

ELŐINJEKTÁLÁS A BÁTAAPÁTI LEJTŐSAKNÁKBAN

Berta József – Deák Ferenc

MECSEKÉRC ZRt. Pécs, Esztergár L. u. 19,

bertajozsef@mecsekerc.hu, deakferenc@mecsekerc.hu

Összefoglalás: A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló kutatási program több mint 13 éve kezdődött Magyarországon. A kutatás egy az egész országra kiterjedő vizsgálattal kezdődött, melynek célja egy potenciálisan alkalmasnak tekintett formáció helyének meghatározása volt. Végül a Mórágyi Gránit Formáción belül egy Bábaapáti község melletti terület adódott. A kiválasztott gránit képződmény gránitos kőzetekből épül fel. A kőzetkörnyezet, amelyben a vágatok előrehaladnak erőteljesen töredezett és a vízvezető képességét figyelembe véve, a vágathajtás során számítani kell mindig kisebb, nagyobb mértékű beszivárgásokra. Ezen vízszivárgások hozamának csökkentésére, kizárására alkalmazzuk a még ki nem hajtott vágatszakra kiterjedő a cementalapú, előinjektálást. A továbbiakban vízkizárásra irányuló tevékenységeink folyamata kerül bemutatásra.

Kulcsszavak: Bábaapáti, alagútépítés, injektálás

1. Bevezetés

A modern bányászatban és alagútépítésben nagyon gyorsan elterjedt és fejlődött a nemzetközi gyakorlatban is használt cementalapú előinjektálási eljárás. A fő motivációk, amelyek szükségessé teszik a bányatérsegek vízkizárásos munkálatait:

- A vágathajtás során a beszivárgó víz kiszivattyúzásával, a kihajtott bányatérsegek körül a felszín alatti vizek számottevő szintcsökkenése következhet be.
- A vizesedések, vagy erőteljesebb befolyások megromlíthatják a kialakított biztosítatlan térrészek stabilitását, a későbbiekben pedig ronthatják a biztosításként használt kőzethorgonyzás, löttbetonozás minőségét és tönkreteszhetik az alagutak útburkolatát.
- A nagy vízbetörések teljesen meg is akadályozhatják a bányászati tevékenységet, azáltal, hogy elöntik a munkahelyeket.
- A nagy mennyiségű vízbelépések a földalatti térségek biztonságának leromlásához vezetnek.

1.1. Rövid földtani leírás

A Bábaapáti (Üveghuta) telephely a Mecsek-hegység keleti részén helyezkedik el, földrajzi szempontból a Geresdi dombsághoz, földtani szempontból a Mórágyi röghöz (ÉK-i része) tartozik, itt található a Mórágyi Gránit Formáció paleozoós gránitkőzetei.

A vágathajtás során mindkét kutatóvágatban kb. 110 fm-ig mállott gránitban haladtunk előre, mely könnyen morzsolható, a portálok környezetében pedig talajszerű. A nyomvonal mentén eddig a porfíros monzogránit, monzonit (leginkább zárványok formájában), leukokrata slírekkel kontaminált monzonit volt jellemző. A Nyugati kutatóvágatban 53-62 fm, 180-190 fm és 636-631,2 fm, a Keleti kutatóvágatban 74-121 fm és 575,5-590,2 fm közötti szakaszokon harántoltunk trachandezit teléreket. Ezek csapása KÉK-NyDNy irányú. Jellemzőek a jó vízvezető karbonát erek, valamint a tektonikus tört, zúzott zónák is.

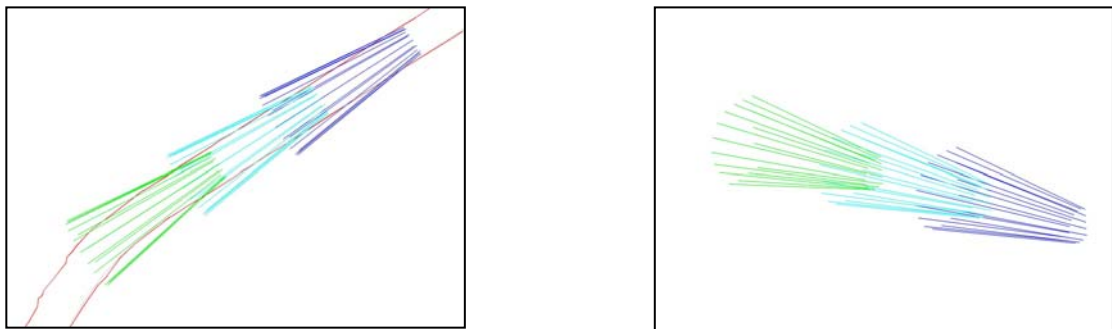
Továbbá a limonit kitöltésű repedések és a saját anyagú kitöltéssel rendelkező rendszerek, amelyek mind jó vízvezetéssel rendelkeznek. A repedések megnyíltsága az injektálások tervezésében és kivitelezésében nagyon jelentős szerepet játszik. A geotechnikai dokumentálásokról kitűnik, hogy törérendszerek nagy része zárt ($< 0,1$ mm), ez jelentősen befolyásolja a standard cementalapú anyagok szétterjedését a kőzetben, a szemcseméretük miatt.

A kutatóvágatokban észlelt beszivárgó vizek hozama nem nagy átlagosan 1-5 l/perc/megjelenési pont. Voltak esetek, amikor a 10 l/perc/megjelenési pont vízhozamot is mértünk, de ezeknek egy rövidebb idejű lecsengés után a vízhozamuk lecsökkent. Az előinjektált vágatszakaszokon is találunk csöpögéseket, illetve szivárgásokat és befolyásokat, de ezek vízhozama egyenként nem haladja meg az 1l/percet.

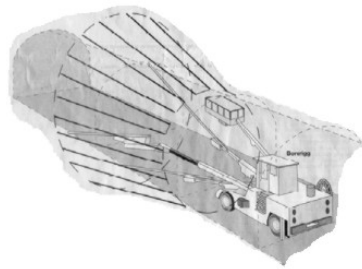
2. Előinjektálás

2.1. Az előinjektálás célja

A tervezett előinjektálás célja egy 3,0-3,5m vastagságú vízzáró zóna kialakítása a lejtőszakna kontúrja körül, a repedezett és vízvezetésre alkalmas kőzetekben. Ezt úgy valósíthatjuk meg, ha az előinjektálandó zóna előtti vágathomlokról ernyőszerűen különböző szöggel a kifúrunk a vágatkontúrból (1. ábra), majd ezeket a lyukakat injektáljuk. A vízzáró zóna vastagságát a szerint választjuk meg, hogy vágatbiztosítás során milyen hosszúságú közethorgonyokat használunk. Ha ezt nem vesszük figyelembe, akkor a kőzetcsavarok átütve a palástkörüli injektált zónát, maguk vezetik be a vizet a vágatba.



1. ábra: Az előinjektálási lyukak felülnézetből, és térben elforgatva.



2. ábra: Az injektáló ernyő lefűrése fűrókocsival.

2.2. Az előinjektálás szükségessége

A felszín alatti kutatás tervének megfelelően az elől haladó lejtősaknában szakaszonként előfűrést (magfűrés), a másikban pedig kutató szondafűrésokat (teljes szelvényvel) mélyítünk, amelyekben pakkeres méréseket végzünk a kőzet vízáteresztő képességének meghatározására. A tesztek a Golder Kft. végzi. Azokon a vágatszszakaszokon, ahol a transzmisszivitás 10^{-6} m²/s értéknél nagyobb szükség van az előinjektálás kivitelezésére.

2.3. Elvárások

A Felszín alatti kutatási terv és a Létesítési terv az injektálandó vágatszszakaszok vízáteresztő képességének minimális értékét 1 Lugeonban ($k = 10^{-7}$ m/s) ill. a megengedett maximális beszivárgást 10 l/perc/100 m vágathosszban adta meg. Az előinjektálás tervezésénél és kivitelezésénél ezek az értékek a mértékadóak.

2.4. Az előinjektálás kivitelezése

Ha a pakkeres kútvizsgálatok kiértékelése után döntés születik az előinjektálás szükségességéről, akkor az adott vágatszszakasz vízkizárásos munkálataira eseti terv készül. Az injektálandó 16-19 db. fűrólyuk a vágathomlokról 4-15°-os szöggel, 15-22 m hosszban mélyül a vágatkontúr körül ernyőszerűen, egyenletes kiosztásban. Hosszabb vágatszszakaszok injektálását több lépcsőben végezzük. Az egyes szakaszokban az injektálási ernyők átfedéssel kerülnek telepítésre. (1. ábra) Bizonyos esetekben, amikor a törésrendszerek egymással kommunikálva kapcsolatba kerülnek a vágathomlokkal, ezáltal esetleg az alkalmazandó nyomásértékeknél injektáló anyag jelenhet meg, akkor az első lépcsőben rövid, nagyobb szöggel telepített lyukakkal, kisebb nyomáson való besajtolással kezdünk. A meglévő szakasz alatt mélyítjük a következő szakasz hosszabb és hegyesebb szögű lyukainak fűrésát, ugyanazon homlokról.

Az injektáló lyukak fűrésának irányítása az Atlas Copco fűrókocsi Regular fűrésirányítási rendszer és a *Tunnel manager lite* tervező programmal készített fűrólyuk irányító programmal történik. (2. ábra) Az injektáló furatok elhelyezkedését Injektálási jegyzőkönyvben rögzítjük. A fűrólyukak iránytartását a fűrórudatba épített stabilizátor elemekkel tudjuk elérni.

2.5. Berendezések, eszközök

Az injektáló lyukakat Atlas Copco Boomer L2C fúrókocsival, ütve-forgatva működő fúróalapáccsal, 64 mm átmérőjű fúrókoronával, manuálisan toldható fúrószárrakkal és a fúrószárak közé épített stabilizátorokkal mélyítjük teljes szelvényben. Az injektáló lyuk lefúrását követően a fúrórudazaton keresztül, a fúrókoronát a lyuktalpon tartva 3-5 bar nyomással kiöblítjük az injektáló lyukat. Ezzel a lefúrt lyukból teljesen kiöblítjük a furadékot. Az injektáló lyukak elzárása BQ, BQ-U méretű mechanikus pakkerekkel történik. A pakkerek alkalmasak 65-66 mm átmérőjű injektáló lyukak zárására és injektálására 20 bar nyomásig. Ha a fúrt kőzetek gyenge állékonysága miatt deformálódik vagy kimosódik az injektáló lyuk bevezető szakasza, cementezett béléscsővet használunk, vagy a pakkerszárat PUR-habbal rögzítjük. Az injektáláshoz ZBE-100 Craelius injektáló pumpát használunk, 1800 fordulat/perces koloidális keverővel és homogenizáló tankkal biztosítva az anyagellátását. Az injektáló pumpa 100 bar nyomásig képes 110 mm-es átmérőjű dugattyúval injektálni 100 l-t percenként. A beinjektált anyag mennyiségét a berendezés löketszámlálója rögzíti, a számláló 2,5 liter injektált mennyiségeket számol, ezeket jegyezzük a terepi jegyzőkönyvekben. Az injektáló keverék előállításához elő- és koloidális keverőt használunk. Az előinjektálást a lyukak lefúrását követően a Rotaqua Kft. végzi.

2.6. Injektáló anyag

Az előinjektálás folyamán TIWOFILL (TWF) anyagot használunk. A TWF portland cement finomságúra őrölt dolomitpor, kohósalak-cement, portland cement és agyagásvány keveréke. Nyomószilárdsága 3MPa, ami zárt törésrendszer(ek)ben képes néhány száz m-es hidrosztatikus nyomás elviselésére. Mindamelllett, a TWF minimális (2-5%) vízvesztéssel bír és nagyobb kohósalak-cement tartalmának következtében hosszabb ideig lehet kezdeti dermedés nélkül injektálni, mint cementtel. Az injektáló anyag a Tiwo GmbH Wopfing-i, Ausztria telephelyéről származik. A bekeverendő injektáló anyagok sűrűségi értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

Bekeverésnél a keverőtartály geometriai méreteit figyelembe véve, a vízmélység mm-es osztású mérőszalaggal történő beméréssel állítjuk be. A Tiwofill injektáló anyagot súlyméréssel adagoljuk a vízhez folyamatos keverés mellett. Az így bemért víz-injektáló anyag arány biztosítja az 1. táblázatban előírt keverék sűrűségintervallumon belüli megfelelőségét. A bekevert injektáló anyag minőségét keverésenként sűrűségméréssel ellenőrizzük. Ha a sűrűségmérés eredménye alapján a bekevert anyag nem megfelelő, azt meghatározott intervallum eléréséig javítani kell hígítással vagy sűrítéssel. A bekevert anyagból mintát veszünk a későbbi vizsgálatok céljából.

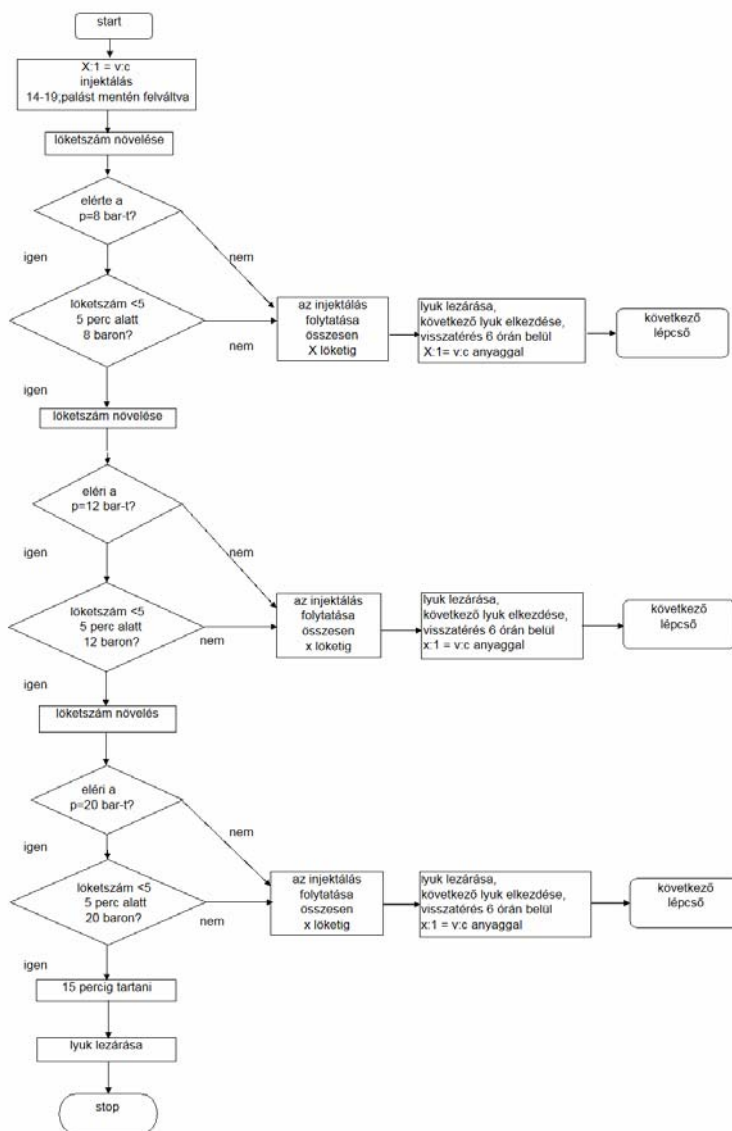
2.7. Az előinjektálás folyamata

Injektálási lépcsőnek nevezzük az egy injektálási szakaszon belül az azonos sűrűségű anyaggal történő injektálási folyamatot. Az egyes injektálási lépcsőkben az injektáló folyadék sűrűsége a hígabbtól a sűrűbb felé halad. Az előinjektálást lyukanként végezzük a talpi injektáló lyukakkal kezdve, majd a palást menti lyukakkal folytatva

alulról felfelé haladva a két oldalon felváltva. Az egyes injektált lyukak nagyobb sűrűségű anyaggal való következő lépcsőben való injektálását max. 6 óra elteltével folytatjuk. A beinjektálható folyadék mennyisége elsősorban a kőzetek repedezettségétől, másodsorban az injektáló nyomástól és az injektált folyadék sűrűségétől függ.

| | Keverési arány V:C | Keverék sűrűsége (kg/l) | Víz (l) | Szárazanyag (kg) |
|----|-----------------------|----------------------------|------------|---------------------|
| A) | 3:1 | 1,17-1,19 | 120 | 40 |
| B) | 2:1 | 1,25-1,27 | 80 | 40 |
| C) | 1,5:1 | 1,33-1,35 | 60 | 40 |
| D) | 1:1 | 1,40-1,42 | 40 | 40 |

1. táblázat: Az injektálási lépcsőkben használt víz, injektáló anyag keverési aránya.



3. ábra: Az előinjektálás kivitelezésének folyamatábrája

Ha lehet, egy-ugyanazon v:c arányú keverékkel megpróbáljuk az összes injektáló lyukat injektálni a következő lépcsőig. Minden lépcsőben 8 bar nyomással kezdünk, majd 12 bar, a végső nyomás, amelyet még használunk 20 bar (3. ábra). Az anyagnak az injektálás befejezése után 12 óra kötési időt hagyunk, ezután elkezdjük a vágathomlok továbbjövését.

Ha az injektáló lyuk saját térfogatának megfelelő injektáló anyag mennyiséget nem nyeli el, akkor felhagyjuk. A felhagyás anyaga legalább $1,76 \text{ kg/dm}^3$ sűrűségű, 5% bentonittartalmú cementtej.

A felhagyás módja különbözik a fúrólukak helyzete szerint. A negatív dőlésű fúrólukakat a talpra beépített csőrakaton keresztül töltjük fel. A vízszintes, ill. a pozitív dőlésű lyukak esetében MAI szivattyúval végezzük el a feltöltést.

A feltöltött lyukakat a lyukszájnál pakkerral lezárjuk, 10 bar túlnyomással megnyomjuk majd a pakkert lezárjuk. A pakkerek 7 óra múltán oldhatók.

Az előinjektálás folyamán minden momentum terepi jegyzőkönyvekben feljegyzésre kerül, később ezekből készül el az injektálás során elhasznált anyag, nyomás paraméterek, anyag sűrűség stb. adatokat összesítő jelentés.

2.8. Az előinjektálás hatékonyságának ellenőrzése

Az injektált vágatszakaszharántolásakor az esetlegesen vágatszelvényben jelentkező (elferdült) injektáló lyukak helyét geodéziai módszerrel dokumentáljuk. Az injektált vágatszakaszharántolását követően, az injektált vágatszakaszon a beszivárgó víz mennyiségét mérjük. Az injektálást akkor tekintjük megfelelőnek, ha a három mérés átlagában az injektált szakaszon a vízbelépés nem haladja meg az 1 l/perc vízhozamot.

3. Összefoglalás

A vágathajtás során gyakran találkozunk olyan vizes zónákkal, amelyek veszélyeztetik a megépült vágatok hosszú távú biztonságát. Annak érdekében, hogy a beszivárgó vizek hozamát csökkentsük, esetleg teljesen kizárjuk, előinjektálásokat végzünk, ezáltal a vágatok körül egy vízzáró zónát alakítunk ki. A vízkizárásos munkálatok során gyűjtött adatok feldolgozásával a tapasztalatok felhasználásával készülnek az újabb előinjektálás tervek.

Hivatkozások

- Garshol, K.R. 2003: *Pre-Excavation Grouting in Rock Tunneling*, Degussa CC International Underground Group, Degussa AG.
- Mott MacDonald Ltd. 2004: *Bataapati Exploratory Tunnels, Detailed Design of Portals and Tunnels and Construction Specifications*.
- Barton, N. 2004: *The theory behind high pressure grouting*, Tunnels & Tunneling Int.
- Tolppanen, P.; Syrjanen, P. 2003: *Hard Rock Tunnel Grouting Practice in Finland, Sweden, and Norway – Literature Study*, Julkaisija Publisher.