

Végtó-rézsűk állékonyságának modellezése

Modeling Stability of Final Slopes of Mine Pit Lakes

ANTONOVITS Ábel Dániel¹, Dr. DEBRECZENI Ákos²

Miskolci Egyetem - Bányászati és Geotechnikai Intézet

¹3515 Miskolc-Egyetemváros – bgtabel@uni-miskolc.hu

²3515 Miskolc-Egyetemváros – bgtada@uni-miskolc.hu

Abstract

Creating pit lakes, by the flooding of open cut mines is a common solution for the reclamation of the land. The stability of the slopes must not only be examined when the final water level is reached, but also during the filling. The flow pressure, the change in shear strength parameters and the buoyancy of water can lead to the failure of the slope. In this paper, we present the regularities which can be abstracted from the specific parameters of the rock mass, using different models.

Kucsszavak: Rézsű, Janbu, állékonyság, bányató, vízszint

1. Külfejtési bányák felhagyásának módja

A tájrendezésnek, vagyis a bányászati tevékenységgel érintett terület fokozatos helyreállításának, a terület újrahasznosításra alkalmas állapotba hozatalának, vagy annak a természeti környezetbe illő kialakításának egyik módja, a bányagödörből való végtó kialakítása [10].

A külfejtési bányák felhagyása esetén kialakuló bányatavak leggyakrabban a talajvíz, illetve rétegvíz visszatöltődésével vagy a környező vízgyűjtő területekből származó csapadék összegyűlésével jöhetnek létre [5].

A külszíni bányászat során visszamaradó gödrökben keletkező tavak véglegesek, ezért kialakításukat a hosszútávú igényeknek megfelelően kell megoldani. Bányatavak létesítése során különösen nagy figyelmet kell fordítani a parti rézsűk kialakítására [1]. Jelen cikkben ezen rézsűk kialakításának kérdéseivel foglalkozunk.

2. A víz hatása a rézsűk állékonyságára

Bányatavak tervezésénél a terület hidrogeológiai ismerete elengedhetetlen. A víz jelenléte számottevően befolyásolhatja a ferde térszínnel határolt közettömegek állékonyságát. A kőzet víztartalmának növekedésével mind a kohézió, mind a belső súrlódási szög csökkenhet. Sokszor előfordul, hogy a kőzet pórusaiban elhelyezkedő víz áramlik a kőzetben. Ez akkor lehetséges, ha a kőzettest egyes pontjaihoz tartozó nyugalmi vízszintek nem egyeznek meg. Ekkor, az áramlási nyomást is figyelembe kell venni a számítások során. Laza szemcsés, azaz kohézió nélküli kőzetek vízzel borított rézsűi esetén a nyírószilárdság és a nyírófeszültség aránya, vagyis a megcsúszással szembeni biztonság nem tér el attól az esettől, amikor a rézsű száraz. Kötött kőzetek esetében a vízzel borított rézsű állékonysága rendszerint csökken, egyes esetekben, azonban meg is növekedhet, ugyanis a víz nemcsak a kohézióra és a belső súrlódási szögre van hatással, hanem felhajtó ereje azonos mértékben csökkenti a nyírófeszültséget, illetve a súrlódást is. Hosszabb ideig tartó vízelárasztás esetén felléphet az úgynevezett felpuhulás veszélye, amely csökkenti az állékonyságot.[8, 7]

Víznyomásnak tartósan kitett rézsűk esetében a szivárgás hatására ébredő áramlási nyomások szintén a rézsű megcsúszását okozhatják.

3. Kőzetfizikai és nyírószilárdsági paraméterek meghatározása

Az állékonyságvizsgálat szempontjából legfontosabb paraméterek a térfogatsúly, belső súrlódási szög és a kohézió, melyek tervezési értékeinek meghatározására az Eurocode 7 nyújt iránymutatást [2].

A szabvány szerint a paraméterek karakterisztikus értékeit statisztikai alapon tudjuk meghatározni, amely függ a paraméterek átlagától, számosságától, valamint relatív szórásától [9]. Az így kapott eredmények és a talajparaméterek parciális tényezőinek hányadosából számíthatók a tervezési értékek. A parciális, vagy biztonsági tényezők értékei az 1. táblázatban láthatók.

Talajparaméter	Jel	Érték
Hatékony súrlódási szög	$\gamma_{\varphi'}$	1,35 (tan φ' -re)
Hatékony kohézió	γ_c	1,35
Térfogatsúly	γ_γ	1,00

1. táblázat – parciális értékek ([2] alapján)

Az ily módon meghatározott tervezési értékek figyelembevételével az állékonyság akkor teljesül, amikor a számított ellenállások nem kisebbek, mint az igénybevételek tervezési értékei, vagyis a kihasználtság száz százaléknál nem nagyobb.

4. Választott számítási módszer

A modellek megalkotását, valamint a tervezési értékek felhasználásával a számításokat a Geo5 szoftvercsomaggal végeztük, amely Rézsűállékonyság programjával a fent említett paraméterek ismeretében, adott geometria mellett, különböző módszerekkel határozható meg a kritikus csúszólap helyzete, valamint a rézsű kihasználtsága [4].

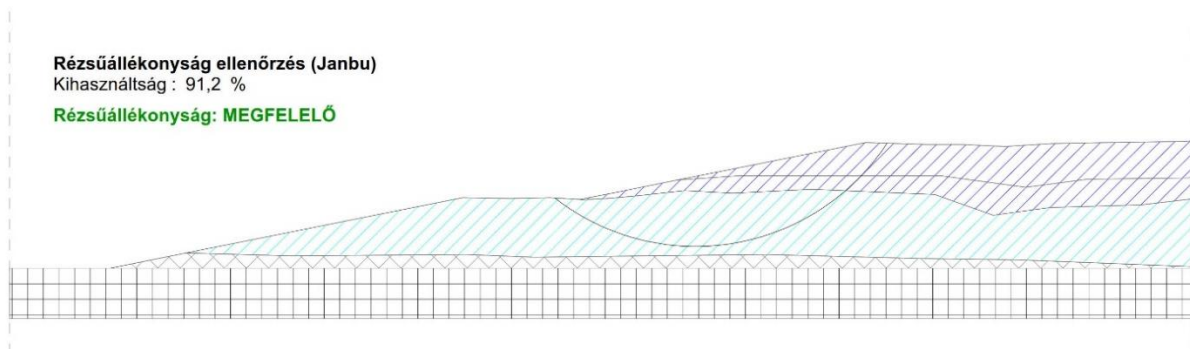
A vizsgálat módszerének, a mindennapi gyakorlatban talán leginkább elterjedt lamellás állékonysági vizsgálatot, a Janbu-módszert választottuk, mely a lamellák oldalfalain az eredő földnyomás vertikális és horizontális komponensének különbözőségét is figyelembevevő iteratív módszer [3].

5. Rézsű állékonysága elárasztás előtt, közben és után

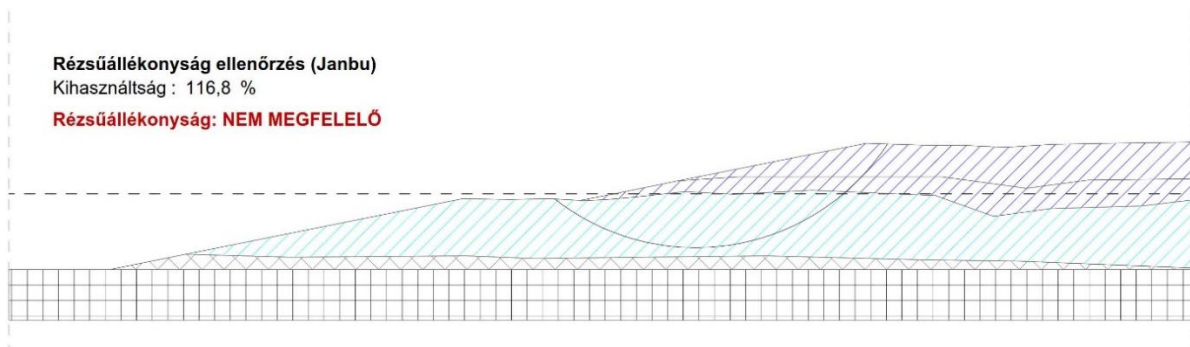
A rézsűk állékonyságát három esetben vizsgáltuk: szárazon, a bányagödör feltöltődése közben, illetve az elárasztás után.

5.1. Padkák helyzete

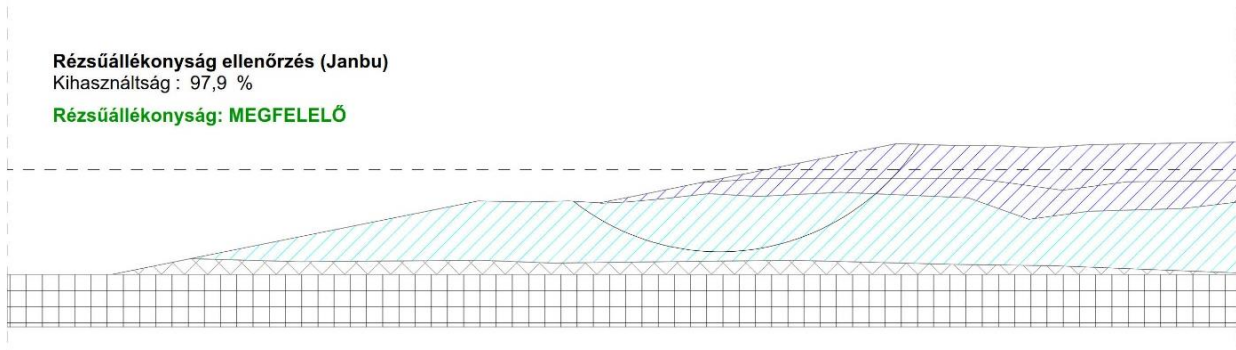
A magas rézsűk rendszerint padkás kialakításúak. Ilyenkor külön-külön meg kell vizsgálni az egyedi rézsűket, valamint a generálrézsűt is. Különös figyelmet kell fordítani azokra az egyedi rézsűkre, amelyek alatt lévő padka a prognosztizált talajvízszint közelében, vagyis a bányató vízszintjének közelében helyezkedik el. Ez az eset látható az 1. 2. és 3. ábrán, amely ugyanarra a feltételezett csúszólagra számítva mutatja a rézsű állékonyságát különböző vízszintek mellett. Fontos megjegyezni, hogy a fenti ábrák a vízszint és a kialakított padka egymáshoz viszonyított helyzetében történő változás hatását szemléltetik, vagyis nem a konkrét kihasználtságot, hanem azok arányát érdemes szemügyre venni az egyes helyzetekben.



1. ábra
Állékonyosság elárasztás előtt



2. ábra
Állékonyosság padka közeli vízszint mellett



3. ábra
Állékonyosság padka szintjétől magasabb vízszint mellett

Ugyancsak említésre méltó, hogy habár a csúszólap helyzetét fixnek vettük, a kritikus csúszólap pozíciója a vízszintváltozás hatására különbözhet ettől, azonban a kihasználtságban bekövetkező jelentős eltérés így is nyomon követhető.

5.2. Állékonyosság a rézsűszög függvényében

Jelen példának megfelelő nyírószilárdsági paraméterek mellett, a vízzel elárasztott rézsű állékony magassága 1:5 arányú dőlésig meghaladja a feltöltés előtti állapothoz tartozó állékony magasságot, azonban ennél nagyobb rézsűszögek esetén a reláció megfordult. Ez egyrészt a belső súrlódási szög, valamint kohézió csökkenéséből, másrészt a veszélyes köríves csúszólap, valamint a vízszint egymáshoz viszonyított helyzetéből adódik. Különböző dőlésű rézsűknél az említett hatások más-más mértékben tudnak érvényre jutni.

A kapott eredményeket a 2. táblázat tartalmazza, ahol azonos kőzetfizikai paraméterekkel rendelkező rézsűk maximális magasságai láthatók különböző rézsűszögek mellett, feltöltés előtt, illetve a rézsű koronaszintjéig vízzel borított esetben.

Dőlés [-]	Maximális megengedhető magasság [m]	
	Feltöltés előtt	Teljesen elárasztott
1:4	10	13
1:5	15	18
1:6	28	27
1:7	75	46

2. táblázat – állékony magasságok

A bányagödör feltöltődése során kialakuló vízszintkülönbség ugyancsak fontos kérdés. A kőzetben kialakuló legnagyobb vízszintkülönbség, valamint a távolság, melyen ez a különbség jelentkezik, hidrogeológiai modellezéssel határozható meg. Példánkban 100 m távolságon 4 m vízszintkülönbséget feltételeztünk, melyet a modell egyszerűsítése végett lineárisnak vettünk. Ez a vízszintkülönbség mindössze 3... 4%-os kihasználtság növekedést okozott. Az állékonyág csökkenésének mértéke természetesen erősen függ a rézsű geometriájától és a szivárgási nyomással érintett rétegek nyírószilárdsági jellemzőitől.

6. Következtetések

A maradó végrézsűket, már a bányászat termelő fázisában célszerű úgy kialakítani, hogy azok későbbi, külön berendezésekkel történő ellaposítására ne legyen szükség, ugyanis ez jelentős többletköltséget eredményez [6]. A padkák mértének és helyének megválasztása, azok talajvízszinthez viszonyított helyzete kiemelten befolyásolja a rézsű állékonyágát. A megcsúszás elkerülése érdekében a padkák geometriája, illetve a rézsűszögek módosíthatók, azonban ez többletmunkát jelent. Az állékonyági határhoz közeli rézsűknél külön figyelmet érdemel a visszatöltődés során kialakuló vízszintkülönbség, amely kritikus esetben a végtő mesterséges töltésével (szivattyúzással) csökkenthető.

Irodalom

- 1, DR. BUÓCZ ZOLTÁN, DR. SZARKA GYÖRGYI, 2007: *Rekultiváció, tájrendezés a bányászatban*, Miskolci Egyetemi Kiadó, 240, Miskolc
- 2, EN 1997-1 (2004) (English): Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC], 2004, Brussels
- 3, FAUR KRISZTINA BEÁTA, SZABÓ IMRE, 2011: *Geotechnika*, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, 286, Miskolc
- 4, Fine Ltd: *Geo5 Users Guide*, 2018, https://geo5-software.bg/support_files/rykovodstvo_na_potrebiteilya/geo5-ug-02-user-s-guide-1.pdf
- 5, J. M. CASTRO, J. N. MOORE, 1999: Pit lakes: their characteristics and the potential for their remediation, *Environmental Geology*, **2000/39**, 1254–1260, Butte
- 6, DR. KOVÁCS FERENC, 1987: *Külfejtések telepítése és nyitása*, Tankönyvkiadó, 272, Budapest
- 7, MEGGYES TAMÁS, DR. DEBRECZENI ÁKOS, 2006: *Paste technology for tailings management, Land Contamination and Reclamation*, **2006/14**, 815–827, 2006, Aberdeen
- 8, DR. SOMOSVÁRI ZSOLT, 1989: *Geomechanika II.*, Tankönyvkiadó, 362, Budapest
- 9, SZEPESHÁZI RÓBERT, 2008: *Geotechnikai tervezés – Tervezés az Eurocode 7 és a kapcsolódó európai geotechnikai szabványok alapján*, Business Media Magyarország, 192, Budapest
- 10, 1993. évi XLVIII. törvény a bányászatról