

GONDOLATOK A BIZTOSÍTÓSZERKEZETEK CÉLSZERŰ BEÉPÍTÉSI IDEJÉRŐL ÉS A PÓTBIZTOSÍTÁSOK SZEREPÉRŐL

DEBRECZENI ÁKOS¹

Absztrakt: A föld alatti üregeket hosszú távon, az esetek döntő többségében, csak biztosítószervezetek beépítésével lehet megtartani. A biztosítás feladata, hogy az üreg felületére megfelelő támasztóerőt kifejtve kialakuljon az egyensúlyi feszültségállapot. A biztosítószervezetre jutó terhelések alakulása szempontjából alapvető jelentőségű, hogy milyen volt a kőzetkörnyezet az üregnyitás előtti állapotban és milyenné vált az üregnyitás hatására. Figyelembe kell vennünk a reológiai jelenségeket és meg kell határozni a biztosítószervezet célszerű beépítési körülményeit, idejét. A cikket a már bezárt Márkushegyi Bányauzemben szerzett tapasztalatok színesítik.

Kulcsszavak: üregállékonyság, biztosítószervezet, beépítési körülmények

BEVEZETÉS

A föld alatti üregeket hosszú távon, az esetek döntő többségében, csak biztosítószervezetek beépítésével lehet megtartani. Ez alól csak az jelent kivételt, ha a kőzetkörnyezet üregnyitás után is, az üreg tervezett teljes élettartama alatt, megfelelő biztonsággal rugalmas marad és nem kell számítani veszélyes kőzetpergésre sem. A biztosítás feladata, hogy az üreg felületére megfelelő támasztóerőt kifejtve kialakuljon az egyensúlyi feszültségállapot.

A bányászatban az üregek biztosítását a szükséges élettartamuk figyelembevételével tervezzük meg. Egyes bányatereknek a bányauzem teljes élettartama alatt számottevő károsodás nélkül kell állva maradniuk, (ilyenek pl. az aknák körüli térségek), míg másoknak csak néhány hónapon keresztül kell biztosítani a termelés lehetőségét akár igen jelentős konvergencia megengedése mellett (ilyenek lehetnek pl. a fejtéselőkészítő vágatok). Az üregek rendeltetésének és tervezett élettartamának megfelelően kell megválasztani, hogy mely kőzetkörnyezetben kerüljenek kihajlásra (pl. a fejtésre kerülő kőzetben, a fedükőzetben vagy a fekükőzetben), ill. milyen legyen a biztosításuk. Ha az üreg konvergenciája a szükséges élettartalma alatt meghaladja az elviselhető mértéket, akkor azokat át kell építeni, pótbiztosításokat kell beépíteni vagy a kőzetkörnyezetet kell megerősíteni, pl. injektálással.

¹ Dr. Debreczeni Ákos
egyetemi docens, intézeti tanszékvezető
Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Intézet
bgt@uni-miskolc.hu

Minden ilyen pótlólagos munka jelentős többletköltséggel jár, így kihat az üzem gazdaságosságára.

A biztosítószerkezetre jutó terhelések alakulása szempontjából alapvető jelentőségű, hogy milyen volt a kőzetkörnyezet üregnyitás előtti állapotban (primer állapotban rugalmas vagy képlékeny) és milyenné vált az üregnyitás hatására (szekunder állapotban rugalmas vagy képlékeny). Figyelembe kell vennünk a reológiai jelenségeket és a nedvességtartalom változásának hatásait is. Nem elegendő tehát meghatározni az üreg megtartásához szükséges biztosítási igényt, hanem az előzőek figyelembevételével ki kell választani a megfelelő biztosítási módot és meg kell határozni a biztosítószerkezet célszerű beépítési körülményeit, idejét.

Ha az üreg körüli kőzetkörnyezet szilárdsága lecsökken, akkor nagyobb terhelés jut a biztosítószerkezetre. Fontos tehát, hogy a kőzetkörnyezet szilárdsági paraméterei az üregnyitás során minél kevésbé csökkenjenek. Új repedések kialakulása, illetve a meglévők felnyílása, a kőzettömbök egymáshoz képest való elmozdulása rontja az állékonyságot.

1. A BIZTOSÍTÓSZERKEZETEK LEGFONTOSABB TULAJDONSÁGAI

A biztosítószerkezetek legfontosabb tulajdonságaként általában a teherbíró képességét jelöljük meg. Önmagában a teherbíró képesség nem elegendő a megfelelő biztosítás kiválasztásához, megtervezéséhez. A szerkezet merevsége – engedékenység, illetve aktivitása – passzivitása, beépítésének ideje nagymértékben befolyásolja a biztosítás hatékonyságát. A biztosítás és a kőzetkörnyezet kölcsönösen hatnak egymásra, tehát az üregállékonyságot csak e kettő együttes rendszerében lehet vizsgálni.

Ahogy azt már korábban több szerző kifejtette (HANSÁGI, 1985), a biztosítás nem mindig tudja befolyásolni a kőzetkörnyezet feszültségállapotát. Ha rugalmas állapotú kőzetkörnyezetben nyitunk üreget és helyes technológiával, megfelelő aktív biztosítással el tudjuk érni, hogy a biztosított üreg kőzetkörnyezete rugalmas maradjon, akkor mind a kőzetkörnyezet, mind a biztosítás mechanikai tulajdonságainak megfelelően alakul a feszültségi állapot. A biztosítás merevsége, aktívan befolyásolja a kőzet alakváltozási állapotát, ezáltal az alakváltozási feszültségeket. Ilyenkor mondhatjuk, hogy a kőzet és a biztosítás együtt dolgozik. Merőben más a helyzet, ha már üregnyitás előtt is képlékeny volt a kőzet (látens képlékeny kőzetkörnyezet), vagy eredendően rugalmas kőzetben az üregnyitás hatására mennek végbe a rugalmassági határt meghaladó változások. Ilyenkor a biztosítószerkezet már lényegében nem befolyásolja a kialakuló képlékeny feszültségeket, azaz nem beszélhetünk együtt dolgozásról.

2. BIZTOSÍTÁS RUGALMAS KÖZETKÖRNYEZETBEN

Amennyiben üregnyitás után is rugalmas marad a kőzetkörnyezet, akkor az üreg biztosítás nélkül is állékony. A gyakorlatban ilyenkor is szükség lehet biztosítószerkezet beépítésére a következő okokból:

- fokozott biztonság,
- idővel az üreg körüli kőzetkörnyezet szilárdsági tulajdonságai romolhatnak (pl. a víztartalom változása, rezgések, feszültség átrendeződések következtében),
- hogy a vágat, a további üregnyitások hatására kialakuló többletfeszültségeket (áthárított kőzetnyomásokat) is elviselje.

Ha rugalmas kőzetkörnyezetben végleges biztosításként merev szerkezetet (pl. falazatot) alkalmazunk, akkor azt célszerű az üregnyitás idejétől jóval később beépíteni. A biztosítás beépítésének optimális ideje függ a kőzetkörnyezet reológiai paramétereitől. Végezzünk egy gondolatkísérletet. Ha az üregnyitással egy időben beépíthetnénk egy abszolút merev biztosítószerkezetet, akkor idővel (a reológiai jelenségek lejátszódását követően) a biztosításra a primer kőzetfeszültségekkel azonos terhelést hárulna. (A gyakorlatban ez nem valósulhat meg, hiszen az üregnyitás és a biztosító szerkezet beépítése között bekövetkezik a kőzet ideális rugalmasságából származó alakváltozás és részben lejátszódik a reológiai eredetű alakváltozás is. Ezen felül minden biztosítószerkezetnek van valamekkora rugalmassága, azaz ténylegesen nem létezik abszolút merev biztosítás.)

A végleges merev biztosítószerkezetre jutó terhelés csökkenthető, ha először engedékeny ideiglenes biztosítást építünk, melyet csak később, a reológiai eredetű kőzetmozgások lejátszódása után cserélünk a véglegesre. Fontos, hogy az így beépített biztosítás aktív, vagy „kvázi aktív” (azonnal aktivizálódó) legyen. Falazatos biztosításnál ezt gondos hátúr-kitöltéssel lehet elérni.

Ne felejtjük, hogy merev biztosítószerkezetet csak ott alkalmazhatunk, ahol nem kell számítani a szerkezet tönkremeneteli határát meghaladó terhelésekre, tehát alapvetően rugalmas kőzetkörnyezetben. Képlékeny kőzetkörnyezetben merev biztosítás csak kis mélységben használhatunk.

3. BIZTOSÍTÁS KÉPLÉKENY KŐZETKÖRNYEZETBEN

Eredendően képlékeny, vagy az üregnyitás után képlékennyé váló kőzetkörnyezetben az előzőektől alapvetően eltérő a helyzet. Ilyenkor megtámasztás nélkül az üreg nem marad állékony, a biztosítatlan üreg felületi pontjainak alakváltozási sebessége nem csökken és hosszabb idő alatt sem válik nullává. Ideális körülmények között az alakváltozási sebességek állandóak. Valójában a kőzet alakváltozási képessége kimerül és a gyorsuló alakváltozást tönkremenetel, omlás követi. Az elmozdulások hatására kialakuló repedések, illetve a meglévők felnyílása, a kőzettömbök egymáshoz képesti elmozdulása csökkenti a kőzettest szilárdsági értékeit. A szilárdság csökkenésének mértéke tehát függ az üregnyitás (fejtés) módjától, az alkalmazott biztosítószerkezettől és a beépítés körülményeitől.

A biztosítás beépítése során az alábbiakra kell figyelemmel lenni:

- A biztosítószerkezetet az üregnyitást követően minél hamarabb kell beépíteni, hogy az elmozdulások csökkentésével minél kevésbé romoljanak a kőzettest szilárdsági paraméterei.

- A kőzetkörnyezet teherviselő képességének szempontjából legjobb megoldás, ha a biztosítást már az üregnyitás előtt beépítjük. Erre csak injektálásnál és egyes közethorgony típusoknál van lehetőség.
- Előnyben kell részesíteni azokat a biztosítószerkezeteket, amelyek közvetlenül a vájvégen beépíthetők.
- Biztosítani kell a kőzetkörnyezet és a biztosítási rendszer minél jobb érintkezését.
- Fokozottan ügyelni kell a szelvényalak pontos kialakítására.
- A teljes biztosítási rendszert minél hamarabb ki kell építeni. A vágatállékonyság szempontjából sokkal kevésbé lehet hatásos a biztosítás utólagos megerősítése, mint a pótbiztosítás és a főbiztosítás egyidejű beépítése.

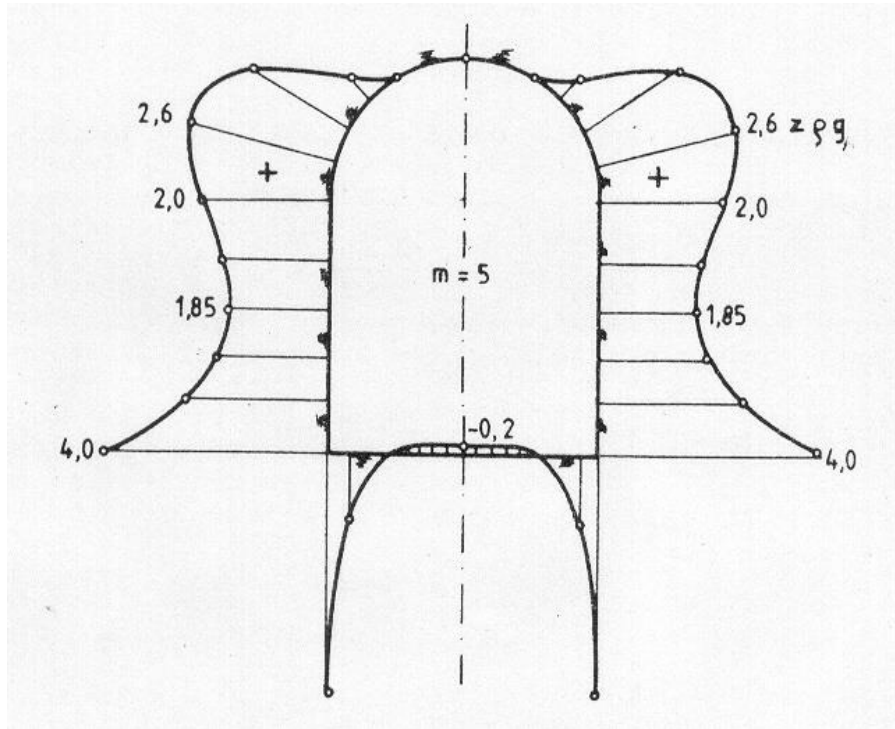
Primer állapotban rugalmas, az üregnyitás hatására képlékennyé váló kőzetkörnyezetben, helyesen alkalmazott biztosítással elérhetjük, hogy a biztosított üreg környezete ismét rugalmassá váljon. A már primer állapotban is képlékeny kőzetben (látens képlékeny állapot) nyitott üreg környezete a beépített biztosítástól függetlenül képlékeny marad. Látens képlékeny állapotban a primer feszültségekkel azonos terhelés éri a biztosítást. (Egyes esetekben a vágat átépítését követően a feszültségek némileg csökkenhetnek, ha a kőzet felkeményedően képlékeny tulajdonságú.)

Képlékeny kőzetkörnyezetben két út járható:

- a) Megfelelően teherbíró biztosítás beépítésével megakadályozzuk a kőzetmozgásokat. Az ehhez szükséges biztosítási ellenállás a mélységgel arányosan nő, azaz ilyen biztosítás csak viszonylag kis mélységekben építhető gazdaságosan. Arról sem szabad megfeledkezni, hogy adott biztosítási igény mellett a szelvénymérettel arányosan nő a szükséges falzatvastagság, így különleges, erősített betonszerkezetek vagy acélszerkezetek alkalmazása válhat szükségessé.
- b) Jelentős mélységekben nem törekedhetünk a kőzetmozgások megakadályozására, ekkor engedékeny biztosítószerkezet védelmében dolgozhatunk folyamatos szelvényszűkülés mellett. A szükséges vágatkeresztmetszet csak rendszeres átépítéssel (talpszedéssel, felbővítéssel) biztosítható.

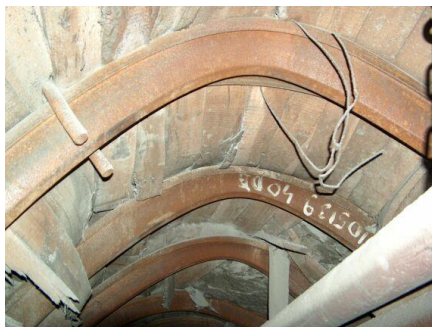
4. TAPASZTALATOK A MÁRKUSHEGYI BÁNYAÜZEMBEN

Magyarország máig utolsó (és reményeink szerint nem legutolsó) jelentős föld alatti szénbányájában a Márkushegyi Bányászati Üzemben készített felvételekkel kívánom illusztrálni a vágat-tönkrementel egyes formáit. Ebben a bányában a vágatok jellemző szelvényalakja a kapuíves kialakítás volt. Az alkalmazott biztosítószerkezet: TH-ívek fa béléstestekkel. Általában a talp nem került biztosításra. Jellemzően a vállpont környezetében, valamint az oldal és a talp találkozásánál (alsó sarokpontok) volt legnagyobb a biztosítási igény (1. ábra).

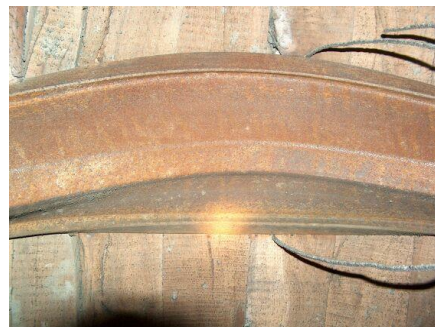


1. ábra: Tangenciális feszültségek eloszlása kapuíves üreg körül

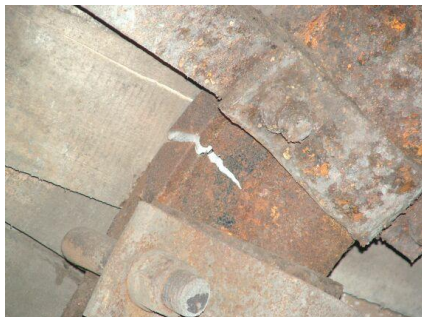
A vállpont irányából érkező terhelések előtt a biztosítás az ívek összecsiszásával tud kitérni. Ez addig „működik” amíg az összecsiszást valamely szerkezeti elem, vagy a szűkülő keresztmetszettel változó görbület meg nem akadályozza. Ezt követően a szerkezet elveszíti engedékenységét és a harangprofil kinyílik, vagy az ívek felrepednek (2–5. ábrák).



2. ábra: Erősen hajlott TH ívek



3. ábra: A harangprofil kihajlása



4. ábra: TH-ív felrepedése a vállpontban



5. ábra: A rosszul elhelyezett távtartók megakadályozzák a TH-ívek összecsisúsítását

Nyitott kapuíves biztosításnál az oldalirányú terhelések hatására jelentős hajlító nyomatékok ébrednek a TH-ívben. A hajlító igénybevételekkel szemben csak igen korlátozottan engedékeny ez a biztosítás. A túlzott talpszedés gyorsítja a tönkremeneteli folyamatot.

A Márkushegyi Bányauzemben a vágatkereszteződések fellazult kőzetkörnyezetét sikeresen erősítették meg injektálással. A kritikus kereszteződések nyitott főtelfelülete egyes esetekben a 100 m²-t is meghaladta. Az injektáló anyag kiválasztása az alábbi szempontok szerint történt:

- alacsony kötési zsugorodás,
- alacsony viszkozitási érték,
- kötés után elasztikus képesség,
- jó tapadóképesség bányabeli körülmények között (por, víz),
- fiziológiai és környezetvédelmi megfelelőség,
- az injektáló anyagnak bányabeli körülmények közötti kezelhetősége és
- igény szerint változtatható kötési idő.

A megfelelő kötési idő külszíni injektálásoknál általában 0,5–1,0 perc körüli érték, a bányabeli körülményeink azonban esetenként lényegesen hosszabb 3-4 perces kötési időt tesznek szükségessé.

Az injektálási nyomás értéke átlagosan 2 MPa volt, amely a kőzet repedezettségétől függően 0,5 és 3 MPa között változott.

Márkushegyi körülmények között az elváló, repedezett lepergő rész kb. 1,0 m vastagságú, ezért a kőzetköpeny megerősítésének csak az ennél távolabbi térségben van értelme. Az injektáló pakkert rendszerint a vágat felületétől egy méter mélységben kellett elhelyezni, csak nagyon töredezett zónában fordult elő, hogy 1,5 m-nél távolabb kellett a lyukat lezárni és az injektálást indítani.

Minden megerősített szakaszhoz injektálási terv készült, amely a rendelkezésre álló korábbi információk figyelembevételével meghatározta az injektáló furatok

kiosztását, az injektálás sorrendjét és a szükséges injektáló anyag várható mennyiségét. A fúrési háló rendszerint $1,2 \times 1,2$ m-es, a lyukak mélysége pedig 3,0 m volt.

A kísérletek folytatásának a bánya bezárásáról hozott döntés vetett véget. Reményeink szerint, néhány éven belül, egy újonnan nyíló föld alatti üzemben lehetőségünk lesz a Márkushegyi Bányaüzemben szerzett tapasztalatok hasznosítására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány/kutatómunka a *Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017* című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Széchenyi 2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] HANSÁGI I.: *Gyakorlati kőzetmechanika az ércbányászatban*. Budapest, 1985, Műszaki könyvkiadó.
- [2] SOMOSVÁRI ZS.–DEBRECZENI Á.: *A repedezett kőzettest szilárdsági paramétereinek meghatározása és repedezett kőzetkörnyezetben nyitott vágatok utólagos megerősítésére irányuló kutatások a Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Tanszékén*. Mérnökgeológia Kőzetmechanika. Budapest, 2006, Műegyetemi Kiadó.
- [3] VICSAI J.–NÉMETH L.–KOVÁCS T.: A vágatok környezetének injektálással történő megerősítésére, *Bányászati és Kohászati Lapok, Bányászat*, 2005, 138 (3),
- [4] DEBRECZENI, Á.: *A vágatkörnyezet injektálással történő megerősítésének fejlesztése*. Kutatási jelentés, Miskolci Egyetem, Bányászati és Geotechnikai Tanszék, Miskolc, 2005.