

Kőbányák meddő anyagának hasznosítási lehetőségei a sziklafalak állékonyságának tükrében

Hajdu Xénia

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
h.xenia@gmail.com*

Vattai Alina

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
lgkakadu@gmail.com*

Görög Péter

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
gorog.peter@gmail.com*

Török Ákos

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
torokakos@mail.bme.hu*

Összefoglalás

A hazai külszíni bányászat során törvényi előírás szabályozza, hogy a bányatelek és a hozzá tartozó meddőhányó milyen módon illeszthető a tájba. A keletkező bányafalak és bányauregek hasznosításánál az egyik legfontosabb kérdés a bányafalak állékonyságának vizsgálata. A jelen cikk bemutatja példákon keresztül, a sziklafalak állékonyság vizsgálatának lépéseit. A számításhoz szükséges helyszíni mérésektől, a közetfizikai laboratóriumi vizsgálatokon át egészen a számítógépes modellezésig. A dudari mészkő bánya sziklafalainak állékonyságát és egy Tatabánya melletti sziklarézsű kipergés vizsgálatát bemutatva rátér a falak megerősítésének lehetőségeire és további példákat mutat hazánkban korábban alkalmazott rekultivációs módszerekről.

Kulcsszavak: dőlés, tagoltság, kipergés, számítógépes modellezés

1 BEVEZETÉS

Magyarország területén napjainkban több kőfejtő működik, melyek termékeit széles körben hasznosítja az építőipar. A bezárt kőbányákat, melyek sokszor természetes kilátóként szolgálnak, a turisták szívesen keresik fel, hogy gyönyörködhessenek az eléjük táruló panorámában. Emellett az ásványgyűjtők és a sportolni vágyó falmászók kedvelt célpontjai közé tartoznak a már üzemben kívül helyezett kőfejtők.

A bányák a természetes táj képét megtörik, látványuk erősen eltér attól, ezért az 1993. évi Bányatörvény alapján a bányauzem működése során gondolni kell arra, milyen formában illeszthető vissza bezárás után a bányatelek és a hozzá tartozó meddőhányó az eredeti környezetbe. A törvényben megfogalmazottak szerint a másik lehetőség a terület újrahasznosításra alkalmassá tétele.

Amennyiben eléri a bányatelek határát, az ott kialakítandó határpillérek kialakításánál elsődleges szempont lesz a falak állékonysága, mely meghatározza a későbbi rekultivációs lehetőségeket is. Tehát az emberi élet megóvását és a környezeti értékek megtartását szem előtt tartva fontos, hogy a kialakított sziklafalak a bányászat során és annak befejezése után is stabilak legyenek.

2 ÁLLÉKONYSÁG VIZSGÁLAT

2.1 Modellezéshez szükséges kőzetfizikai jellemzők előállítás

A számítógépes modell megalkotásához szükséges bemenő paraméterek értékeinek előállítására céljából az adattári kutatások mellett helyszíni vizsgálatok végzendők. A terepbejárás során megismerjük a geológiai, geometriai és áramlási viszonyokat, továbbá a területre jellemző tagoltsági rendszert. A helyszínen gyűjtött mintákon végzett laboratóriumi kísérletek eredményei szolgáltatják a következő kőzetfizikai jellemzők értékeit: rugalmassági modulus, Poisson-tényező, egyirányú nyomószilárdság. A kézi számításokkal párhuzamosan felépíthető a számítógépes modell, mely segítségével vizsgálható, hogy a terepen mért tagoltságok mennyire veszélyeztetik a sziklafalak stabilitását, hogyan befolyásolják azok állékonyságát.

2.2 Sziklarézsű-állékonyság számítógépes meghatározása

A sziklarézsűk állékonyságának vizsgálata két fő részből áll. Először meg kell határozni a rézsű geometriai adottságait, és le kell mérni a tagoltságok, réteghatárok és vetők irányítottóságát. Ezek alapján meg kell vizsgálni sztereografikus módszerek segítségével, hogy az adott geometriai viszonyok mellett kinematikailag milyen tönkremeneteli mód lehetséges.

Az állékonyság meghatározásának második lépése az egyensúlyi vizsgálat. Ekkor a tönkremenetelt okozó és azt megakadályozó erők viszonya alapján egy biztonsági tényezőt kell számolni.

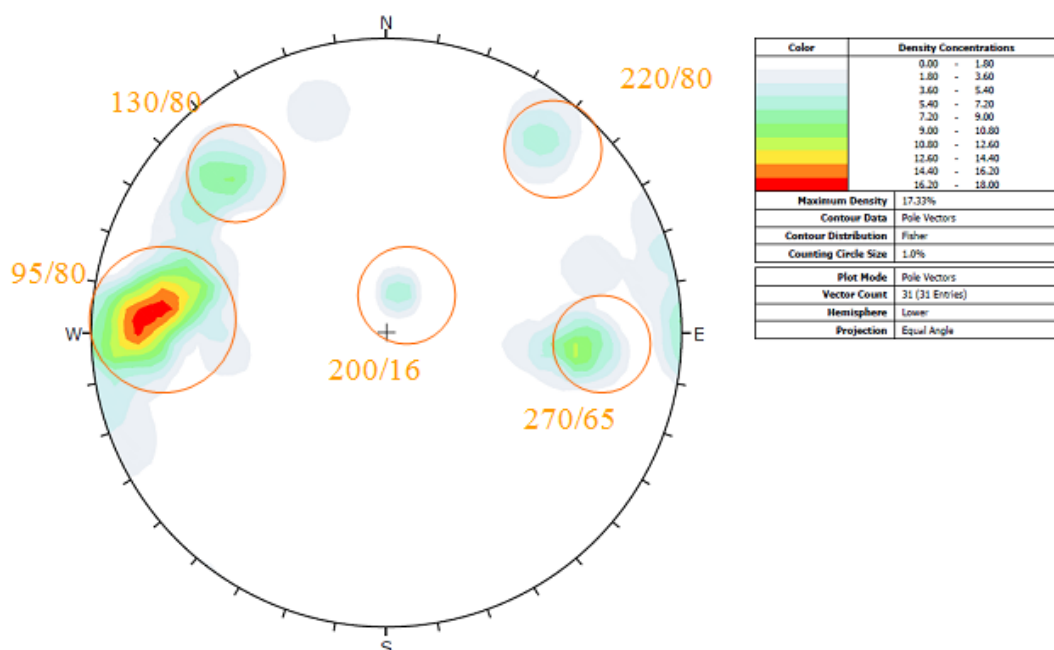
2.3 Számítógépes állékonyságvizsgálat: dudari mészkőbánya fala

A számítógépes állékonyságvizsgálat a Rocscience programcsalád termékeivel végezhető. A helyszíneken (1. ábra) mért jellemző dőlésirányokat és dőlésszögeket használva, a tagoltsági rendszer sztereografikus projekció útján, a Dips programmal vizsgálható (2. ábra).

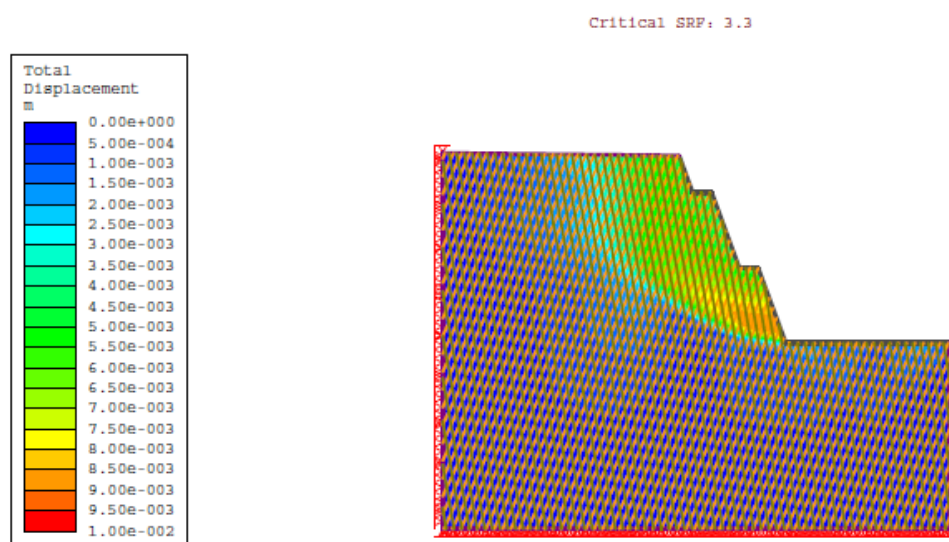


1. ábra. Dudari bányafal

A globális állékonyság vizsgálatát a Phase2 végeselemes programmal végezhető (3. ábra). A kisebb folytonossági hiányosságokat a GSI érték figyelembe vételével vehető fel, a program adatbázisának ajánlása alapján. Azokat a főbb tagoltságokat vehetők fel a modell megalkotása során, amelyek mentén a Dips program eredményei szerint állékonysági tönkremenetel várható. A tagoltságok tulajdonságainak megadása során a Barton-Bandis törési feltétel alkalmazható (Gálos és Vásárhelyi 2006).



2. ábra. A tagoltsági rendszer sztereografikus nézete a poláris vektorok alapján (Dips, 2013)



3. ábra. A dudari bányafal globális vizsgálata a Phase2 szoftverrel, teljes elmozdulási ábra és a biztonsági tényező

3 SZIKLARÉZSŰ VIZSGÁLATA KIPERGÉS SZEMPONTJÁBÓL

Az állékonyság biztosítása mellett a rézsúfal kőzetanyagának pergése is gyakran megoldandó problémát jelent egy-egy felhagyott kőbánya területén. Különösen az aprózódásra hajlamos kövek, mint a dolomit vagy dolomitosodott mészkő egykori bányászati területeinek közvetlen közelében élőknek okoz a jelenség anyagi természetű kárt. Az adott esetben több száz méter hosszú rézsúszakaszokon a nem egyenletes kőzetminőségből adódóan a kipergő szemek mérete és súlya is igen változatos. Előfordulnak pár milliméteres, de akár néhány tíz centiméteres, többkilós darabok is. Ennek megfelelően az okozott kár mértéke is esetenként eltérő.

Ideiglenes megoldásként alpin technikával, kézi erővel verik le a meglazult darabokat, de ez csupán a következő tavaszig, az olvadékvizek megjelenéséig biztosít védeltséget. A veszélyes rézsúszakaszok befűvesítése sok esetben nem lehetséges, a megtelepedett magasabb rendű növények gyökérzete pedig csupán a nagyobb görgetegek ellen nyújt védelmet. Hosszú távú megoldást a görgeteg fogó falak építése jelent, amik lehetnek a rézsú talpának közelében létesített egyszerű vasbeton kerítések vagy sokkal esztétikusabb gabion falak. Utóbbi előnye az is, hogy a helyi kőzetanyag felhasználásával építhető. A közel függőlegessé erodált rézsúszakaszokon hálózás alkalmazása célszerű, ami akárcsak a

görgeteg fogó fal, passzív védekezési módnak minősül, tehát a már kipergett kőzetek további mozgását akadályozza meg. Olyan aktív védekezési módok, mint a nagyobb kőzettömbök hátrahorgonyozása vagy löttbetonos rézsűstabilizáció, a gyors kőzetaprózódás miatt nem alkalmazható.

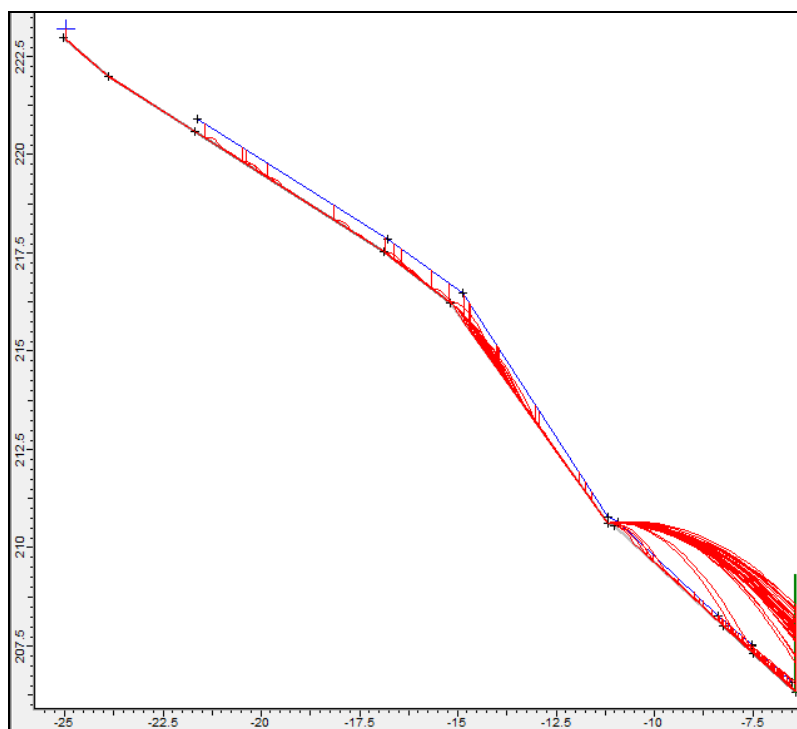
3.1 Számítógépes kipergés vizsgálat: Tatabánya, Kálvária-hegy

Tatabányán, a Kálvária-hegy területén együttesen fordul elő a felső triász korban keletkezett Földolomit Formáció és a szintén felső triász Dachsteini Mészke Formációba sorolható kőzetsorozat. Előbbi mézszínű, rideg, kipergésre hajlamos kőzet, mely a Dunántúli-középhegységben nagy tömegben és vastagságban fordul elő. Utóbbi fehér színű, réteges szerkezetű tömött mészke, ami szintén nagy tömegben fordul elő a területen. A két kőzetréteg között nincsen éles határvonal, több méter vastag lehet az átmeneti szakasz, azaz a Fenyőfői tagozat, ami tulajdonképpen erősen dolomitosodott mészkevet jelent.

Szintén a Rockscience programcsaládhoz tartozik a kőzetkipergés kockázatát statisztikai módszerekkel elemző RocFall, mely a teljes rézsűkeresztmetszet mentén meghatározza a kőzetdarabok visszapattnási magasságát, energiáját, sebességét valamint földet érésük helyét. A kipergő darabok mozgási energiájának és becsapódási helyének ismeretében pontosabban meghatározható az őket felfogó falak teherbírása, mérete és helyzete (4. ábra). Ezen eredmények ismeretében kiválasztható milyen fent említett passzív védekezési módszert célszerű alkalmazni.

A rézsű geometriáján, azaz meredekségén kívül természetesen az is befolyásolja az esetlegesen kipergő kőzetdarab pályáját, visszapattnási magasságát, illetve mozgási energiájának nagyságát, hogy milyen anyag alkotja a rézsűfelszín, mekkora annak energiaelnyelő képessége. A program hat alapbeállítást tartalmaz erre vonatkozóan, a sima és kemény felszínű kőzetkibúvástól az összefüggő növénytakaróig. Az anyagok paramétereinek módosítása esetén a program táblázatos ajánlást ad, amely értékeket az egyes kőzetekre tapasztalati úton határozták meg. A kipergő kőzetdarabok indítási magassága, indítási sebessége és tömege is megadható, valamint, hogy ezen értékeknek mekkora legyen a szórása. Lehetőség van egy pontból indítani őket, ami a nagyobb, mészke anyagú görgetegekre jellemző, vagy sávszerűen indítani, amivel a helyenként már-már kavicszerűen aprózódott, jellemzően dolomitos vagy dolomitosodott kőzetfelszín modellezhető (4. ábra).

Kőzetkipergés elleni passzív védelemként a programban lehetőség van a rézsű bármely pontján korlát illetve görgeteget felfogó fal elhelyezésére (4. ábra), melyek rugalmas vagy éppen rugalmatlan viselkedése módosítható.



4. ábra. A 75 sz. keresztmetszet, a pontszerűen vagy sávszerűen kipergő kőzetdarabok pályája és a 3 m magas, görgeteg felfogó fal modellje a rézsű tövében (RocFall)

3.2 Egy lehetséges megoldás a gabion fal

A gabionfal speciális, jellemzően 1mx1mx1m-es gabion kosarokból összeszerelt súlytámfal, mely kettős funkciót lát el: megcsúszás esetén biztosítja a rézsú állékonyságát, valamint védelmet nyújt a kipergő kőzetdarabok ellen. Nagy előnye, hogy megfelelő minőség esetén helyi kőzetanyaggal lehet a kosarakat kitölteni, a szemcsés kitöltésnek köszönhetően nem duzzasztja fel a rézsún és a háttöltésen keresztül folyó vizeket, valamint rendkívül esztétikus látványt nyújt. Minimálisan 80 MPa teherbírású, 2400 kg/m³ testsűrűségű, fagyálló vízépítési kőanyaggal tölthetők fel, ami jellemzően bazalt, andezit vagy mészkő. A tatabányai helyszínen alkalmazható, mert az előzetes laboratóriumi vizsgálatok alapján a Dachsteini mészkő megfelel az összes előírásnak. Természetesen a hosszabb rézsúk esetén alkalmazható vegyes megoldásként két gabion fal között hálózás, főleg a nagy meredekségű szakaszokon. Ilyen esetekben előbbi beépítése, ha esztétikusabb és kevesebb fenntartási munkát is igényel, nem gazdaságos.

Napjainkban sokszor a gabion fal alkalmazását nem statikai, hanem inkább esztétikai okok indokolják. Sokszor nem is súlytámfal, inkább kerítés jelleggel kerül beépítésre és semmilyen teherbíró funkciót nem lát el.

4 MEGVALÓSULT REKULTIVÁCIÓK

A már bezárt kőfejtők turisták kedvelt úti céljai, mivel természetes kilátóként emelkednek ki a tájból. Emellett a fejtés után maradt falfelületeken jól láthatók a földtani értékek, a szabad kőzetfelületek, esetleg ősmaradványok is. A geológiai érdekességek mellett a bányák területén értékes növény- és állatvilág található. Így a biológia iránt érdeklődők is szívesen keresik fel ezeket a helyeket. Ezekon kívül egy-egy bezárt kőfejtő az extrém sportok kedvelőinek is lehetőséget kínál a mozgásra és a szórakozásra. A földtani és biológiai értékek megőrzése érdekében sok bánya ma már védett terület.

Napjainkban geológiai bemutatóhelyként szolgál a vizsolyi kőfejtő, ahol régebben riolittufát fejtettek. A területen megfigyelhetők a harmadidőszaki vulkanikus tevékenységek hatása (5. ábra).



5. ábra. A vizsolyi kőfejtő (www1)

Idegenforgalmi látványosság a Magyarországon egyedülálló Fertőrákosi Kőfejtő és Bányaszínház. Püspöki Kőfejtőként is ismert bánya területén a II. világháború után nem folyt mészkőfejtés, amely 2001 óta az UNESCO Világörökség része. A bányászati munkák után maradt barlang ad helyet a Barlangszínháznak, melynek első előadását 1970-ben mutatták be. A kőfejtő geológiai, botanikai és zoológiai sokszínűségét a Kövi Benge Tanösvény ismerteti meg az odalátogatókkal, mely a Fertő-Hanság Nemzeti Park része (6. ábra). A kövi benge egy olyan növény faj, amely hazánkban egyedül itt honos. Ezekon kívül a bánya többször szerepelt már filmekben a történet háttérét biztosítva így többek között a „A kőszívű ember fiai” című film jeleneteinek egy részét is itt forgatták.



6. ábra. Látogatók a Fertőrákosi kőfejtőben (bal) és a Kövi Benge Tanösvény (jobb) (www2)

5 KÖVETKEZTETÉSEK

A kőfejtők rekultivációjánál a sziklafalak állékonyság vizsgálatát a terepi felméréssel kell kezdeni, ahol a rétegsort (kőzettípusokat), a rétegzettséget, a rétegdőlést és a tagoltságokat, valamint a sziklafal geometriáját kell rögzíteni. A mintagyűjtés során törekedni kell, arra hogy a számítógépes modellezéshez szükséges közetfizikai paraméterek méréséhez elegendő mennyiségű és méretű próbatestet lehessen kialakítani az összes, a területen megjelenő kőzetváltozatból. Az állékonyság számításához, a sziklafalak esetében GSI – Geological Strength Index értékekből számított értékek, valamint a Rocscience programcsalád szoftverei megfelelő eredményeket adnak, amennyiben a bemenő adatok korrektek. A sziklafalak kipergés kockázatát a RocFall szoftver segítségével hatékonyan tudtuk modellezni.

6 IRODALMI HIVATKOZÁSOK

Gálos M., Vásárhelyi B. 2006. *Kőzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban*. Műszaki Egyetemi Könyvkiadó, Budapest
Rocscience Phase2, 2013. *Manual*
Rocscience RocFall, 2013. *Manual*
Rocscience Dips, 2013. *Manual*
www1. Vizsoly (<http://www.vizsoly.hu>)
www2. Kőfejtők (www.kofejto.hu)