

Minősítő szilárdsági vizsgálatok a kőzetmechanika szemléleti rendjében

Gálos Miklós

BME. Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, e-mail mgalos@freemail.hu

Kertész Pál

BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, e-mail kerpal@freemail.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: Építőkövek szilárdsági- és alakváltozási tulajdonságainak meghatározása a klasszikus mechanika feltételi rendszerében történik. A vizsgálatok során a mintára vonatkozó általánosítás a háromfázisú kőzetmodell szerinti, ami azt jelenti, hogy a vizsgálatok eredményei az adott, vagy létrehozott közetfizikai állapothoz köthetők. A vizsgálatok egyszerűen kezelhető feszültségi- és alakváltozási állapotban, általában főfeszültségi-, főalakváltozási állapotban készülnek. A vizsgálatok során értékeljük a folyamatot, tehát a feszültség és alakváltozás közötti függvénykapcsolatot, valamint a tönkremenetel, azaz az anyagi összefüggés megszakadásának határfeltételeit.

Kulcsszavak: nyomószilárdság, húzószilárdság, nyírószilárdság, hajlítószilárdság, laboratóriumi szilárdsági vizsgálatok

1 SZILÁRDSÁGI TULAJDONSÁGOK AZ ÉPÍTÉSI KÖANYAGOK MINŐSÍTÉSI RENDJÉBEN

Építőkövek legfontosabb műszaki tulajdonságai a szilárdsági- és alakváltozási tulajdonságok. A különböző építőkövek termékeknél a beépítés feltételei is legtöbbször a szilárdsági tulajdonságokhoz kötöttek. Különösen érvényes ez a megállapítás a teherviselő kőszervezetek esetében.

Tapasztalatokon alapuló beépítés megfelelőségét, szilárdsági vizsgálati eredményekkel, először E.M. Gauthey bizonyította a párizsi Sainte Geneviève templom (1757-) építésénél. Hazánkban 1885-ben a közlekedésügy miniszteri rendelettel szabályozta, hogy a hazai építési kőanyagokat vizsgálni kell. Vizsgálatokra a Magyar kir. József- Műegyetem Műszaki mechanikai laboratóriumát jelölte ki. A laboratórium ez időben már rendelkezett olyan vizsgálati tapasztalatokkal, amelyeket a gyakorlati életben hasznosítani lehetett. A laboratórium a vizsgálatok eredményeit 1878-tól „Közlemények”-ben tette közzé. A II. világháború utáni iparosítási törekvéseknek megfelelően indult meg a minősítő kőzetvizsgálatok szakterületén is az egységes elvek alapján történő vizsgálati és minősítési munka.

Építési kőanyagok szilárdsági- és alakváltozási tulajdonságainak vizsgálatára a Műegyetem, akkor Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén az ezerkilencszáznegyvenes évek végén, az ötvenes évek elején indultak meg a kutatások. Az alakváltozási vizsgálatokkal kiegészített nyomószilárdsági vizsgálatok, melyeket Kertész P. és Horváth J. végzett, máig e vizsgálat alapvizsgálatának tekinthető. A Tanszéken, amely az egyetemek egyesítése után a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékeként működött, kiépült az a közetfizikai, kőzetvizsgáló laboratórium, amelyben az építési kőanyagok szilárdsági és alakváltozási tulajdonságainak kutatása kiemelkedően fontos kutatási területté vált. A teljes terhelési szakaszra kiterjesztett hossz- és keresztirányú alakváltozásmérés vizsgálat-technikájának kidolgozása Gálos M., Kertész P., Kürti I. és Marek I. munkájának eredménye volt.

Az 1970-es évek elején a kőzetfizikai laboratóriumban Gálos M. és Kürti I. vezetésével megkezdődtek a kőzetek húzószilárdságával kapcsolatos kutatási munkák. Hazánkban először a Tanszék laboratóriumában készültek összeálló kőzeteken hasító húzószilárdsági (un. Brazil) vizsgálatok. A vizsgálat vizsgálattechnikai értékelésében Molnár I. nyújtott hathatós segítséget egy minisztériumi kutatási pályázat keretein belül.

Kertész P. irányításával Gálos M., Kürti I. és Szitnyai Gy. állították össze azt a triaxiális cellát, amellyel a törés határfeltételeinek vizsgálata vált lehetővé. A triaxiális vizsgálatok beindításához a kőzetfizikai laboratórium nagy segítséget kapott a Központi Bányászati Fejlesztési Intézettől, Bodonyi J. osztályvezetőtől.

Az 1970-es években végzett kutatások alapozták meg az építési kőanyagokra vonatkozó szabványsorozatban szereplő szilárdsági vizsgálati szabványok kidolgozását. Ez a maga korában egyedülállóan, egységes szemléleti rendszerben kimunkált szabványsorozat javaslati szinten a BME Ásvány- és Földtani Tanszékén készült el, majd a szabványosítási bizottság jóváhagyásával magyar szabványként (MSZ) látott napvilágot.

Építési kőanyagok szilárdsági minősítő vizsgálatai ettől az időtől kezdődően e vizsgálatok alapján készültek. A minősítési munkához kapcsolódó kutatási munkába és a kor kívánalmainak megfelelő vizsgálattechnikai fejlesztésekbe, az 1980-as évektől Deli Á., Vásárhelyi B., Rozgonyi N., Kárpáti L. és Görög P. folyamatosan kapcsolódtak be. Ezek a fejlesztések Kertész P., Gálos M. és Kárpáti L. laborvezetői munkájával és az időszakonként elnyert pályázatok anyagi lehetőségeivel voltak támogatottak.

A laboratóriumban folyamatosan a berendezések, az adatgyűjtés és adatkezelés fejlesztése, valamint a Marek I. által megkezdett számítástechnikai adatfeldolgozás folyamatos korszerűsítése történik.

A minősítő szilárdsági vizsgálatok rendjében az európai szabványok megjelenése jelentős szemléleti változást hozott. Ezt a változást megalapozta a köiparban bekövetkezett váltás. Az iparban a köfelhasználás a különböző lapburkolatok, szerelt homlokzati kőburkolatok, tehát a vékony és vastag kőlapok beépítése felé tolódott el. Ez egyben azt is eredményezte, hogy a tömbszilárdságot minősítő nyomószilárdság helyett, a kőzetanyagoknak a hajlító-igénybevétellel szembeni hajlítószilárdsága válik minősítő tulajdonsággá.

Az európai szabványok (MSZ EN) szerinti hajlítószilárdsági vizsgálatok – a vonal menti terhelés, illetve a pontszerű koncentrált terhelés hatására végzett vizsgálatok – vizsgálattechnikai értékelése jelenti az elkövetkező időszak fő kutatási területét. Ez alapozza meg az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék minősítő munkáját, melyben nagy segítséget nyújtanak a kőzetvizsgáló laborrészleg laboránsai. Korábban Schell L. és Árpás E., már hosszú idő óta pedig Árpás E. és Emszt Gy.

2 MINŐSÍTŐ SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK ANYAGSZERKEZETI ALAPJA

A szilárdsági minősítő vizsgálatoknál a vizsgálati mintát a kőzetekre jellemző, általánosított kőzetmodell szemléleti rendjében kezeljük. A kőzetek, mint a földkéreg természetes képződésű anyagai szilárd kőzetalkotókból és a szilárd kőzetalkotók közötti pórusokból, mint kőzetalkotókból, valamint a szilárd kőzetalkotók közötti kötésekkel épülnek fel. A pórusokban, illetve a pórusok által meghatározott pórusrendszerekben folyékony és/vagy légnemű halmazállapotú anyag van. A kőzetek fázisállapotát a környezeti hatások feltételrendszere határozza meg.

Az általánosított modell szerint a kőzetek olyan háromfázisú rendszerek, melyek kontinuumnak tekinthetők és környezetükkel egyensúlyi állapotban vannak. Az egyensúlyi állapot a kőzet kőzetfizikai állapotát határozza meg. Ezért jelenthetjük ki, hogy a kőzetek szilárdsági- és alakváltozási tulajdonságai minden esetben kőzetfizikai állapotuk szerinti. Tehát a tulajdonságjellemzők megadásakor a kőzetfizikai állapot a vizsgálati eredményhez hozzá kell rendelni.

A minősítés gyakorlatában mesterségesen, laboratóriumi körülmények között kialakított kőzetfizikai állapotokban végezzük a vizsgálatokat, illetve egy természetesnek tekinthető, de valóban mesterséges kőzetfizikai állapotban. Ez a laboratóriumi légszáraz kőzetfizikai állapot.

3 MINŐSÍTŐ SZILÁRDSÁGI VIZSGÁLATOK

3.1 Egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat

Az egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat egytengelyű főfeszültségi és térbeli főalakváltozási állapotban végzett vizsgálat. Az alakváltozási vizsgálattal kiegészített egyirányú nyomószilárdsági vizsgálat alkalmas arra, hogy a meghatározott feszültség-alakváltozási görbékből a közet rugalmas viselkedését jellemző rugalmassági modulust és a Poisson tényezőt meghatározhassuk.

A nyomószilárdsági vizsgálat során a határfeszültség értelmezésével az a gondunk, hogy az elemi cellaként kezelt mintában a tönkremenetel a belső feszültségátrendeződés következtében kialakuló nyírási sík, illetve síkok miatt következik be. Így a nyomószilárdság csak a nyírási törési elméletek szerint értelmezhető.

3.2 Húzószilárdsági vizsgálat

Az egyirányú húzószilárdság vizsgálata vizsgálattechnikai szempontból nehezen kivitelezhető. Ezért a húzószilárdság meghatározására az ún. közvetett húzószilárdsági vizsgálatot, a hasító húzószilárdsági vizsgálatot használjuk.

Körkeresztmetszetű tárcsa koncentrált terhelésre hatására síkbeli feszültségi és térbeli alakváltozási állapotban van. A tárcsa főmetszeteiben tiszta nyomó és húzófeszültség van. A rideg anyagoknál, amelyeknél a nyomó- és húzó határfeszültség hányadosa – azaz a Brincke-szám – 3-nál nagyobb a húzófeszültség hatására, a terhelő erő irányába eső főmetszet mentén szakadás jön létre.

Alakváltozásméréssel kiegészített hasító húzóvizsgálat (ún. Brazil vizsgálat) a rugalmasságtan feltételi rendszerének alkalmazása esetén alkalmas a rugalmassági modulus és a Poisson tényező meghatározására.

3.3 Többirányú feszültségi és alakváltozási állapotban végzett vizsgálatok

A különböző módszerrel végzett triaxiális vizsgálatok a törés határfeltételeinek meghatározására alkalmasak. Ezek építési kőanyagok minősítési rendjében nem szereplő vizsgálatok, viszont a közetek tönkremenetellel szembeni viselkedésének megítélésére, szemléleti rendünk kialakítására nagyon alkalmasak.

3.4 Nyírószilárdsági vizsgálat

A törésmechanikai elvek alapján végzett kutatások eredményeként az Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék közetvizsgáló laborrészlegében az ezredforduló után kifejlesztett vizsgálat, amelynél egytengelyű feszültségi állapotban levő, két bemetszéssel ellátott mintán határozzuk meg a nyírószilárdságot.

3.5 Hajlítószilárdsági vizsgálat

A rugalmas vonal differenciál egyenletének homogén, izotróp, rugalmas viselkedésű anyagra történő megoldása eredményeként a hajlított szelvény egyik szélső szálában húzó-, másik szélső szálában nyomófeszültség van.

Ezek a vizsgálatok váltak az építési kőanyagok minősítő vizsgálatává. A szabvány szerinti vizsgálattechnikai paraméterek értékelése alapján lehet majd a korábban végzett hajlítószilárdsági vizsgálatok eredményeit értékelni.

4 EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

Az építési kőanyagok minősítő szilárdsági vizsgálatait a homogén, rugalmas anyagi viselkedésű feltételrendszer szerint készítik. A vizsgálatokkal meghatározhatók azok a minősítő anyagjellemzők, amelyek a feszültségek és alakváltozások közötti, közetekre jellemző változást mutatják, valamint azok a feszültségi határértékek, amelyeknél az anyagi összefüggés megszakad.

IRODALOMJEGYZÉK

- Asszonyi Cs., Gálos M., Kertész P., Richter R. 1980: *A kőzetmechanika anyagszerkezeti és reológiai alapjai. A bányászat mechanikai rendszere*, I. kötet. Veszprémi Akadémiai Bizottság, Veszprém
- Bagi, K., Bojtár, I., Gálos M. 1993: *Evaluation of branching by marmor under uniaxial compressive loading*. Procs 2. Int. Conf. on Fracture and Damage of Concrete and Rock, Vienna, Austria, 9-13 November 1992. pp 366-376.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I. 1969: Összeálló kőzetek műszaki megítélése alakváltozási vizsgálattal. *Mélyépítéstudományi Szemle*, **XIX**(2): 82-90.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I.(1969): Kőzetvizsgálat triaxiális nyomócellában. *Építőanyag*, **XXI**(11): 417-422.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I., Marek I. 1971: Korszerű kőzetszilárdsági minősítő vizsgálati módszerek. *Építőanyag*, **XXIII**(12): 450-458.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I., Marek I., Szitnyai Gy. 1973: Példák korszerű minősítő vizsgálatok alkalmazására. *Építőanyag*, **XXV**(7): 272-275.
- Gálos M. 1974: *Vizsgálatértékelési rendszer az építőkö kutatásban és minősítésben. Matematikai módszerek, számítástechnika a nyersanyagkutatásban*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, pp 80-88.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I., Marek I. 1976: *Kőzetvizsgálat és minősítés*. BME Mérnöktovábbképző Intézete, 5019.sz. Jegyzet.
- Gálos M., Kürti I. 1977: Az egyirányú kőzetszilárdsági vizsgálatok időszerű kérdései. *Bányászati és Kohászati Lapok. Bányászat*, 110(7): 450-453.
- Gálos M. 1977: Az építési kőanyagok új szabvány rendszere. *Építőanyag*, **XXIX**(8): 355-357
- Gálos M. 1978: A kőzetek minősítése a modellfolyamatokhoz kapcsolt vizsgálati rendszerek alapján. *Szabványosítás*, **30**(10): 289-292.
- Gálos M., Kertész P., Kürti I. 1979: *Gesteinphysikalisches Modell für Gesteine mit Zementationstextur*. Procs Volume 1. 4. Int. Cong. on Rock Mech., Montreux, pp 145-151.
- Gálos M. 1979: A system of laboratory tests on drilled cores for preliminary engineering geology design in hydraulic engineering. *Bull. Int. Ass. Enging Geol* **20**: 91-93.
- Gálos M. 1979: Az építőkö kutatás vizsgálati kérdései az új szabványrendszer alapján. *Mérnökgeológiai Szemle* **24**: 31-42.
- Gálos M. 1981: *Az építési kőanyagok szilárdsági vizsgálatának elvi és gyakorlati rendszere kőzetfizikai modell alapján*. XIII. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia, Budapest, Sect B+E II. pp 223-229.
- Gálos M., Molnár I. 1983: Kőzetek húzószilárdsági vizsgálatának vizsgálattechnikai értékelése. *Építőanyag*, **XXXV**(2): 71-77.
- Gálos M., Kertész P. 1983: *Results of rock mechanics in Hungary - an engineering geological model of rocks*. 5th Int. Cong. Rock Mech., Melbourne (Australia) pp F.259-263.
- Gálos M. 1985: *Bestimmung von Gesteinsmechanischen Kennzeichen mit Spaltzugversuch zur Konstruktionsarbeit für den Ingenieuranlagen*. Proc. XIIIth Congress of KBGA Poland-Cracow Part II. pp 434.
- Gálos M., Kürti I. 1986: Építési kőanyagok egyirányú nyomószilárdságának minősítő jellege. *Építőanyag*, **XXXVIII**(9): 268-275.
- Gálos M. 1989: *Szilárdsági tulajdonságok szerepe az építési kőanyagok minősítési rendszerében*. XV. Szilikátipari és Szilikáttudományi Konferencia, Budapest, pp 493-498.
- Gálos M. 1991: *Kőzetek szilárdsági és alakváltozási tulajdonságai a mérnökgeológiai kőzetmodell rendszerében*. Budapest, (1990)1991. Kandidátusi Értekezés, p 119.
- Horváth J., Kertész P. 1954: Hazai kőzetek rugalmassági vizsgálata. *Mélyépítéstudományi Szemle*, **IV**(1): 36-49.
- Kertész P., Gálos M. 1993: *A kőzetek szilárdsági tulajdonságai*. In.: Egerer F. - Kertész P.: Bevezetés a kőzetfizikába. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp 167-213.