

## Bátaapáti gránitos kőzetek tagoló felület menti nyírószilárdsági vizsgálatának összehasonlítása korábban végzett hasonló mérésekével

The comparison of direct shear strength test results of Bátaapáti granitic rocks, with previously delivered similar test procedures

Buocz Ildikó

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, ildikobuocz@yahoo.com

Rozgonyi-Boissinot Nikoletta

BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, rozgonyi.boissinot.nikoletta@gmail.com

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Az alábbi cikk a Bátaapátiban épülő Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (NRHT) befogadó kőzetén elvégzett újabb közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatok eredményeit közli, melyek Svájcban az École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Kőzetmechanika Laboratóriumában készültek. Ismerteti a kőzet maximális és reziduális nyírószilárdságát a nyíróelmozdulás függvényében, valamint a súrlódási tényező értékét. A vizsgálat és az eredmények kiértékelése az International Society for Rock Mechanics (ISRM) ajánlása alapján valósultak meg (1974). A cikk vizsgálja az új mérési eredmények és a 2010-ben elvégzett közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatokból származó értékek kompatibilitását. A tanulmány célja, hogy további hasznos információkat szolgáltatson a még folyamatban lévő projecthez, valamint részét képezze egy tágabb kutatási témának, amelyben az iparnak szolgáltatott adatok és egy részletesebb, több szempontot is figyelembe vevő kísérletsorozatról származó eredmények kerülnek összehasonlításra.

**ABSTRACT:** The following article gives data about the direct shear strength tests of the host rocks of the Bátaapáti National Radiactive Waste Repository for low and medium active radioactive waste. The tests were carried out in Switzerland at the Laboratory for Rock Mechanics at the École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). The paper provides data on the values of the maximal and residual shear strength, as well as the apparent cohesion, internal angle of friction and the friction coefficient. The experiments were carried out following the suggestions of the International Society for Rock Mechanics (1974), and the results were calculated accordingly. The paper analyses the compatibility of the direct shear strength test results deriving from 2010 and the new test results. The goal of the study is to provide further information for the on-going project, and to be part of a broader research topic. The latter aims to compare the data given for the industry and the results deriving from a series of experiments considering several additional parameters.

*Kulcsszavak:* tagolt kőzet, közvetlen nyírószilárdság, Bátaapáti

*keywords:* jointed rock, direct shear strength test, Bátaapáti

### 1 BEVEZETÉS

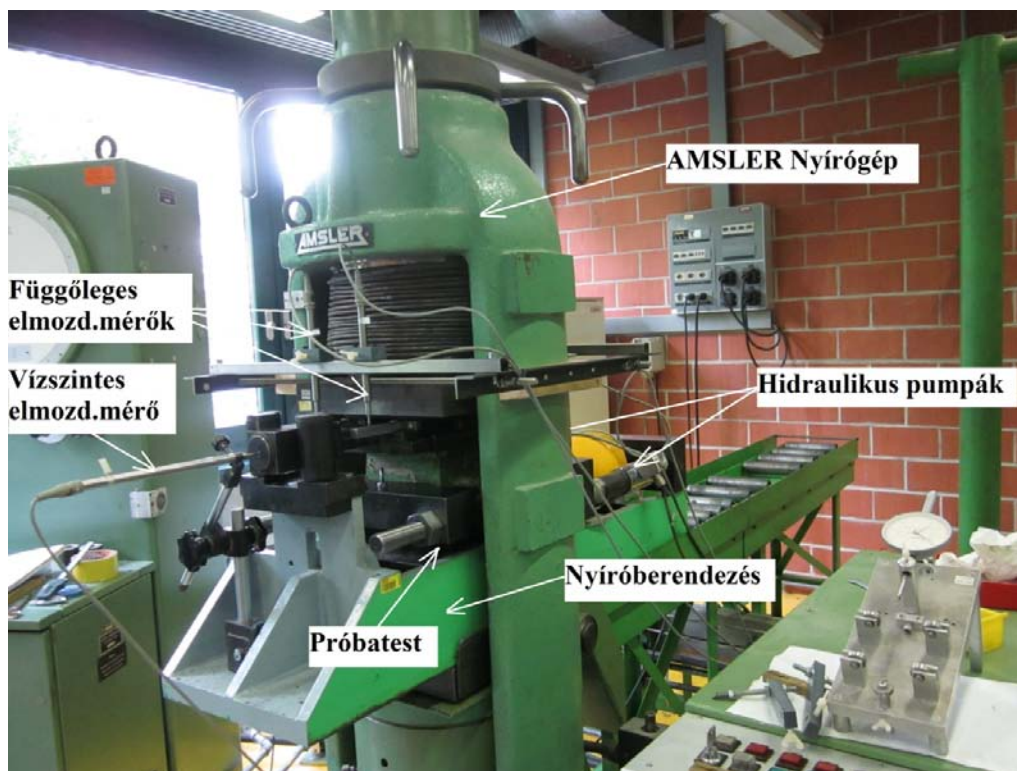
Világszerte központi kérdés a radioaktív hulladék tárolásának biztonságos megoldása (Török, 2012). Napjainkban egyelőre csak a kis és közepesen aktív radioaktív hulladék elhelyezése valósult meg, több ország között Magyarországon is. Egy ilyen fontosságú létesítmény megépülését, a helyszín biztonságos kialakításának, a szakszerű megtámasztási módszerek helyes kiválasztásának érdekében számos kőzetmechanikai vizsgálat előzi meg. Lényeges, hogy a kőzet alkalmas legyen radioaktív hulladék befogadására, így a tagoltságok minősége és tulajdonságainak ismerete kulcsfontosságú. A Bátaapáti Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló (NRHT) befogadó kőzete tagoltságokkal sűrűn átszótt monzonit és monzogránit (Király et al. 2008), melyeknek a kőzetmechanikai vizsgálatával a BME korábban elkezdett foglalkozni (Török et al. 2011). A tagoló felületek mentén nyírószilárdsági vizsgálatok először 2010-ben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének Anyagvizsgáló laboratóriumában készültek (Buocz, 2010). A tároló első szakaszának megépítése közben lehetőség nyílt további természetes tagoltság menti kőzetminták begyűjtésére. Ezekből a kőzetekből kialakított újabb próbatesteken nyírószilárdsági vizsgálatok készültek Svájcban az École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Kőzetmechanika Laboratóriumában. A cikk ismerteti a vizsgálati módszert, a mérési eredményeket, valamint az új eredmények összehasonlítását a régivel.

## 2 PRÓBATEST KIALAKÍTÁSA

A tagoló felület menti próbatestek beszerzése körülményes feladat, mert általában csak az egyik fele elérhető a mintának, a másik fele a fejtés során leválik és összekeveredik a többi lebontott kőzettel. Így sajnos a közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatok elvégzéséhez limitált mennyiségű próbatest áll rendelkezésre. Nyolc mintából a felületi érdesség alapján négy kissé érdes, kettő érdes és kettő mállott felületű próbatest került kialakításra. Valamennyi tagoltság nyitott és kitöltetlen jellegű volt. 50x50 mm négyzet alapú próbatestek készültek, melyeket gyémántporos korongú fűrészgéppel vágtak méretre a begyűjtött kis tömbökből. A nyíróberendezéshez tartozó fém mintatartó dobozba a próbatesteket be kellett betonozni, hogy a vizsgálat során a fix pozíciójukat tartani lehessen. A próbatestek gránitos kőzetek ezért befogó anyagnak nagyszilárdságú gyorskötő beton lett kifejlesztve. A nyírószilárdsági vizsgálat elvégzése és a próbatest bebetonozása között minden esetben minimum 7 nap telt el, hogy a beton elérhesse a maximális szilárdságát és valóban fix pozíciót tudjon biztosítani a mintának, hogy ne menjen előbb tönkre, mint maga a próbatest.

## 3 A NYÍRÓBERENDEZÉS ISMERTETÉSE

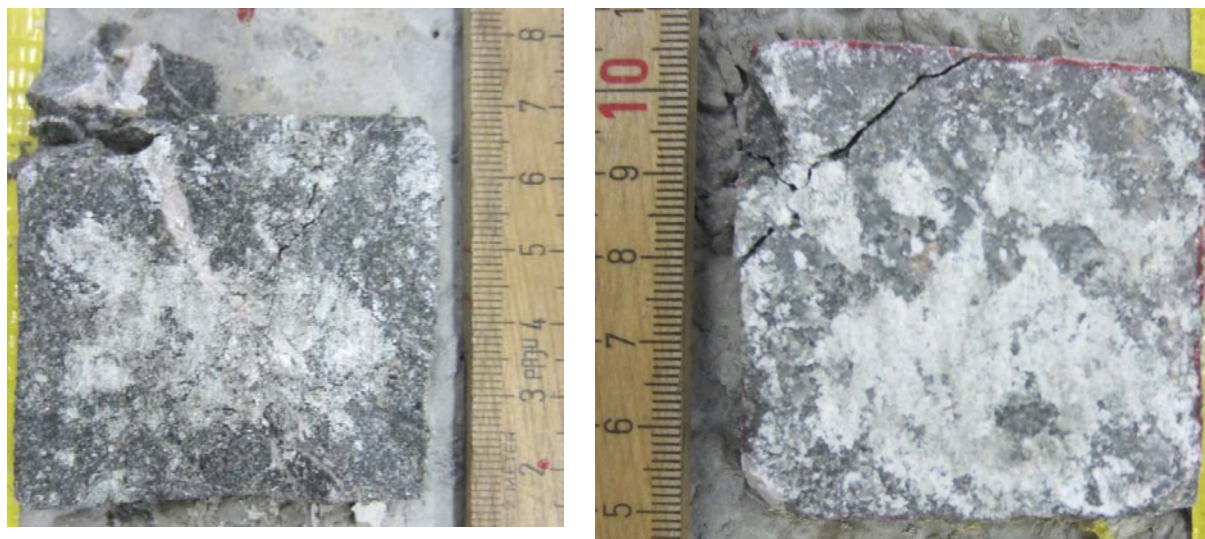
Egy AMSLER típusú nyomógéppel egybeépített nyíróberendezés állt rendelkezésre a közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatok elvégzéséhez (1. ábra). A gép a beállított kezdeti nyomóerőt a kísérlet végéig tartja, a dilatáció megengedett. A minimum nyomófeszültség, amivel a gép még értékelhető adatokat szolgáltat, 2MPa. A nyíróberendezést két hidraulikus pumpa működteti, amelyeknek a mérési adatait adatrögzítő tárolja. A normálerő nagyságát is külön erőmérő cella méri. Három függőleges és egy vízszintes, a nyírás irányával megegyező elmozdulásmérő szolgáltat adatokat a próbatest mozgásáról.



1. ábra. A vizsgálathoz felhasznált nyíróberendezés (The shear machine used for the tests )

## 4 A NYÍRÓSZILÁRDSÁGI VIZSGÁLAT MENETE

A nyírószilárdsági vizsgálatok az International Society for Rock Mechanics (ISRM) ajánlott módszere alapján készültek (1974). Miután a próbatest bekerült a gépbe, be lett állítva a mérés alatt alkalmazott konstans normálfeszültség. A korábbi mérésekkel ellentétben, ez úttal nem lépcsős vizsgálat készült, hanem egy próbatesthez csak egy normálfeszültség tartozott. Így készült négy mérés 5 MPa, és négy mérés 10 MPa normálfeszültséggel, mindkettő esetben két kissé érdes, egy érdes és egy mállott felületű próbatesten (2. ábra). A gép elmozdulás-vezérlésű volt, 0,8 mm/perc sebességgel működött. A nyíróelmozdulás minden esetben 5 mm volt, ami nem haladta meg az oldalhossz 10 %-át, mint ahogy azt az ISRM is javasolja. A mérés közben a nyírógéppel összekötött számítógépen követni lehetett a mérési eredményeket.



2. ábra. 5 MPa normálfeszültséggel és 10 MPa normálfeszültséggel nyírt próbatestek (*Specimens sheared under 5 MPa normal stress and 10 MPa normal stress*)

## 5 MÉRÉSI EREDMÉNYEK

A mérések az ISRM ajánlása alapján lettek kiértékelve (1974). A limitált mennyiségű próbatestből származó eredményekből maximális nyírószilárdság, reziduális nyírószilárdság, valamint a nyírási tényezőnek az értéke lett számítva, amelyeket az 1. táblázat szemlélteti.

**1. táblázat.** Közvetlen nyírószilárdsági vizsgálat eredményei gránitos próbatesteken (*Results of direct shear strength tests of granitic rocks*)

Minta neve	Normál feszültség [MPa]	Maximális nyírószilárdság [MPa]	Reziduális nyírószilárdság [MPa]	Nyírási tényező ( $\tau/\sigma$ ) [-]
BG_13-04-26_R	10.70	13.22	10.91	1.23
BG_12-09-11_W	9.95	9.91	5.55	0.67
BG_12-09-11_MR	10.12	10.06	6.67	0.63
BG_13-04-26_MR	9.97	9.94	6.44	0.86
BG_13-05-09_R	4.99	4.97	3.63	1.01
BG_13-05-24_W	5.31	2.51	2.65	0.48
BG_13-06-06_MR_1	6.00	4.28	3.62	0.73
BG_13-06-06_MR2	5.25	2.11	2.05	0.41

## 6 A 2013-AS ÚJ ADATOK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA A 2010-ES MÉRÉSEKÉVEL

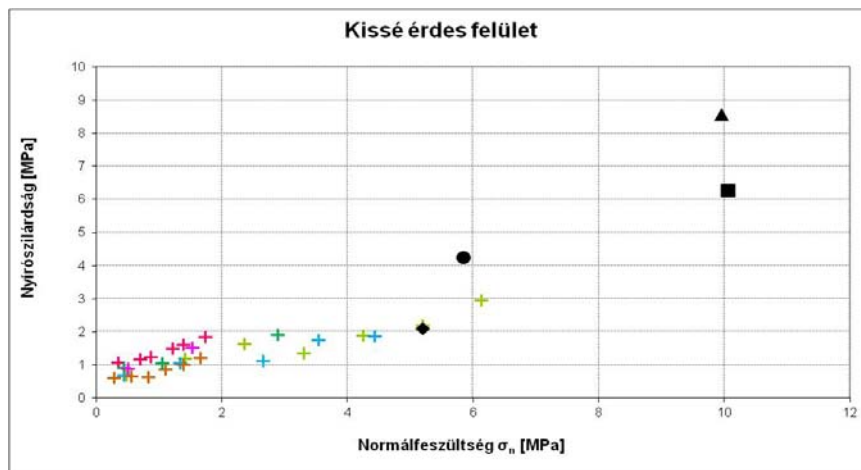
A 3. és a 4. ábra szemlélteti a 2010-es nyírószilárdsági vizsgálatok eredményét a 2013-ban elvégzett nyírószilárdsági vizsgálatok eredményével kiegészítve. A 3. ábra a kissé érdes, a 4. ábra az érdes felületű mintacsoportokhoz tartozik. Mindkettő ábrán a régi eredményeket kereszt jelöli. Az ugyanolyan színű kereszt egy méréshez tartoznak, hiszen akkor lépcsős tesztek készültek. A fekete tömött jelölések a 2013-as vizsgálatok eredményei. Ebben az esetben mindegyik jelölő alak másik méréshez kapcsolódik. A 4. ábrán az érdes felületű próbatesteknél a jelölés azonos a 3. ábrán használtakéval. Mindkettő ábrán jól látható, hogy az új mérési eredmények nem illeszkednek a 2010-es mérésekre illeszthető elméleti törési határgörbe vonalára. Ez több okra vezethető vissza.

A 2010-es mérések próbatestei két nagy gránittömbből kerültek kialakításra, melyek a helyszínen egymás közelében voltak. Az új próbatestek a tároló különböző pontjairól származnak mind a régi mintákhoz, mind egymáshoz képest is.

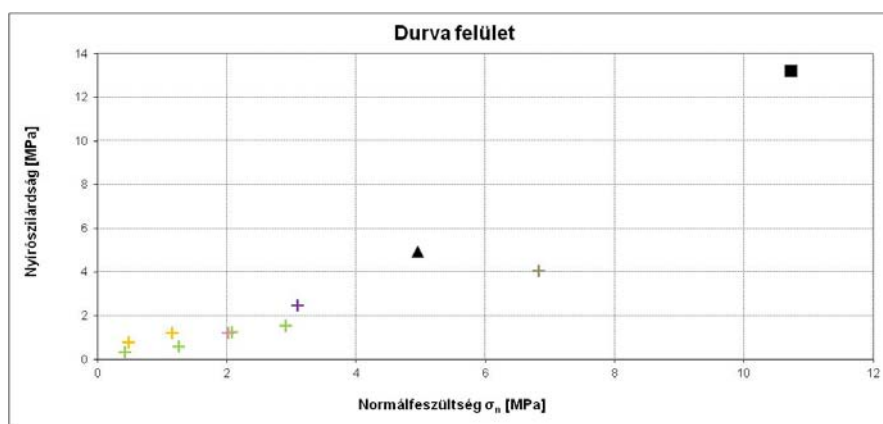
A mérési módszer a két esetben eltért. 2010-ben az értékek lépcsős mérésből származnak, míg a 2013-as méréseknél egy, a mérés elejétől a végéig tartó, állandó normálfeszültség alkalmazása mellett ment a próbatest tönkre.

A korábbi és az újabb mérések más nyíróberendezésen lettek elvégezve, ami szintén mérési eredménybeli különbséghez vezethet.

Az összehasonlítást nehezíti továbbá, hogy a régi mérések többnyire 5 MPa alatti normálfeszültséghez tartoznak, nincs korábbi adat ennél magasabb értékekhez, amivel össze lehetne egyeztetni az új mérési eredményeket.



**3. ábra.** Kissé érdes felületű próbatestek normálfeszültség – nyírószilárdság diagramja (kereszt: 2010-es, míg a tömör jelölések: 2013-as mérések) (*Normal stress – Shear strength diagram of samples with moderately rough surface - crosses: measurements of 2010, filled black signs: measurements of 2013*)



**4. ábra.** Érdes felületű próbatestek Normálfeszültség – Nyírószilárdság diagramja (kereszt: 2010-es, míg a tömör jelölések: 2013-as mérések) (*Normal stress – Shear strength diagram of samples with moderately rough surface - crosses: measurements of 2010, filled black signs: measurements of 2013*)

## 7 ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

A Bátaapáti NRHT befogadó gránitos kőzeten 2010-ben is és 2013-ban is készültek közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatok. Az új vizsgálatnál 5 MPa és 10 MPa konstans normálfeszültség mellett készültek a vizsgálatok, természetes, nyitott tagolófelületek mentén.

A két vizsgálat helyszíne, a minták tárolón belüli származási helye és a vizsgálati módszer mindkettő estében eltért egymástól. A fenti okok miatt az új eredmények nem illeszkednek jól a régi eredmények közé sem a kissé érdes, sem az érdes felületű mintacsoportok esetén.

Az új mérési eredmények tanulságosak, érdemes további vizsgálatok elvégzése a magasabb normálfeszültség tartományában. Javasolt továbbá a vizsgálati módszerekből adódható eredménymódosító hatás elemzése.

## 8 IRODALOMJEGYZÉK

- Buocz, I.; 2010: Nyírószilárdsági vizsgálatok szerepe a bátaapáti közepes aktivitású radioaktív hulladéklerakó kőzetkörnyezetének értékelésében, *Diplomamunka*; p. 75.
- ISRM 1974: Suggested Methods for Determining Shear Strength. – *International Society for Rock Mechanics Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests*, 1, 131–140.
- Király, E.; Gulácsi, Z.; Koroknai, B.; 2008: A Mórággyi gránit formáció integrált értékelése, – *Kézirat, Magyar Állami Földtani Intézet*, Budapest, RHK Kht., Paks, RHK-K-010/08; pp. 1.-46.
- Török Á., Görög P., Buocz I. 2011. Bátaapáti tároló kőzetkörnyezetének kőzetfizikai laborvizsgálatai. In: *Építőmérnöki Kar a Kutatóegyetemért*, BME Építőmérnöki Kar kiadványa, Budapest, 19-24.
- Török Á. 2012. *Radioaktív hulladékok elhelyezésének lehetőségei*. In: Török Á., Görög P. (szerk.) *Kőzetmechanika és kőzetkörnyezet szerepe a radioaktív hulladéklerakók kialakításánál*. Terc, Budapest, 5-15.