

Kőzettest-osztályozások alkalmazhatósága a mélyépítésben

KOVÁCS LÁSZLÓ (Kútfej Bt., Pécs) – DR. VÁSÁRHELYI BALÁZS (BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tsz., Budapest)



*A kőzettest-osztályozás és az alapján kapott értékek figyelembevételével történő alagútbiztosítás és jóvesztés ma már széles körben alkalmazott a szilárd kőzetkörnyezetben épített alagutaknál és bányáknál. Jelenleg Magyarországon a Bataapátiban épülő kis és közepes radioaktív hulladékártoló lejtaknait ezen eljárás alapján tervezték meg, és a kivitelezés alatt is ezt veszik figyelembe. Ugyancsak egyre több mélyépítési létesítménynél adnak meg kőzettest-osztályozási értékeket – pl. mélygarázsoknál, vagy a budapesti metró egyes szakaszainál. Fontos ezért tudnunk, milyen korlátok között lehet ezen osztályozásokat figyelembe venni. A cikk célja a kőzettest osztályozások felépítésének (filozófiájának) bemutatása, összegezve azok előnyeit és használhatóságát, valamint alkalmazhatóságát a tervezésben és a kivitelezésben. A kőzettest osztályozások részletes ismertetésére a terjedelmi korlátok miatt nem vállalkozhatunk.**

Bevezetés

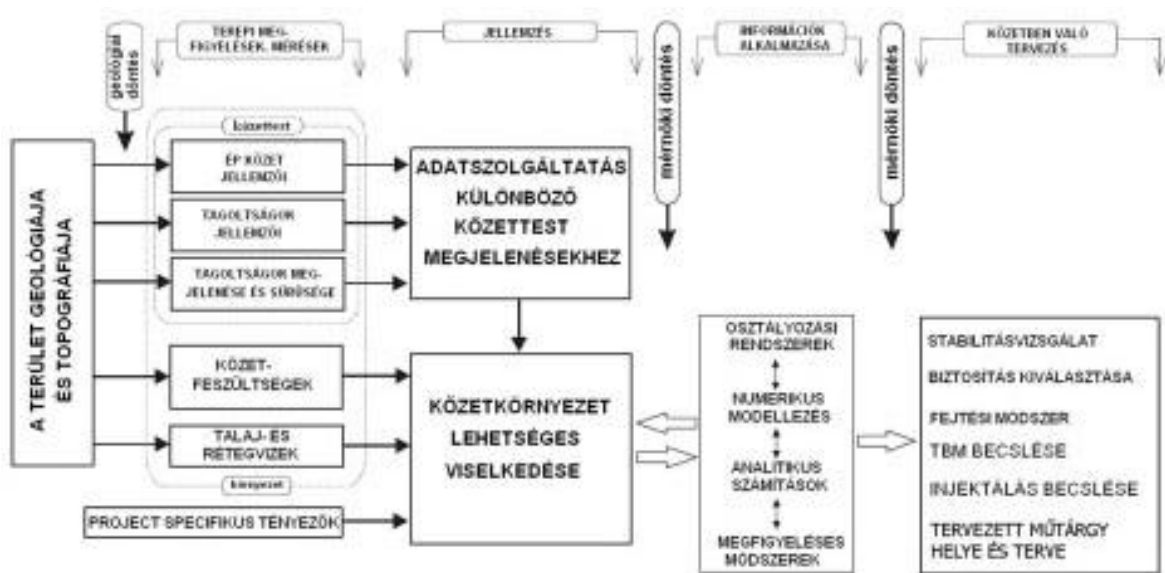
Napjainkban az empirikus (tapasztalati) úton történő alagúttervezés egyre elfogadottabbá válik mind az alagút-, mind a bányaeépítésknél. A tervezés és kivitelezés ebben az esetben a kőzettestek osztályba sorolásán alapszik. A műszaki gyakorlat számára fontos tulajdonságokat olyan minősítő értékekhez kötjük, amelyek alkalmasak azoknak az összefüggéseknek a kimunkálására, amelyekkel a kőzettestek viselkedése kezelhetővé tehető.

A különböző kőzettest-osztályozási módszerek ezernyi adatgyűjtés, mérések sora, számtalan alagútépítési tapasztalat alapján születnek. Egy-egy módszer szerinti osztályba soroláskor vigyázni kell, hogy miben más, vagy miben hasonló a kapott eredmény a többi vizsgált esetenél tapasztaltakkal. A különböző osztályozási rendszerek más-más paramétereket hangsúlyoznak, így az egyes osztályozási módok alkalmazásánál figyelembe

kell venni, milyen körülményekre, milyen földtani környezetre fejlesztették ki azokat.

Az első, mai értelemben vett mérnökgeológiai kőzettest-osztályozás Ritter nevéhez fűződik, aki az alagútépítésben szerzett gyakorlati tapasztalatait írta le 1879-ben, főleg annak biztosításának és jóvesztésének tervezéséhez. Lényegében ez a szemlélet tekinthető a mérnökgeológiai kőzettest-osztályozás alapjának. Igen jelentős volt Terzaghi munkássága, aki 1946-ban 9 különböző kőzettest osztályt különített el, melyekhez biztosítási módszert is ajánlott.

A nagy változást a múlt század második felében előbb a fúrómagok értékelése (RQD és C módszer), majd a tagoltságok állapotát is figyelembe vevő RSR, RMR és Q módszerek jelentették. Azóta a '90-es években közreadott GSI és RMI bevezetésével az osztályozások „harmadik generáció”-járól is beszélhetünk. 2000-ben Melbourne-ben az osztályozási rendszerek



1. ábra: Megfigyelések, mérések és osztályozások alkalmazása a kőzetmechanikában [3]

*A BKL Bányászat 2005/6. számában megjelent dr. Várhelyi Balázs „Kőzettest értékelése a kőzettest index alapján” c. cikke, melyben a kőzettestet, illetve a kőzettest osztályozásokat is taglalja.

felhasználhatóságáról, rendszeréről konferenciát rendeztek (GeoEng 2000). Azóta is számos cikk jelenik meg, mely ennek a módszernek a lehetőségeit, határait próbálja meghatározni [4]. A számítástechnika fejlődésével ezen osztályozási módok jelentősége is felértékelődik, és bemenő adatként nélkülözhetetlenné válnak a pontos modellalkotásban.

Jelen cikknek nem célja ezen osztályozási módszerek bemutatása (összefoglalásként lásd: [1]).

Kőzettest-osztályozások célja

A kőzettest tulajdonsága függ egyrészt az ép kőzet (kőzettömb) szilárdsági tulajdonságaitól, másrészt a tagoltsági viszonyaitól (mint például mállottságától, kitöltöttségétől, rendszerétől, egymáshoz mért távolságától). A kőzettestek jellemzésénél így egy sokparaméteres problémát kell egységesen kezelni, azokat súlyozni és az egymásra való hatásukat megbecsülni. A legtöbb sokparaméteres kőzettest-osztályozási módszert a mérnöki gyakorlatból (főleg alagútépítésből) fejlesztették ki, amelyekben a kőzettest mérnökgeológiai karakterei szerepelnek. A különböző osztályozási rendszerek más-más paramétereket hangsúlyoznak. Természetesen, mint minden módszer, ezek is csak közelíteni tudják a valóságot, segítséget nyújthatnak a tervezéshez, de nem mindenhatóak. Minden munkának megvan a maga specialitása, amire külön figyelni kell, ami eltér az átlagostól, vagy akár a megszokottal ellentétes eredményt is hozhat. Mégis fontos a kőzettest osztályozások pontos ismerete a kőzetkörnyezetben történő építkezés szempontjából, mivel ezek a módszerek segítenek minket:

- a) a geológusok, a mérnökök, a beruházók, a tervezők, a kivitelezők közötti jobb párbeszédben;
- b) a mérnöki megfigyelések rendszerezésében, ahol a tapasztalat és az elmélet által levont következtetéseket hasznosíthatjuk;
- c) a kőzet kvantitatív tulajdonságának leírásában;
- d) és nem utolsósorban a megszerzett újabb tapasztalatok rendszerezésében, az eddigi ismeretanyagunkkal való összehasonlításban.

Az elmúlt 50 évben az osztályozási rendszerek jelentős fejlődésen mentek keresztül, melyre kihatással volt az újabb alagútépítési technológiák megjelenése és a számítástechnika fejlődése. Jelentősen befolyásolja még ezt a tudományágat az építési anyagtudományok fejlődése is. Gondoljunk csak a löttbeton technológia rohamos fejlődésére, valamint a robbantásos jövesztési módokban bekövetkezett változásokra. Fontos viszont szem előtt tartani, hogy az osztályozások szélsőséges állapotokban gyakorlatilag használhatatlanok. Ilyen helyzetek például, amikor a tönkremenetel oka robbantás vagy a különleges természeti hatásra bekövetkezett mállás, valamint rendkívüli viszonyok közötti területek esetében.

Kőzettest-osztályozások rendszere

A kőzetkörnyezet viselkedésének számításba vételéhez a kőzetmechanika a szükséges általánosításokat az *1. ábrán* bemutatott folyamatábrán szemlélteti. Az osz-

tályozás bemenő adatai egyrészt a mérnökgeológiai viszonyok (tagoltságok rendszere, távolsága, kitöltöttsége stb.), a hidrogeológiai viszonyok, helyi feszültségviszonyok, valamint a projekt specifikus tényezők (azaz a tervezett kihajtás iránya, módja stb.). Ezek alapján történik a kőzettest jellemzése és osztályba sorolása. A kapott érték felhasználható mind analitikus, mind numerikus modellezés bemenő adataként, valamint ezek komplex vizsgálata alapján a szükséges biztosítási és jövesztési módok megválasztására is.

Mint minden kvalitatív módszernél, a kőzettest-osztályozásoknál is két érték közé kell a mércét felállítani: a kitűnő minőségű, ép, szálban álló, nagy szilárdságú kőzet és a leggyengébb, mállott, teljesen széttöredezett kőzet (talaj) közé. A több dimenziós problémát (mely a kőzettömbök mállottságától kezdve a tagolófelületek állapotán át a víz jelenlétén keresztül számos elemet foglal magában) egy dimenzióra kell redukálni. A kapott érték alapján a tervezett alagútfürszelvényvel és jövesztésmóddal összevetve megbecsülhetjük a szükséges biztosítás módját és mértékét. Természetesen a ma használatos osztályozási módszerek használhatók mind nagyon jó, mind nagyon rossz állapotú kőzettestre, ugyanakkor a megbízhatóságuk általában a közepes tulajdonságú kőzeteknél a legjobb. Ennek oka, hogy a nagyon rossz minőségű kőzetkörnyezetben épített alagutak már talajmechanikai elmélettel méretezhetőek, míg a legjobb minőségű kőzettestnél általában semmilyen biztosítási módra nincs szükség. Éppen ezért kell hangsúlyozni, hogy egy osztályozási mód nem tartalmaz(hat) minden szóba jöhető paramétert, ezek együttes használata elengedhetetlen.

Az osztályozásnál mindig egy leszűkített zónát kell vizsgálnunk, mely a felszín alatt található, és csak korlátozott számú információ áll rendelkezésünkre. Ebből adódóan fokozott óvatossággal kell az információkat kezelni: elkerülni, hogy ugyanazt az értéket többször is beszámítsuk, ugyanakkor az elhanyagolásnál is figyelni kell.

Osztályozás alkalmazása tervezésnél és kivitelezésnél

A mérnöki tervezés során empirikus, numerikus, illetve analitikus számolások és megfigyeléses felfogásmódok váltakoznak. Az empirikus felfogás, mely a kőzettest osztályozásán alapul, manapság az egyik legnépszerűbb, valószínűleg azért, mert alapvető célja az egyszerűsítés, és képes a bizonytalanságok kezelésére is. A jellemző osztályozással a geológiai és geotechnikai bizonytalanságokat ténylegesen meg lehet fogni. Az empirikus felfogással készített alagútépítési terv folyamatábráját mutatja a *2. ábra*.

A kivitelezés feltáró szakaszában a kőzettest viselkedését az üregek környezetében, a keresztezésekben és egyéb fontosabb helyeken folyamatosan kell mérni. Felhasználva a feltáró szakasz eredményeit, a bemenő adatok korrekciójával újraszámolva kell a tervezést végrehajtani. Természetesen a kivitelezés alatt is folyamatosan kell az elméleti eredményeket a valós feszültségvi-



2. ábra: A kőzettest osztályozáson alapuló tervezési mód folyamatábrája [3]

szonyokkal, elmozdulásokkal együtt ellenőrizni, állandóan újraszámolva, és így lépésről lépésre kell finomítani az addig használt paramétereket. Ezen mérések ismeretében folyamatosan korrigálni kell az eredményeket, visszaszámolni az addigiakat. Ennek folyamatábráját mutatjuk be a 3. ábrán.

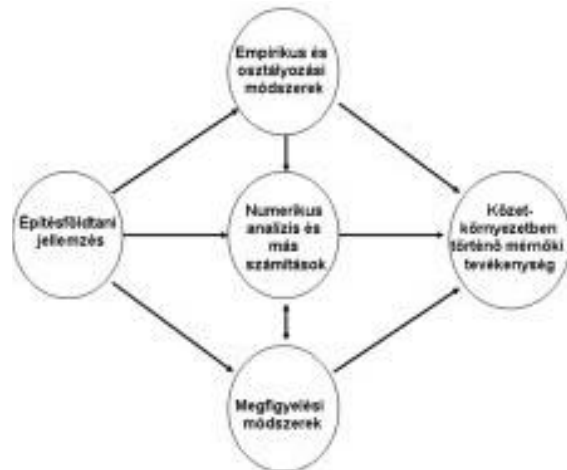


3. ábra: A kőzettest osztályozáson alapuló kivitelezés folyamatábrája [3]

A 4. ábra a főbb lépéseket foglalja össze, melyeket a kőzetkörnyezetben történő mérnöki tervezésnél figyelembe kell venni. Természetesen különböző építés-földtani viszonyok között a bemutatott folyamatábrán súlyponti eltolódások lehetnek, pl. blokkos kőzetkörnyezetben az empirikus módszer válhat uralkodóvá, míg duzzadó kőzetkörnyezet esetén a megfigyelés jelentősége nőhet meg.

KOVÁCS LÁSZLÓ bányamérnöki diplomáját 1988-ban, környezetvédelmi szakmérnöki diplomáját 1991-ben szerezte a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen. 2002-ig a MÉV-nél (később Mecsekérc Rt.) dolgozott kőzetmechanikai laborvezetőként, majd kutatási részlegvezetőként. Jelenleg saját vállalkozásában végez szakértői, tervezői, műszerfejlesztési és in situ mérés-technikai feladatokat. 1989-től résztvevője, 1993 óta szakmai vezetője a hazai nagyaktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezését előkészítő programnak (BAF), 2002 óta pedig geotechnikai szakértőként a Bábaapáti kutatási programba is bekapcsolódott. Tagja az OAH Tudományos Tanácsának.

DR. VÁSÁRHELYI BALÁZS 1993-ban végzett a BME Építőmérnöki Karán. 1993-1996 között a Mérnökgeológia Tanszéken doktorandusz, majd 1999-ig tanársegéd. 2000-2004 között előbb mélyépítésnél kivitelezőként, majd geotechnikus tervezőként dolgozik. 2004 óta poszt-doktorandusz a BME Mérnökgeológia Tanszékén. Fő kutatási területe a kőzetmechanika és kőzettest osztályozások.



4. ábra: Főbb lépések a kőzetkörnyezetben történő mérnöki tevékenység során [3]

Összefoglalás

A kőzettest-osztályozási módszerek jól alkalmazhatók szilárd kőzetekben történő alagutak és bányák tervezésénél és kivitelezésénél. Az eljárás nem pótolja sem az analitikus, sem a numerikus módszerek használatát, hanem azokat kiegészíti, plusz információt nyújt a kőzetkörnyezetről. Ezen eljárási módok nem alá-fölrendeltségi, hanem egymás melletti viszonyban vannak, egymást kiegészítik, segítik a mind pontosabb mérnöki tervezést a kőzetkörnyezetben. Az osztályozási módok nagy előnye, hogy egyesítik a mérnöki tapasztalatokat, így lehetőséget nyújtanak egymástól távoli kivitelezési tapasztalatok összehasonlítására, értékelésére.

A kutatás támogatásáért a szerzők köszönetet mondanak az OTKA D048645 és a Bolyai Ösztöndíjnak.

IRODALOM

- [1] Vásárhelyi B.: Kőzettest-osztályozási módszerek összefoglalása, Földtani Közlöny 134(1): 109-129 (2004)
- [2] Geoeng: Workshop on classification systems. The reliability of rock mass classification used in underground excavation and support design. ISRM News, 6(3): (2000)
- [3] Stille, H., Palmström, A.: Classification as a tool in rock engineering. Tunneling & Underground Space Techn. 18: 331-345 (2003)
- [4] Kovács L., Vásárhelyi B.: A kőzettest osztályozások alkalmazása alagútépítésekénél. Alagútépítési napok, Pécs (2006)