

## **GONDOLATOK A BIZTOSÍTÓSZERKEZETEK CÉLSZERŰ BEÉPÍTÉSI IDEJÉRŐL ÉS A PÓTBIZTOSÍTÁSOK SZEREPÉRŐL**

DEBRECZENI ÁKOS<sup>1</sup>

**Absztrakt:** A föld alatti üregeket hosszú távon, az esetek döntő többségében, csak biztosító-szerkezetek beépítésével lehet megtartani. A biztosítás feladata, hogy az üreg felületére megfelelő támasztóerőt kifejtve kialakuljon az egyensúlyi feszültségállapot. A biztosító-szerkezetre 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 biztosító-szerkezet célszerű beépítési körülményeit, idejét. A cikket a már bezárt Márkushegyi Bányauzemben szerzett tapasztalatok színesítik.

**Kulcsszavak:** üregállékonyság, biztosító-szerkezet, beépítési körülmények

### **BEVEZETÉS**

A föld alatti üregeket hosszú távon, az esetek döntő többségében, csak biztosító-szerkezetek beépítésével lehet megtartani. Ez alól csak az jelent kivételt, ha a kő-zetkörnyezet 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, pótbiztosító-sokat kell beépíteni vagy a kőzetkörnyezetet kell megerősíteni, pl. injektálással.

---

<sup>1</sup> 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.

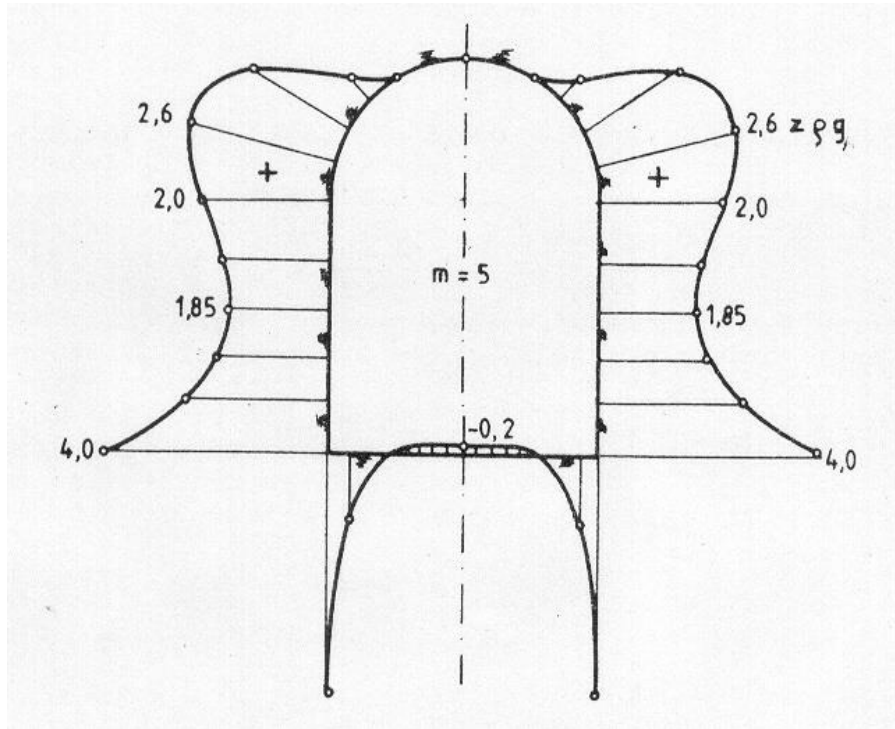
Primer állapotban rugalmas, az üregnyitás hatására képlékennyé váló kőzetkörnyezetben, helyesen alkalmazott biztosítással elérhetjük, hogy a biztosított üreg környezete ismét rugalmassá váljon. A már primer állapotban is képlékeny kőzetben (látens képlékeny állapot) nyitott üreg környezete a beépített 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.

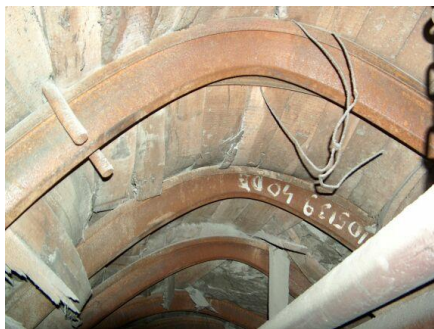
#### 4. TAPASZTALATOK A MÁRKUSHEGYI BÁNYAÜZEMBEN

Magyarország máig utolsó (és reményeink szerint nem legutolsó) jelentős föld alatti szénbányájában a Márkushegyi Bányáüzemben 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).

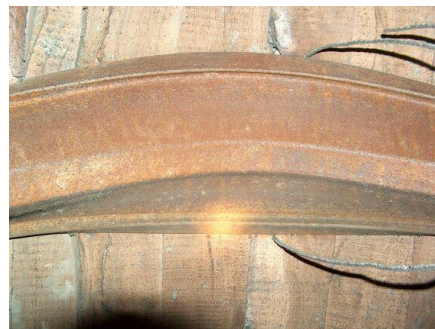


1. ábra: Tangenciális feszültségek eloszlása kapuíves üreg körül

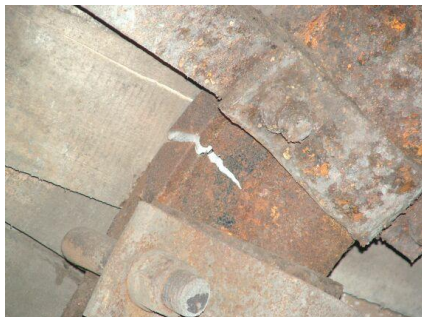
A vállpont irányából érkező terhelések előtt a biztosítás az ívek összecsiszásával tud kitérni. Ez addig „működik” amíg az összecsiszást valamely szerkezeti elem, vagy a szűkülő keresztmetszettel változó görbület meg nem akadályozza. Ezt követően a szerkezet elveszíti engedékenységét és a harangprofil 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 főtárfelülete egyes esetekben a 100 m<sup>2</sup>-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 fúrási 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.