

Szilvási Marcell, Orosz Máté

Bányafal mérése és modellezése robbantás előtt és után

A Miskolc-Mexikóvölgyi Mészköbányában két robbantásos kőzetjövésztés eseményeinek a terepi felszínváltozásait rögzítettük. A terepi geodéziai adatgyűjtés egy totál mérőállomás és a hozzá tartozó prizma segítségével történt meg. Az adatfeldolgozást és a terepi modellezést a Microsoft Excel, majd a Golden Software Surfer programmal végeztük el. A lerobbantott kőzetállomány letermelése után ismételt mérések történtek, amelyek által a térfogatbéli változásokat is sikerült elvégezni.

Kulcsszavak: totál mérőállomás, bányamérés, felszínmodellezés, Surfer, mészkö, robbantás

1. Bevezetés

A cikk témáját a Miskolc-Mexikóvölgyi Mészköbányában végzett kutatás bányamérései adták alapul. A második szerző munkahelyeül szolgáló létesítmény jó helyszínt biztosított a kutatásnak. A bányafalak előrehaladásának folyamatos mérése és a térképek aktualizálása fontos feladata a bányának, hogy megfelelő alapokkal rendelkező termelési és tervezési döntéseket tudjanak hozni a bánya vezetői. Ezt a feladatot a hites bányamérők látják el az egyes bányákkal együttműködve, de mégis független szervként. Ezeket a méréseket általában leggyakrabban csak negyedévente végzik el, amelyeknek az eredményét az állami szervek felé is le kell közölni a bányajáradék megállapítása végett. Azonban az egyes bányákban, ahol nagy a termelékenység, sokkal gyorsabban haladnak előre a bányafalak a robbantások és a termelés által, mint ahogyan azokat feltérképeznék. Illetve a robbantások előtt készülnek tervek, hogy hány köbméternyi kőzet fog várhatóan a robbantás által összetöredezve leomlani. Ennek az eredménye általános esetben csak a kitermelés, a szállítás és az értékesítési lánc végén derül ki pontosan. Ennek pontosítására, illetve hamarabbi becslésére a bányafalmérések megfelelő időpontokban való elvégzése alkalmas lehet. Azonban ez pluszmunkát jelent, amely kérdéses, hogy megéri-e a bányavállalkozónak. A különböző bányamérési technikák különböző sebességgel, pontosságukkal tudnak dolgozni, de precizitásuknak a valóságtól maximum 5%-on belüli értéket kell produkálnia. Ez a szám a technológia fejlődésének köszönhetően egyre csökken, ahogy a felmérési idő is. Ezeknek a technológiáknak a nagy felbontóképessége egyben a hátránya is olyan szempontból, hogy az akár milliószor több felmért pont feldolgozásához sokkal erősebb számítógép és fejlett szoftverek szükségesek.

2. Terepi adatgyűjtés

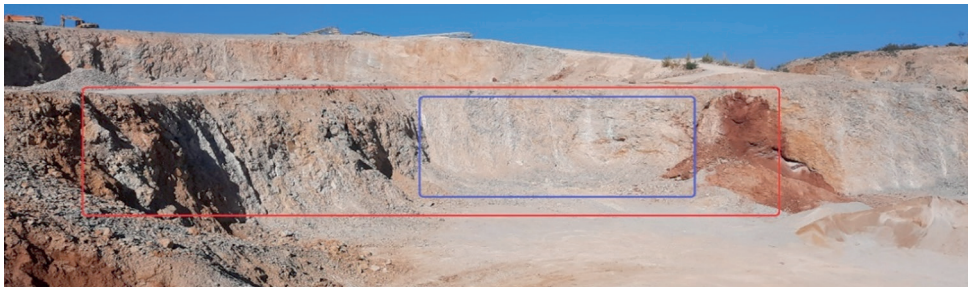
A bányában a kutatás elvégzése pillanatában két egymástól nem messze, de különböző magassági szinten (315 mBf¹, 330 mBf) található bányafalrobbantást készítettek elő [1]. Ezek a helyszínek az 1. és 2. ábrán láthatóak. Az első alkalommal mind a két robbantási területet és a köztük elhelyezkedő térrészt is felmértük, hogy legyen kiinduló állapota a modellezéseknek és a későbbi számításoknak. Ezen felmérés után közvetlenül robbantották le az első ábrán látható késsel jelölt bányafalrészét. A képen még a furatokat robbanóanyaggal töltő fehér gépjármű is látható. A robbantás utáni bányafal, illetve a már lejövesztett kőzettörmeléből álló félkúp állapotát még a termelés megkezdése előtt ismételten felmértük. Ez lett a 4D-modell második fázisa.



1. ábra

Az első robbantás helyszíne, ahol a pirossal keretezett rész a mért bányafal egy részét, a kék keret által lehatárolt terület a tervezett robbantás helyét jelöli [a szerzők]

A 2. ábrán látható robbantást az ezt követő napokban végezték el, de sajnos azon a napon a mérések elvégzésére nem volt lehetőség más szakmai elfoglaltság miatt. A kezdeti állapotot ugyan rögzítettük, de legközelebb már csak néhány napi termelés után sikerült felmérni a helyzetet. Ebben az időpillanatban már letermelték az első robbantás helyszínén lévő lejövesztett nyersanyagot, így ott a harmadik fázisát is sikerült felmérni a bányafal előrehaladásának.



2. ábra

A második robbantás helyszíne, ahol a pirossal keretezett rész a mért bányafal egy részét, a kék keret által lehatárolt terület a tervezett robbantás helyét jelöli [a szerzők]

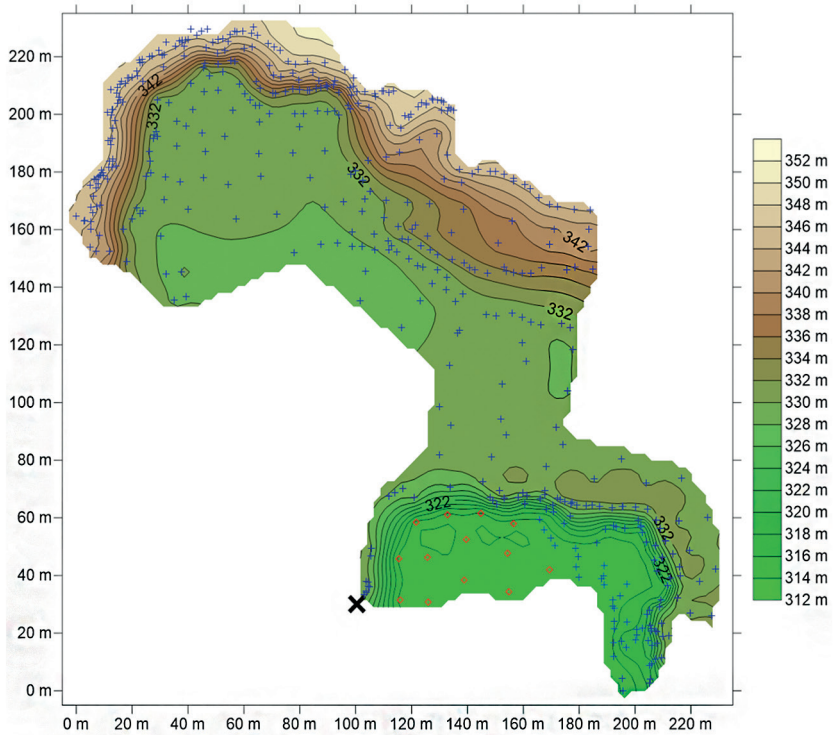
¹ mBf – a Balti-tenger feletti tengerszint méterben.

A méréseket Leica TS06-os totál mérőállomással kiviteleztük [3]. Ez a műszer kiváló a bányamérési feladatok elvégzésére, hiszen 1 mérőállásból a belátható térséget akár 1 km-ig is képes rögzíteni ideális körülmények között. Tulajdonképpen minden részecske, amely a mérő lézerefényének útjába kerül, csökkenti a pontosságot és a mérési távolságot. Működő bányában gyakran előfordulnak porfelhők, lehetőleg kerülni kell a mérést ilyen helyzetekben. A csapadék nemcsak minket és a műszert áztathatja el, hanem a levegőben lévő apró vízcseppecskéken megtörik a lézerefény útja. Valamint a vízréteggel borított kőzetekről visszaverődő jelek minősége is jelentősen romlik. A növényzetről visszaverődő jelek is általában használhatatlanok, kerülni kell az ilyen mérési felületeket, illetve a jel útvonalában se legyenek növényzeti zavaró objektumok, amelyek a változó légmozgás miatt a látómezőbe kerülhetnek ideiglenesen.

Léteznek különböző technikák az ilyen típusú felmérésekre. GNSS-technológiával (hétköznapi nevén GPS-ként elterjedt) pontonként is lehet nagy pontossággal térképezni, viszont azzal a mérendő pontra kell helyezni a műszert, ellenben a mérőállomással, amellyel távolról prizma nélkül is történhet a mérés. A drónos fotogrammetriai eljárások is nagyon elterjedtek manapság, mert gyorsan nagy területeket lehet velük felmérni, ám a különböző engedélyeztetési eljárások rugalmatlanná teszik a nem előre eltervezett méréseket. A lézerszkennerek kiválóak az ilyen típusú felmérésekre, hiszen gyorsan nagy pontossággal mérnek. Azonban beszerzési áruk többszöröse a mérőállomásokénak, valamint az adatfeldolgozás is sokkal bonyolultabb.

A 3. ábrán X-el megjelölt helyen helyeztük el a mérőműszert, ahonnan tökéletes rálátás adódott mindkét robbantási helyszínre és a körülöttük lévő térre. Ott fix pontot tűztünk ki, ahonnan mindhárom időbeli mérésakor azonos helyre lehetett pontra állással kezdeni a felmérést. Valamint a távolban egy másik fix pont adta a kezdőirányt, így ugyanazon helyi rendszerben rögzítettük a felmért koordináták x , y és z értékeit. Ezt a későbbi könnyebb adatfeldolgozás miatt célszerű rögzíteni abban az esetben, ha nincsenek ismert megírányozható pontok, amelyekről a tájékozódást el lehetne végezni, vagy nincs rendelkezésre álló GNSS-eszköz a helyzetmeghatározáshoz.

Összesen 499 db pontot mértünk fel a teljes területen a robbantások és a termelés által megváltozott különböző állapotokban. A kék + jelek a bemért pontok, illetve a 315 mBf szinten a vizuális megjelenítésbe belekerült 13 db fiktív pont (piros rombuszokkal megjelölve). Ez csupán kiegészítése az ábrának, hogy jobban érzékelhető legyen a három különálló termelési szint, viszont ezt a fiktív pontokkal határolt zónát nem lehetett ebből a mérőálláspontból belátni, azonban szemmel láthatóan közel vízszintes síkra volt elrendezve a terep azon a helyen.



3. ábra

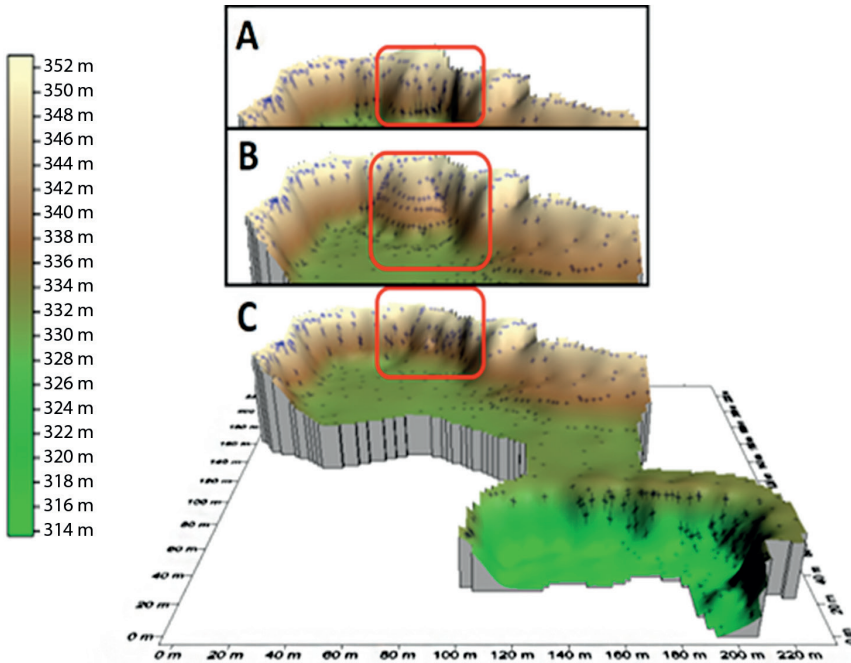
A bemért pontokból interpolálással kapott domborzati felület a kezdő állapotban, X-el megjelölve a mérőműszer álláshelye [a szerzők]

3. Adatfeldolgozás

A terepi mérések után a mérési fájlokat ki kellett exportálni a műszerből, majd Excel-táblában következtek a feldolgozás következő lépései. Mindenképp fontos elkülöníteni, mely pontok mely állapothoz tartoznak a robbantáshoz képest a bányaudvarban. Vannak természetesen olyan pontok is, amelyek mind a három fázisban változatlanul szerepelnek, ezeket is érdemes külön megjelölni, mert felhasználhatóak az összes modellnél a részletgazdagabb kép érdekében. A következő lépésben ezekből a pontokból interpolálás (krigelés) segítségével egyenként négyzetrács mentén a teljes felületre kiszámította a Surfer szoftver [4] a magassági értékeket. Ebből szintvonalas domborzati képet lehet kirajzoltatni. Mivel a program extrapolálást is végez, ezért a mért zónán kívüli részeket le kell vágni a végső térkép előállításához, hiszen csak mért adatokat szabad közölni. A 3. ábrán megtekinthető egy ilyen extrapolálásokat nem tartalmazó térkép.

A 4. ábrán jól látható, hogy a kezdeti „A” állapot után történt robbantás kőzetkúpot hozott létre („B” állapot). Mindkét helyzethez külön fel lett mérve az arra a területre jellemző felület. Elsőnek érdemes körbe lehatárolni az objektumot. Ez annyit tesz, hogy a falrészlet

lábvonalában néhány méterenként felmérünk pontokat, majd a tetőpontoknál is. Ezután a fal közepébe a magasságától függően több közel vízszintes szelvény mentén is mérünk pontokat kellő sűrűséggel. Mivel a robbantás során csak a robbantás környezetében változik meg a felület, így az alpmérés pontjainak ettől eltérő pontjait fel lehet használni a későbbi felületmodelleknél is. Ennek a lépésnek a megkönnyítése érdekében már a terepen érdemes odafigyelni, hogy az ezen térrészen mért pontok a többitől különböző sorszámmal kezdődjenek.



4. ábra

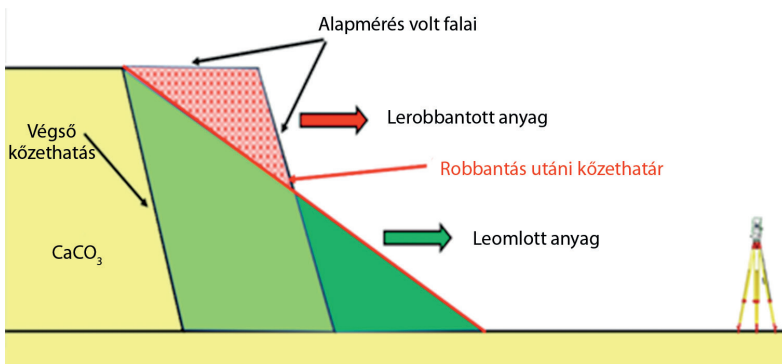
Az első robbantási helyszín előrehaladásának 3 fázisa (A, B és C) a robbantás és termelés folyamán [a szerzők]

A „B” állapot után megkezdődött a kőzetkupacból való termelés. Miután végeztek pár hét alatt ezen tevékenységükkel a bányabéli kollégák, ismételt bányamérések történtek, amelyek eredményeül a „C” állapot is kirajzolódott a 4. ábrán. Természetesen majd néhány éven belül (az előre rögzített bánya-előrehaladási tervek alapján) itt újabb robbantás lesz, és újabb modellek képezhetők mérések útján.

4. Térfogatszámítás

Az elkészült felületmodellekből már térfogatváltozások is számolhatóak például a Surfer program segítségével. Mindig szükséges két felület megadása, a felső általában a fő definiált felület, az alsó lehet konstans magassági érték, de különálló részletesen definiált felület is. Arra viszont vigyázni kell, hogy a két *gridfájl* celláinak a száma mindkét dimenzióban azonos legyen, enélkül nem fog létrejönni érvényes, számolt térfogati érték.

Az 5. ábrán egy bányafal előrehaladásának sematikus modellje látható oldalnézetből. A fal lerobbantása után a világoszölddel és a piros mintával jelölt térrész aprózódik. A gravitáció hatására a kőzettípusnak megfelelő dőlésszöggel rendelkező rézsűjű kúphoz közeli alakzat alakul ki a sötét- és világoszöld részeken. A leomlott anyag térfogata több lesz, mint a felülről leomló „lerobbantott” anyagé, mivel kezdetben a másodlagos porozitás nem volt jelentős a kompakt kőzetben, de az aprózódás során annak jelentős szerepe lett, ami a térfogatnövekedést illeti. A számítások alapján a sötétzölddel jelölt „leomlott anyag” rész kicsivel több mint 3000 m^3 -re adódott, míg a piros mintával jelölt „lerobbantott anyagé” 2000 m^3 -nél kevesebbre. Ez az előbb részletezett porozitásnövekedés miatt jöhetett létre, illetve mérőállásból nem biztos, hogy kellő pontossággal lehetett a felső 345 mBf-szint felületét bemérni, bár nem is ez volt a cél a felmérés során. Miután elhordták a feldolgozásra szánt mészkövet (zölddel jelölt részek), kialakult a végső kőzethatár. Ezen felülethez képest az alpmérés fala által határolt test 5570 m^3 -rel többre adódott. Ez az érték megfelelt az előzetes várakozásoknak, ami a tervezett lerobbantani kívánt kőzetmennyiséget illeti. Az ellenőrzések azért is lehetnek fontosak, mivel a tervezett robbantás nem mindig úgy sikerül, mint ahogy előre „papíron” megszerkesztik [2].



5. ábra

A mért robbantási fal 3 fázisának (alpmérés, robbantás után, végső állapot) sematikus vázlata oldalnézetből [a szerzők]

Van, hogy a robbantólyukak fúraskor a tervezett dőlésszögtől eltérő irányba haladnak, akár kereszteznek egy másikat is. A kőzettest sem feltétlenül teljesen homogén, ez is okozhat nem várt rendellenességeket a jövesztésben. Léteznek olyan robbantás előtti fúrólukmérések, amelyek felderítik a hibásan létrejött geometriát a lyukak közt. Ilyenkor a kritikus helyeken ismételni kell a lyukak kialakítását. Amennyiben megfelelően sikerül a fúrólukak geometriájának kialakítása, a jövesztett kőzetek kellően összetöredeznek. Ilyenkor a terepi felmérés során is egyszerűbb a felmérés, kisebb hibával lehet kalkulálni, mint amikor sok 1 méternél nagyobb átmérőjű szikla is megmarad.

A második robbantási helyszín már csak extra kutatási feladat volt, ha már épp akkor zajlottak ott az események, amikor az első helyszín mérései folytak. A fal kezdeti állapotát még rögzítettük, azonban a robbantás után csak két munkanappal később sikerült a lerobbantott állapotot felmérni, így onnan már jelentős mennyiségű kőzetmennyiség hiányzott,

ami a kiszámolt térfogati értékeken is érződött. Itt a számítások alapján az előző falnál levezetett analógia alapján a „lerobbantott anyag” rész 1100 m^3 -re adódott. Ennek alapján erős becsléssel $\sim 3000 \text{ m}^3$ -re tehető az ezen falnál megmozgatott mészkő mennyisége. Az ilyen típusú mérésekkel folyamatosan rögzíthető a termelés előrehaladása. Léteznek már olyan telepíthető monitoringrendszerek, amelyek ezt a felmérést félautomata módon is el tudják végezni. Ezeknek a költsége, ahhoz képest, hogy csak 1 bányarészt tudnak megfigyelni, nem kifizetődő a hagyományos, manuális módszerekéhez képest.

Felhasznált irodalom

- [1] KÓKA Kő- és Kavicsbányászati Kft. Miskolc-Mexikóvölgyi Mészkőbánya 2016–2025. évi Műszaki Üzemi Terve.
- [2] KÓKA Kő- és Kavicsbányászati Kft. Miskolc-Mexikóvölgyi Mészkőbánya Technológia műszaki leírása.
- [3] Leica TS06 instrument description. Online: <https://totalstations.co/leica-flexline-ts06-flexible-total-station>
- [4] Surfer Software Description. Online: www.goldensoftware.com/products/surfer

Mine Wall Measurement and Modelling Before and After the Blasting Process

In the Miskolc Mexikóvölgy limestone mine, the field surface changes occurred by two blasting events were recorded. The field geodetic data was collected with the help of a total station and the corresponding prism. Data processing and field modeling were performed with Microsoft Excel and then with the Golden Software Surfer program. After the blasted rock has been transported, repeated measurements were made, which also allowed for calculate the changes in volume.

Keywords: *total station, mine surveying, surface modelling, Surfer, limestone, blasting*

Szilvási Marcell, MSc
egyetemi tanársegéd
Miskolci Egyetem
Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar
Geodéziai és Bányamérési Intézet
Tanszék
marcell.szilvasi@uni-miskolc.hu
orcid.org/0009-0000-4900-2654

Marcell Szilvási, MSc
Assistant Lecturer
University of Miskolc
Faculty of Earth and Environmental Sciences
and Engineering
Department of Geodesy and Mine Surveying
marcell.szilvasi@uni-miskolc.hu
orcid.org/0009-0000-4900-2654

Orosz Máté	Máté Orosz
földtudományi mérnök	Geological Engineer
Miskolci Egyetem	University of Miskolc
Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar	Faculty of Earth and Environmental Sciences
Bányászati és Geotechnikai Intézeti	and Engineering
Tanszék	Department of Mining and Geotechnical
	Engineering
oroszmate1999@gmail.com	oroszmate1999@gmail.com
orcid.org/0009-0004-4057-3564	orcid.org/0009-0004-4057-3564
