítése is.

2. táblázat. Az andezittufa minták statisztikai adatai (Statistical data of the andesite tuff samples)

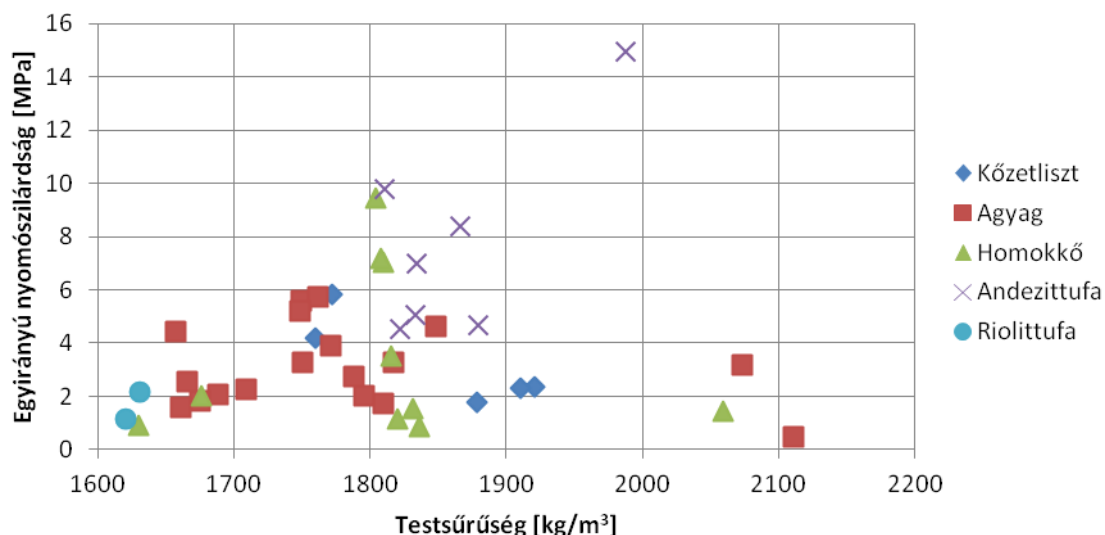
	Testsűrűség [kg/m ³]	UH terj. seb. [μs]	Egyirányú nyomószilárdság [N/mm ²]	Rugalmasági modulus [Mpa]	Poisson tényező
Minták száma	7	7	7	7	7
Átlag	1861,88	2,19	7,77	2130,2	0,12
Medián	1833,78	2,19	6,99	1918,4	0,11
Szórás	60,61	0,38	3,74	1081,9	0,06
Minimum	1810,40	1,66	4,55	732,2	0,05
Maximum	1988,01	2,91	14,96	4286,0	0,20
Terjedelem	177,62	1,25	10,41	3553,8	0,15

Az általánosabb összefüggéseket nem csak a legnagyobb mintacsoportnak számító agyag és andezittufa mintákon, hanem a kevésbé reprezentatív kötött kőzetliszt, homokkő és riolittufa mintákon is bemutatjuk. Az rétegsort jellemző egyik fontos összefüggés a minták testsűrűségének és a mintavétel mélységének a kapcsolata, ami a 6. ábrán látható. Az ábrán megfigyelhető az egyes kőzettípusok mélység szerinti előfordulása. Az agyagok testsűrűsége egyáltalán nem függ a mélységtől és általában a többi vizsgált kőzettípusé sem, ez alól kivétel az andezittufa, mert ez esetben a mélység növekedésével fokozatosan növekszik a testsűrűsége is.



6. ábra. Az Avas domb északi oldaláról származó kőzetminták származási mélységének és testsűrűségének összefüggése (Depth vs density parameters of the rock samples of the North part of the Avas hill)

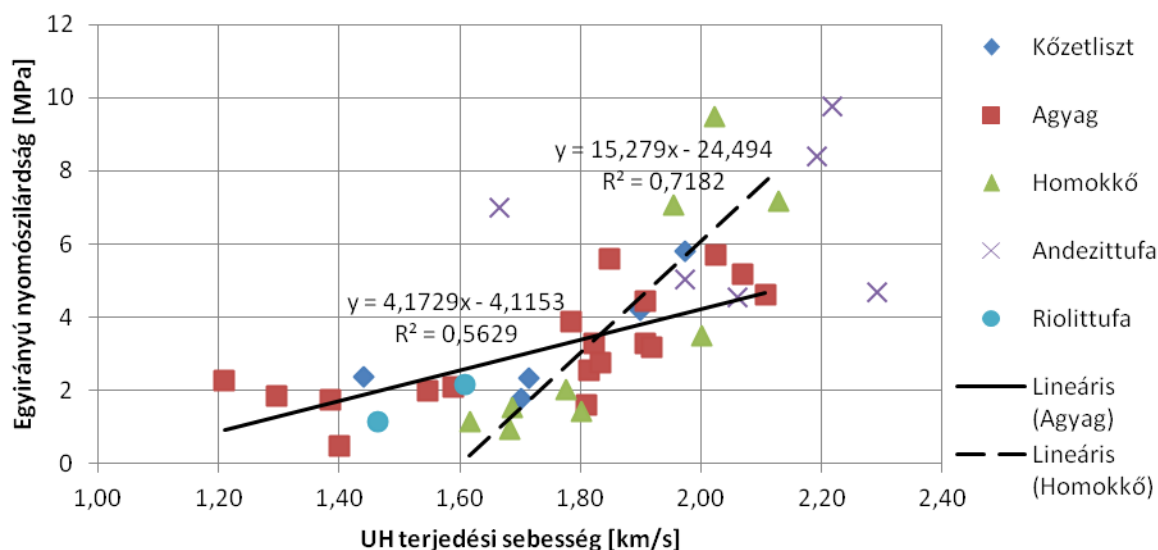
A másik két ilyen alapösszefüggés a testsűrűség és egyirányú nyomószilárdság (7. ábra), illetve az ultrahang terjedési sebesség és az egyirányú nyomószilárdság kapcsolata (8. ábra). A ponthalmazok elég változatosan helyezkednek el, de egy két kivételtől eltekintve megfigyelhető, hogy nagyobb testsűrűséghez nagyobb nyomószilárdság érték tartozik. Ez alól kivételt jelentenek a kötött kőzetliszt mintái, illetve az ábra jobb alsó sarkában lévő három próbatest eredménye.



7. ábra. Az Avas domb északi oldaláról származó kőzetminták testsűrűségének és egyirányú nyomószilárdságának összefüggése (Uniaxial compressive strength plotted against density of the rock samples of the North part of the Avas hill, symbols: diamond-siltstone, square-clay, triangle: sandstone, x-andesite tuff, filled circle-rhyolite tuff)

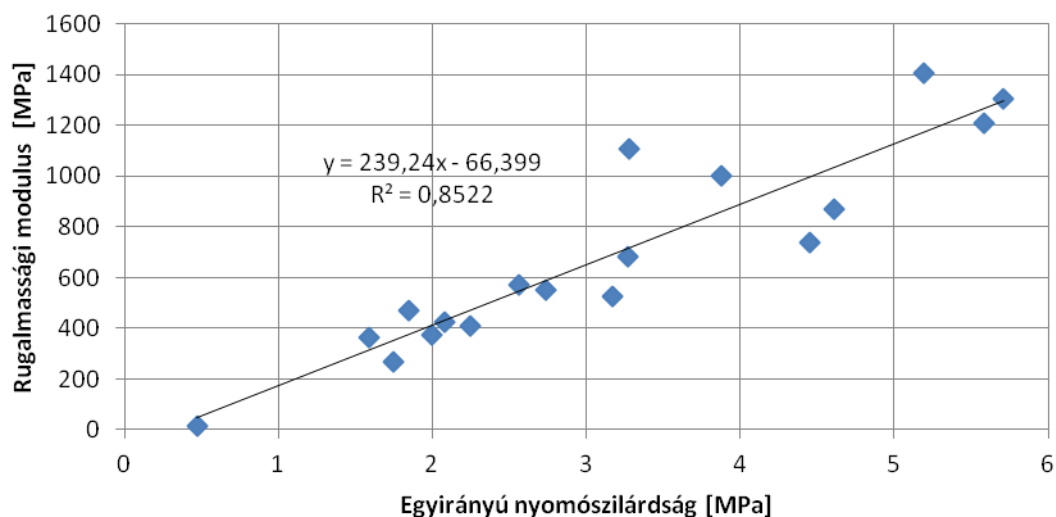
A nyomószilárdságot összevetve az ultrahang terjedési sebességgel (8. ábra) minden kőzetcsoportnál egyértelműen látszik, hogy magasabb UH terjedési sebességhez magasabb nyomószilárdság érték tartozik. Az agyagok és homokkövek esetén a két tulajdonság között lineáris kapcsolatot is fel lehetett állítani. Ezen összefüggések erőssége elég jó $R^2=0,56$ az agyagoknál és $R^2=0,72$ a homokköveknél. Természetesen ezeket az összefüggéseket célszerű megvizsgálni nagyobb mintaszám esetén is, ha erre

lesz a későbbiekben lehetőség. A kötött kőzetlisztek a homokkövekhez hasonló trendet követnek ebben az összehasonlításban, azonban a még kevesebb mintaszám miatt arra a ponthalmazra nem lehetett trendvonalat illeszteni.

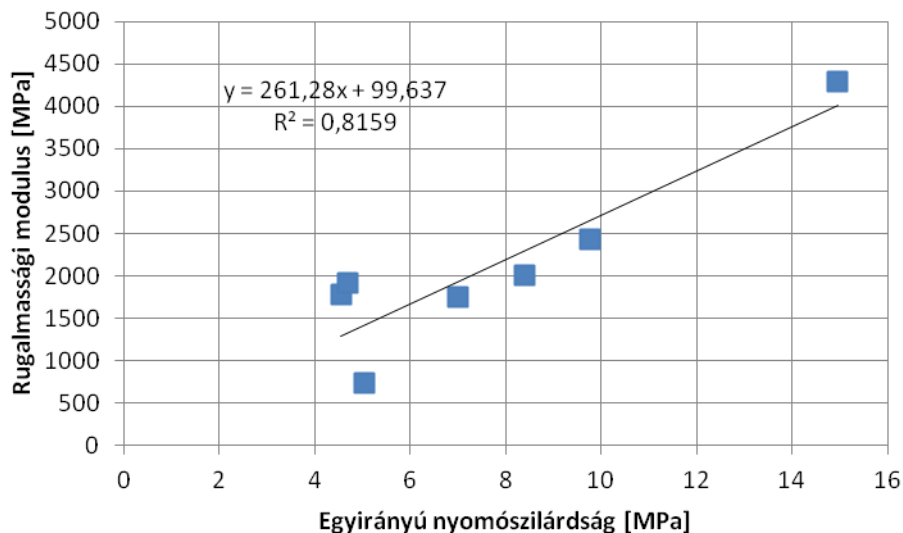


8. ábra. Az Avas domb északi oldaláról származó kőzetminták ultrahang terjedési sebességének és az egyirányú nyomószilárdságának összefüggése (Uniaxial compressive strength plotted against US wave propagation velocity of the rock samples of the North part of the Avas hill, continuous line: clay, dashed line: sandstone, legend for lithology is given on 7. ábra)

Az egyirányú nyomószilárdság és a rugalmassági modulus között mind az agyagok (9. ábra), mind az andezittufák (10. ábra) esetén erős a kapcsolat. Az agyagoknál az $E=239,2UCS-66,4$ összefüggéssel számolható a rugalmassági modulus az egyirányú nyomószilárdságból, az $R^2=0,85$ érték jó kapcsolatot mutat. Az andezittufák esetén ugyan ez az összefüggés a $E=261,2UCS-99,6$ alakra módosul az $R^2=0,82$ -es értéke is hasonló. Itt azonban ismét meg kell jegyezni, hogy a kevés mintaszám miatt az összefüggést a kapcsolatot a későbbiekben célszerű újragondolni, ha több adat áll majd rendelkezésre.



9. ábra. Agyagok rugalmassági modulusa és egyirányú nyomószilárdsága közötti kapcsolat (Modulus of elasticity vs uniaxial compressive strength parameters of the clays with linear regression)



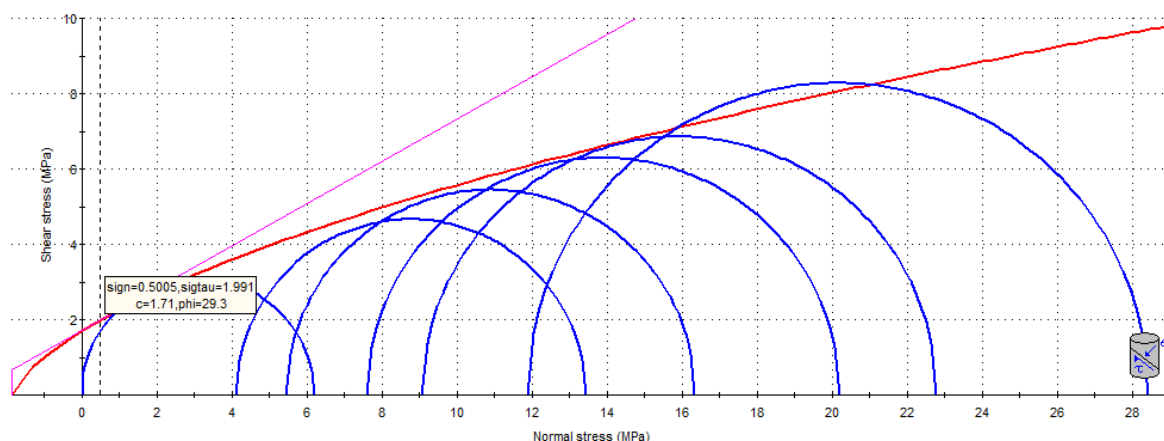
10. ábra. Andezittuffák rugalmassági modulusa és nyomószilárdsága közötti kapcsolat (Modulus of elasticity vs uniaxial compressive strength of the andesite tuffs with linear regression line)

4.2 Triaxiális vizsgálat eredményei

Triaxiális vizsgálatokat csak kevés mintaszámmal sikerült végezni, ugyanis a minták a geotechnikai értelemben vett talajoktól jóval szilárdabbak voltak, azaz kiszúrni lehetetlen volt belőle mintákat. Ahhoz viszont nem voltak elég szilárdak a legtöbb esetben, hogy vízöblítéses kőzetfúróval egyszerűen kialakítható legyen a vizsgálathoz szükséges próbatest, sok minta a fúrás közben szétesett. A magfúrás átmérője (80 mm) pedig nem tette lehetővé az átalakítás nélküli vizsgálatukat, mivel a legnagyobb Hoek-cella átmérője is csak 54 mm.

Így törési határgörbét csak a Kovári módszerrel, azaz lépcsőzetes terheléssel volt lehetőségünk törési határgörbe meghatározására. Optimális esetben egy próbatesten 5 különböző feszültség szintet is tudunk vizsgálni (11. ábra). A törési határgörbét is csak próbatestenként tudtuk meghatározni, mert nem állt rendelkezésre egy típusú kőzetből több próbatest.

A 11. ábrán egy kőzetlisztes agyag vizsgálati eredménye látható normál és nyírófeszültségi síkon a RocData szoftverrel ábrázolva, a Mohr-körök burkolója a parabola alakú törési határgörbe. A nyírószilárdságot 0,5 MPa környezeti feszültségnél a parabolához illesztett egyenes meredeksége és tengelymetszéke adta meg. A vizsgálati eredményeket a 3. táblázat tartalmazza, különböző kőzettípusok esetén.



11. ábra. Kőzetlisztes agyag triaxiális vizsgálatának eredménye, törési határgörbe és közelítő érintő (Results of the triaxial tests of the silty clay, failure curves and linear failure envelope)

A legnagyobb nyírószilárdsága az áthalmozott andezittuffának van, a két különböző agyagmintának a nyomószilárdság vizsgálatoknál tapasztaltakkal azonosan itt is eltérő eredmények adódtak (3. táblázat).

3. táblázat. A triaxiális vizsgálatok eredményei (Results of the triaxial tests)

Minta			Testsűrűség [kg/m ³]	UH terj. seb. [km/s]	Rug. mo- dulus [MPa]	Súrlódási szög [fok]	Kohé- zió [MPa]	Azonosítás
Minta száma	Fúrás jele	Minta szárma- zása [m]						
64	A5	35,35-35,77	1572	1,31	296,7	42	0,99	Áthalmazott andezittufa
81	A5	76,05-76,30	1443	3,17	728,6	16	1,19	Kőzetlisztes agyag, limonitos foltokkal
91	A5	93,44-93,52	1568	1,98	1205,0	17	1,15	Finomhomokos aleurit
98	A6	13,70-14,00	1660	1,61	441,8	26	0,86	Tufából képződött finom- homok, tufa kötőanyaggal
100	A6	24,90-25,30	1808	1,98	1164,8			Kékesszürke agyag
101	A6	33,70-34,00	2014	1,53	833,0	46	0,60	Kékesszürke agyag

5 KÖVETKEZTETÉSEK

A felszínmozgás-veszélyes Avas domb északi oldalán az évek óta folyó kutatások ellenére, csak most készültek olyan feltárások, melyek segítségével pontosan leírható a hegyoldal geológiai felépítése, meghatározható a meredek lejtő rétegsora. A 100 m-es mélységű magfúrások a pontos geológiai leírások mellett lehetőséget biztosítottak a rétegek állapotának, tagoltságának meghatározására, valamint az egyes feltárt közettípusok közetfizikai laboratóriumi vizsgálatára, közetmechanikai leírására.

Az elemzett két fúrás maganyagának laboratóriumi vizsgálatából és az eredmények részletes értékeléséből kitűnik, hogy az Avas igen komplex geológia felépítéséből következően, az 50 db minta vizsgálati eredményei alapján nem lehet minden rétegre vonatkozó megállapításokat tenni. A legtöbb mintaszámmal szereplő agyagokra és andezittufára összefüggéseket találtunk több fizikai paraméter között, így a nyomószilárdság és rugalmassági modulus értékei között is. A leggyakoribb közetváltozatoknál az ultrahang sebesség és testsűrűség, a mélység és a testsűrűség kapcsolatát meg lehetett határozni.

A vizsgálatok és a kutatás további folytatása nagy fontosságú, ugyanis a felszínmozgás szempontjából lényegesek a vékony rétegek is, mert alapvetően befolyásolhatják a hegyoldal stabilitását. A mozgások kiváltó okai között első helyen a víz szerepel. Ezért a rétegsor egyes közettípusainak viselkedése vízzel telített állapotban, azaz a víz hatására bekövetkező fizikai tulajdonságok változása is kiemelt kutatási irány. Azaz a légszáraz és a vízzel telített minták szilárdsági jellemzőinek összehasonlítása, a változási tényező meghatározása is szükséges a jövőben.

6 IRODALOMJEGYZÉK

- Gálos M. – Vásárhelyi B. 2006. *Kőzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban*. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 144 p.
- ISRM 1983. Suggested Methods for Determining the Strength of Rock Materials in Triaxial Compression: Revised Version, *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. és Geomech. Abstr.*, 20, 6, 285-290.
- Kozák Miklós – McIntosh Richard W. – Pláztán József – Vincze László – Mocsár-Vámos Mariann, Geokomplex Kft. 2013. Térképkészítés és kapcsolódó stabilitási vizsgálatok, geofizikai munkák-Földtani, mérnökgeológiai-geotechnikai és geofizikai előkutatások eredményei, Miskolc MJV Önkormányzata által koordinált és finanszírozott Avas-Észak komplex rekonstrukciós program, *Kézirat*, p.270.
- Vámos M. – Hajnal G. 2009. A miskolci északi Avas lejtő mérnökgeológiai és hidrogeológiai vizsgálata. *Mélyépítés*, 3. 12-19.p.
- Vámos M. – Kozák M. – McIntosh R.W. – Léber T. – Török Á. 2012. Engineering geological investigations in the historical cellars of the Avas hill in Miskolc (North Hungary). *ACTA GGM Debrecina Geology, Geomorphology, Physical Geography Series*, Vol 6. (megjelenés alatt)
- Vámos M. – Léber T. – Görög P. – Kozák M. – Török Á. 2011. Slope stability analysis of volcanosediments undercut by cellars with FEM analyses. In: Anagnostopoulos, A., Pachakis, M., Tsatsanifos, C. (ed.) *Proceedings of 147, the 15th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1297–1334.