

# Szilárdsági vizsgálatok eredményei közötti összefüggések a Bábaapáti térségében mélyített fúrások kőzetanyagán

Buocz Ildikó

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, ildikobuocz@yahoo.com

Gálos Miklós

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, mgalos@freemail.hu

**ÖSSZEFOGLALÁS:** Kőzetek szilárdsági tulajdonságai közötti összefüggések jól szemléltetik a kőzet-tani változatosságot. A bemetszett próbatestes eljárással meghatározott un. tiszta nyírószilárdság és a Brinke-szám függvényében számítható nyírószilárdság különbözősége a nyomó- és a húzószilárdság viszonyától függ. A tanulmány Bábaapáti térségében mélyített fúrások változatos kőzettani felépítésű gránitjain végzett vizsgálatokkal meghatározott szilárdsági tulajdonságok közötti összefüggéseket értékeli.

*Kulcsszavak:* nyomószilárdság, húzószilárdság, nyírószilárdság, Brinke-szám, granoidok

## 1 BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A kőzetmechanikában a kőzetek szilárdsági tulajdonságai, mint határszilárdsági értékek jelennek meg. Ezekkel a határszilárdsági értékekkel tudjuk a törés és épenmaradás határfeltételének jellemző értékeit a méretezési, illetve szerkezet-ellenőrzési feladatokhoz megadni. A kőzetek tönkremenetelének vizsgálata szempontjából a szilárdságtani határértékek, mint a nyomó-, a húzó- a hajlító-, a nyíró- a csavarószilárdság minősítő anyagjellemzők.

A szilárdsági vizsgálatok eredményei között kimutatható összefüggések lehetőséget biztosítanak ahhoz, hogy kevés mintaanyag esetén, amennyiben nem lehet mindegyik szilárdsági vizsgálatot elvégezni, úgy a kimunkált összefüggések segítségével a hiányzó tulajdonságjellemzőket megfelelő biztonsággal pótolni tudjuk.

Ismeretes, hogy a szilárdsági tulajdonságok között kidolgozható összefüggéseket a kőzettani változosság határozza meg. Bábaapáti térségében mélyített fúrások kőzetanyagán végzett szilárdsági vizsgálatok eredményei alkalmasak e megállapítás igazolására. A szilárdsági vizsgálatok eredményei közötti összefüggéseket a

Bek-2

Bek-3

Bek-4

Bek-6

Bek-7

fúrások magmintáinak feldolgozása szerint mutatjuk be.

## 2 SZILÁRDSÁGI TULAJDONSÁGOK MEGHATÁROZÁSÁNAK MÓDSZEREI

### 2.1 Egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat

A kőzetek nyomószilárdságát egyirányú nyomószilárdsági vizsgálattal határozzuk meg (MSZ 18285/1:1986). A hengeres próbatestet, melyek kialakítása 2:1 (magasság : átmérő) arányú, tengelyirányban törőgéphez helyezve egyenletes sebességű nyomás hatására a törési határállapot eléréséig terheljük, amely akkor következik be, amikor a minta már nem képes több nyomóerőt elviselni. A legmagasabb nyomóerőből, más néven a törőerőből számítható a kőzet nyomószilárdsági értéke.

Számítása a következő képlettel lehetséges:

$$\sigma_c = \frac{F}{A} \quad (1)$$

ahol  $\sigma_c$  nyomószilárdság  
 F törőerő  
 A nyomott felület

### 2.2 Közvetett húzószilárdsági vizsgálat

A közvetett húzószilárdsági vizsgálat, más néven Brazilvizsgálat elvégzéséhez 1:1 arányú hengeres próbatestek szükségesek (MSZ 18285/2:1979). A minták vonal mentén tengely iránnyal merőlegesen egyenletes sebességgel terheltek. A harántkontrakció hatására a kőzet húzásra megy tönkre, melyet a kőzet húzószilárdságának hívnak.

$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi dh} \quad (2)$$

ahol  $\sigma_t$  húzószilárdság  
 F törőerő  
 d próbatest átmérője  
 h próbatest magassága

### 2.3 Közvetlen nyírószilárdsági vizsgálat

A kőzetek nyírószilárdságának meghatározására több módszer ismeretes. Az egyik nagy csoportba tartoznak a közvetlen nyírószilárdsági vizsgálatok, melyekből a bemetszett próbatestek vizsgálata lesz ismertetve (Gálos & Kövesdi, 2006). A minták henger alakúak, amelyek egymással szemben két oldalról 1/3, 2/3 magasságban fél átmérőig vannak bevágva. Tengely irányú egyenletes sebességű nyomás hatására a középső harmad tengely irányban elnyíródik. A nyírószilárdság a következő összefüggésből számítható:

$$\tau = \frac{F}{A_{ny}} \quad (3)$$

ahol F elnyíródást okozó erő  
 $A_{ny}$  bemetszések közötti nyírt felület

### 2.4 Nyírószilárdság meghatározása húzó- és nyomószilárdságból

A kőzetek nyírószilárdságának értéke, amennyiben nincsen lehetőség laboratóriumi vizsgálatokra, az egyirányú húzó- és nyomószilárdsági vizsgálatok eredményeiből is számítható (MSZ 18285/3:1979). Ebben az esetben a két érték (húzó-nyomó) aránybeli kapcsolata más néven a Brinke-szám (B) befolyásolja leginkább a számított nyírószilárdságot.

$$\tau_{\sigma=0} = \frac{b}{a} \sqrt{c^2 - a^2} \quad (4)$$

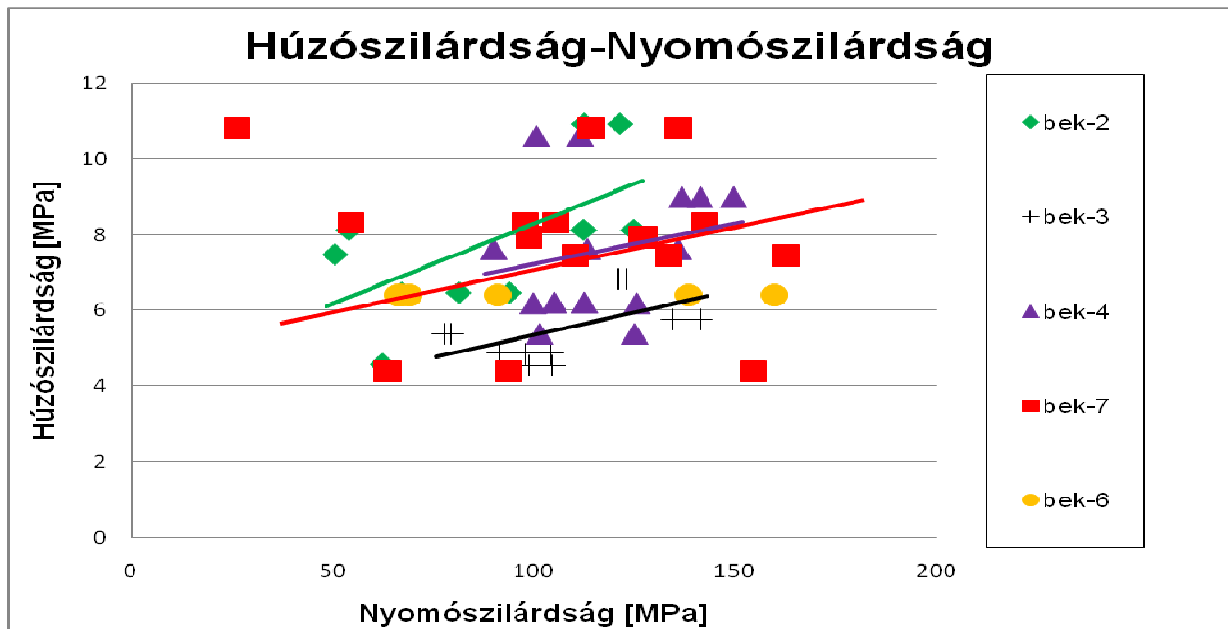
$$a = \frac{2|\sigma_t|}{B-3} \quad b = \frac{|\sigma_t|}{\sqrt{B-3}} \quad c = (a + |\sigma_t|) \quad B = \frac{\sigma_c}{|\sigma_t|}$$

## 3 AZ ÖSSZEHAJONLÍTÓ VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

A szilárdsági vizsgálatok eredményei alapján a granoid összefoglaló kőzetnévvel vizsgált gránitváltozatokra mutatjuk be az összefüggéseket.

### 3.1 Összefüggés a húzó- és nyomószilárdság között

A húzó- és nyomószilárdság közötti összefüggés a mintaanyag kőzettani változatossága miatt szóródó eredményt mutatott (1. ábra).



1. ábra. Bek jelölésű próbatestek húzó- és nyomószilárdság diagramja

Az eredmények alapján a Bek-2 fúrás gránitjai:  $\sigma_t = 0,04 \times \sigma_c + 4,05$

**Bek-3 fúrás gránitjai:**  $\sigma_t = 0,02 \times \sigma_c + 3,00$

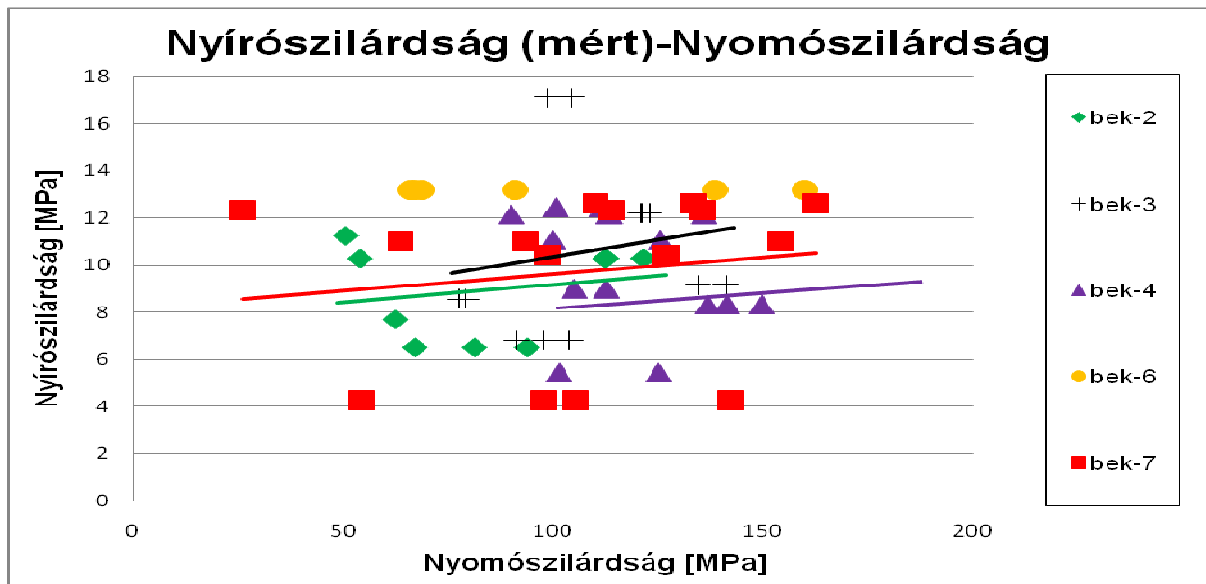
**Bek-4 fúrás gránitjai:**  $\sigma_t = 0,02 \times \sigma_c + 5,08$

**Bek-7 fúrás gránitjai:**  $\sigma_t = 0,02 \times \sigma_c + 4,80$

A Bek-6 fúrás mintaanyagján kezelhető összefüggés nem volt leírható.

3.2 Összefüggés a mért nyíró- és nyomószilárdság között

A bemetszett próbatesteken mért nyírószilárdsági értékeket a 2. ábra szemlélteti a nyomószilárdság függvényében.



2. ábra. Bek jelölésű próbatestek mért nyíró- és nyomószilárdság diagramja

Az eredmények alapján a Bek-2 fúrás gránitjai:  $\tau = 0,02 \times \sigma_c + 7,66$

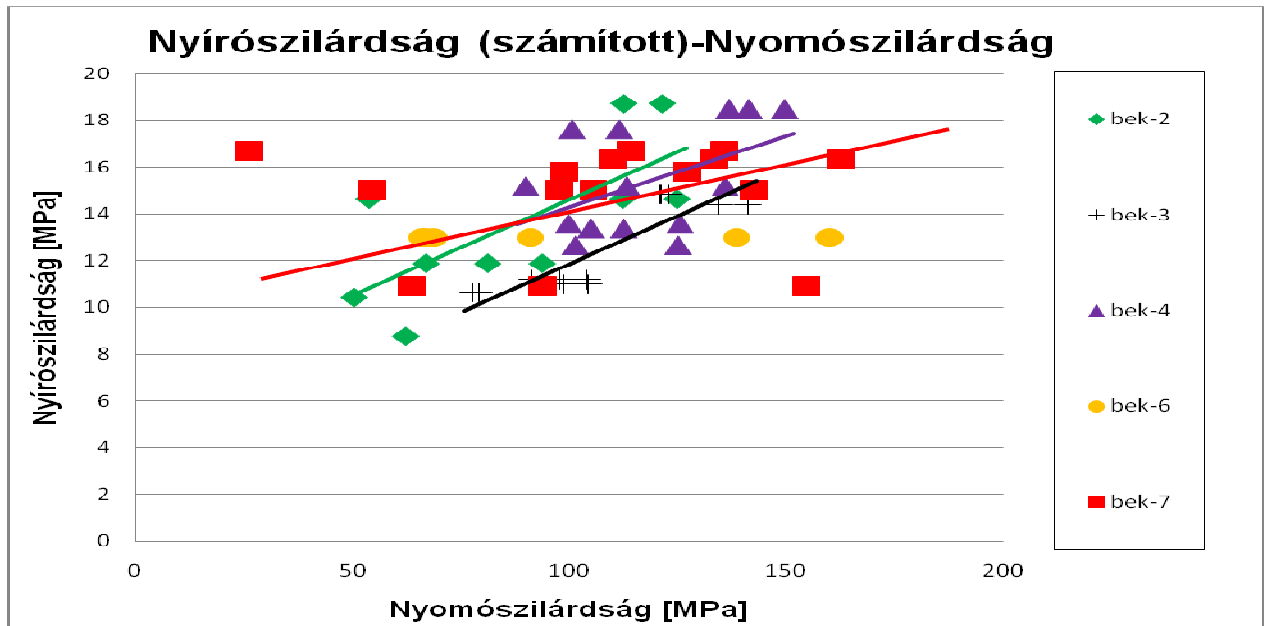
**Bek-3 fúrás gránitjai:**  $\tau = 0,03 \times \sigma_c + 7,47$

**Bek-4 fúrás gránitjai:**  $\tau = 0,02 \times \sigma_c + 6,80$

**Bek-7 fúrás gránitjai:**  $\tau = 0,01 \times \sigma_c + 8,21$

### 3.3 Összefüggés a számított nyíró- és nyomószilárdság között

A húzó- és nyomószilárdsági adatokból a Brinke-szám függvényeként számított nyírószilárdság és a nyomószilárdság kapcsolatát a 3. ábra mutatja be.



**3. ábra.** Bek jelölésű próbatestek számított nyíró- és nyomószilárdság diagramja

Az eredmények alapján a Bek-2 fúrás gránitjai:  $\tau = 0,08 \times \sigma_c + 6,44$

$$\text{Bek-3 fúrás gránitjai: } \tau = 0,08 \times \sigma_c + 3,65$$

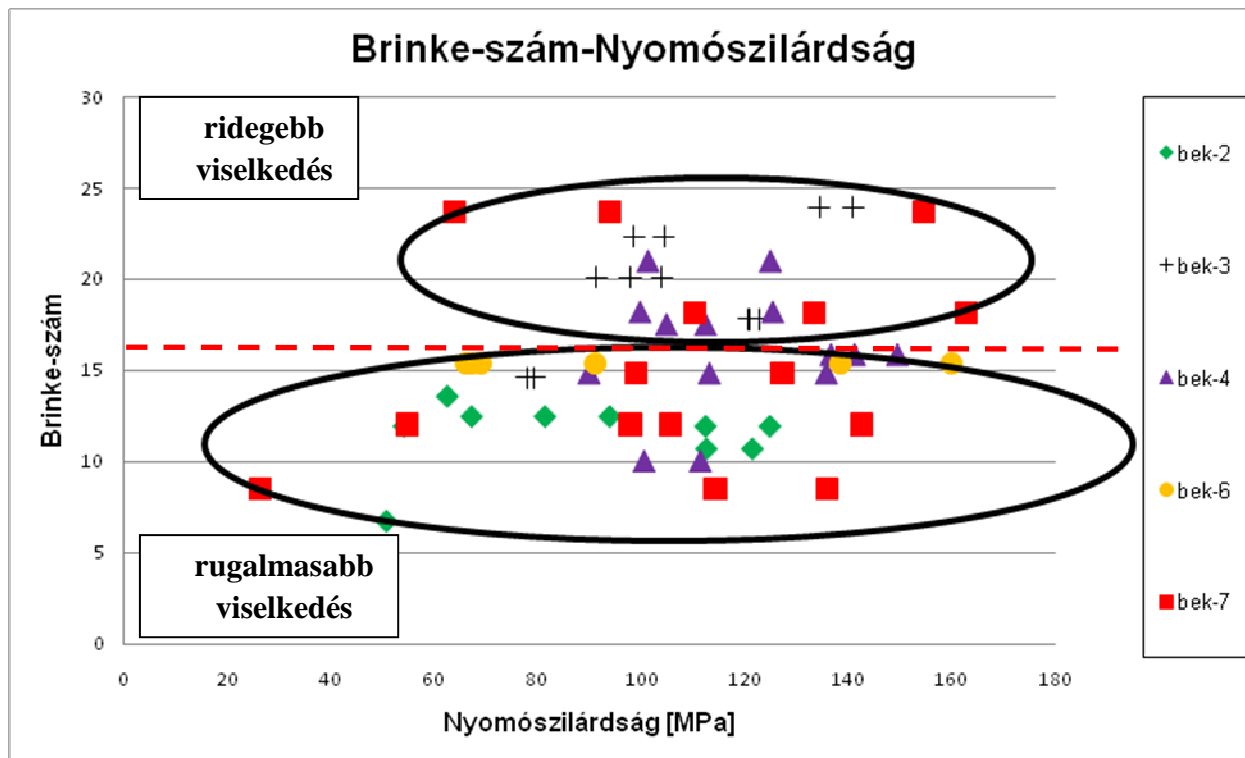
$$\text{Bek-4 fúrás gránitjai: } \tau = 0,06 \times \sigma_c + 8,21$$

$$\text{Bek-7 fúrás gránitjai: } \tau = 0,05 \times \sigma_c + 10,00$$

A számított és mért értékek közötti eltérés a Brinke-szám értékével magyarázható.

### 3.4 Összefüggés a Brinke-szám és nyomószilárdság között

A húzó- és nyomószilárdság viszonyát mutató Brinke-számot nem tekintjük anyagjellemzőnek. Számszerű értéke azonban a vizsgált kőzetváltozat rugalmas, illetve rideg viselkedésére utal. Minél kisebb az értéke, annál lágyabb, rugalmasabb viselkedésű, minél magasabb az értéke, annál ridegebb viselkedésű a vizsgált kőzet. A két állapot közötti határ  $B=16$ -ra vehető fel. A jelen esetben vizsgált kőzetek Brinke-szám és nyomószilárdság közötti kapcsolat a 4. ábrán látható.

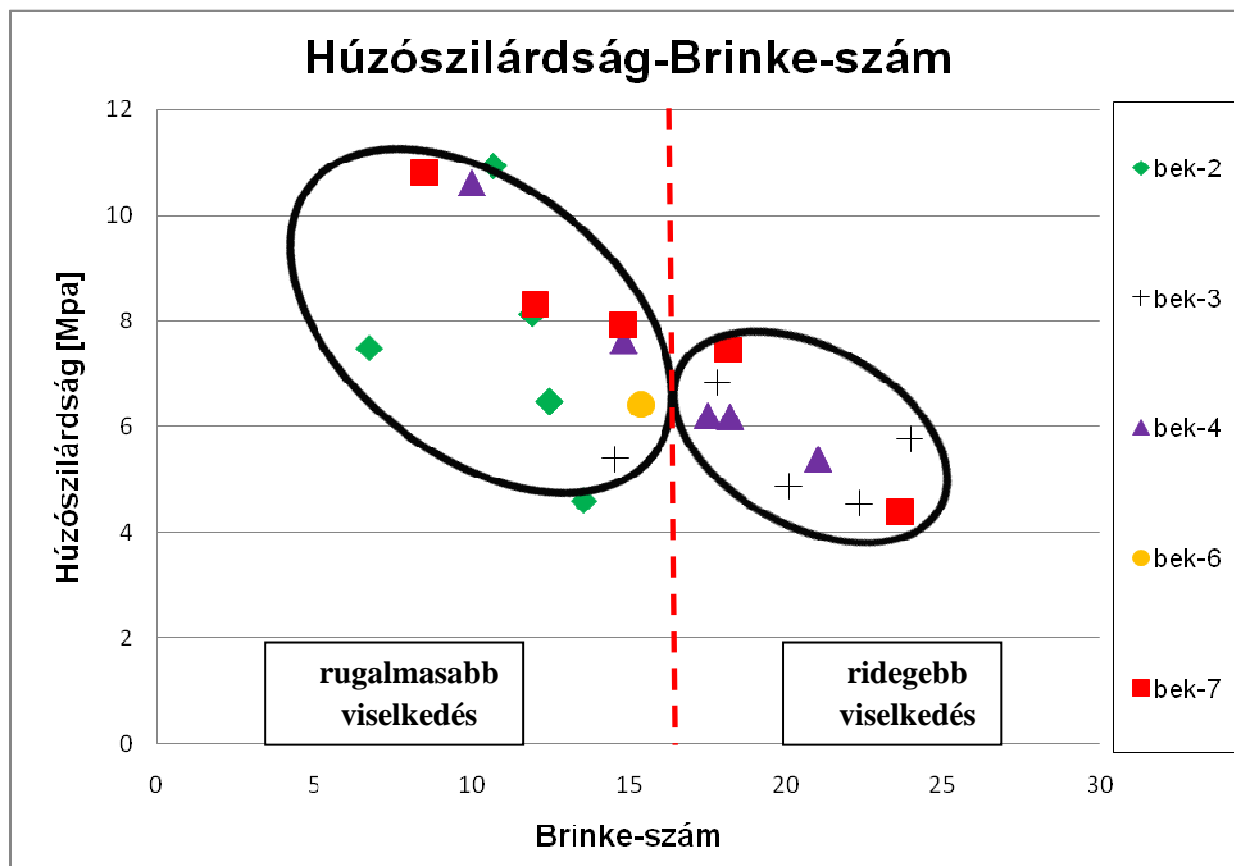


4. ábra. Bek jelölésű próbatetek Brinke-szám és nyomószilárdság diagramja

Az eredmények alapján a Bek-2 és Bek-6 jelű fúrások gránitjai rugalmasan viselkedtek, míg a Bek-3 fúrás próbatestei ridegen. A Bek-4 és Bek-7 fúrásokból származó gránitok közül mindkettő csoportba tartozó minta előfordult.

### 3.5 Összefüggés a Brinke -szám és húzószilárdság között

A Brinke-szám és húzószilárdság közötti kapcsolatot az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra. Bek jelölésű próbatetek Brinke-szám és húzószilárdság diagramja

Az eredmények hasonló viselkedést mutatnak, mint a Brinke-szám - nyomószilárdság esetében.

#### 4 ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

Kőzetmechanikai feladatok megoldásánál a szilárdsági paraméterek fontos anyagjellemzők. Gyakorlati feladatok megoldásánál gyakran szükségünk van az anyagjellemzők közötti összefüggés ismeretére. Figyelemmel kell azonban lennünk arra a tényre, hogy anyagjellemzőkkel és nem anyagtulajdonságokkal van dolgunk. A szilárdsági jellemzők számszerű értékei függenek a vizsgáló eljárástól, azaz vizsgálati paraméterekkel terheltek.

A szilárdsági anyagjellemzők között kimutatott összefüggések a Mórógyi-rög vizsgált gránit (granoid) kőzetváltozataira használhatók. A kimunkált összefüggések csupán tendenciát mutatóak, mivel a vizsgálati eredmények jelentős szórással terheltek. A pontosítás a kőzettani, települési jellemzők, valamint a vett minták mélységbeli elhelyezkedésének figyelembe vételével történhet meg.

#### KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki a vizsgálatok során kapott segítségért Emszt Gyula tanszéki mérnöknek, Árpás Endre és Pálinkás Bálint laboránsoknak.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

Gálos M., Kövesdi B. 2006. Kőzetek nyírószilárdságának meghatározása bemetszett próbatesteken. In: Török Á., Vásárhelyi B. (szerk.) *Ménökgeológia-Kőzetmechanika 2006*. Műegyetemi Kiadó, Budapest. 53-59.

MSZ 18285/1:1986 számú Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. Egyirányú nyomóvizsgálat.

MSZ 18285/2:1979 számú Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesten. Közvetett húzóvizsgálat.

MSZ 18285/3:1979 számú Építési kőanyagok szilárdságvizsgálata próbatesteken. Triaxiális vizsgálat.