

Alapozás összeálló kőzetkörnyezetben

Gálos Miklós

BME. Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, e-mail mgalos@freemail.hu

Kürti István

KIE Bt, e-mail: ikurti@t-online.hu

Szitnyai György

GEOSZI, 1023 Bp. Levél u 3/b.

ÖSSZEFOGLALÁS: Összeálló kőzetkörnyezetben a kőzet mechanikai jellemzői a tagoltsági tulajdonságoktól függenek. A tagolt kőzettest viselkedésének jellemzésére az RMR (Rock Mass Rating) módszer használható, melynek segítségével a mechanikai tulajdonságok meghatározhatók.

Kulcsszavak: alapozás, határfeszültség, kőzetmechanika, tagoltság, sziklamunkák

1 BEVEZETÉS

Összeálló kőzetkörnyezetben készülő alapozási munkával az utóbbi időben egyre gyakrabban találkozunk. Bár olyan nagy feladatok, mint amilyenek egy-egy alpi völgyzáró gát alapozása, vagy magashegységi hidak alapozási munkái, geoadottságaink miatt elkerülnek bennünket, de a kisebb, vagy egyszerűbbnek tűnő alapozási munkák is – az összeálló kőzetkörnyezet sokszor bonyolultnak tűnő földtani felépítéséből-, a morfológiai adottságokból fakadóan – műszakilag elgondolkodtató, szép feladatot jelenthetnek.

A tagolt, feltöredezett kőzettestek sokkal heterogénebb térelemek, mint a talajok, ezért számos esetben az épületek, létesítmények alapozásánál főleg feltöredezett, gyenge vagy hullámos kőzetfelszín esetén több probléma merülhet fel, hiszen jelentős süllyedésbeli különbségekkel kell számolni. Fokozottan kell ügyelni abban az esetben, ha egy létesítmény alaptestei részben kőzettesten, részben talajon állnak. A különböző kőzettestek alakváltozási modulusai jelentősen eltérhetnek egymástól, amit számításba kell venni.

Az alapozás megtervezése függ a felszínen, illetve a tervezett alapozási síkon található kőzettest minőségétől, mely szoros összefüggésben van annak határteherbírásával.

Korábbi alapozási gyakorlatunk nagyon egyszerűen kezelte a kőzetkörnyezetben történő alapozási munkákat. Német szabványokra való hivatkozással Jáky a megengedett igénybevételek számításánál, a csekély mértékben repedezett, időjárástól meg nem viselt állapotú szikla esetén három esetet megkülönböztetve ad megengedett feszültségértékeket. (Jáky, 1944):

Zárt rétegződésű kis szilárdságú kőzet 10 kg/cm²

Zárt rétegződésű nagy szilárdságú kőzet 15 kg/cm²

Tömött, vagy oszlopos képződésű kőzet 30 kg/cm²

A múlt század harmadik harmadában a hazai szabványok értelmezése szerint kőzetek határfeszültségére a kőzet kockaszilárdságának 1/6 értékét javasolták (Rózsa, 1977):

Kis törőszilárdság esetén 8 kp/cm²

Közepes törőszilárdság esetén 8 - 40 kp/cm²

Nagy törőszilárdság esetén 40 - 60 kp/cm²

2 KÖZETMECHANIKAI TULAJDONSÁGOK A TAGOLT, FELTÖREDEZETT KÖZETKÖRNYEZETBEN

Tagolt, feltöredezett kőzetkörnyezet tulajdonságainak meghatározására számos próbálkozás történt. A műszaki gyakorlatban legjobban beváltak azok az eljárások, amelyek a kőzetkörnyezet meghatározó tulajdonságait jelzőszámok valamilyen kombinációival veszik figyelembe.

Az RMR (Rock Mass Rating) módszert (melyet számos esetben az angolszász szakirodalomban Geomechanikai Osztályozásnak is neveznek) Bieniawski fejlesztette ki. (Bieniawski, 1976) Az RMR módszer a kőzettest tulajdonságait a mérnöki létesítmény kőzetkörnyezetének tulajdonságait jelzőszámok figyelembe vételével összegzi. Az osztályozást az alábbi öt tényező figyelembe vételével teszi meg:

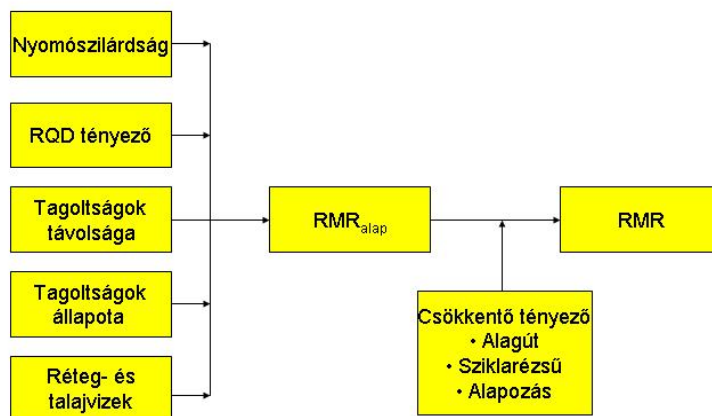
1. A kőzet egyirányú nyomószilárdsága; (r_{σ})
2. RQD tényező; (r_{RQD})
3. A tagoltságok távolsága („sűrűsége”); (r_x)
4. A tagoltságok állapota; (r_a)
5. Réteg- és talajvizek; (r_G)

A módszer a tényezők mindegyikéhez jelzőszámot rendel melyek összegzése alapján a tagolt kőzetet, 0 és 100 pont közötti összegzett jelzőszámmal válik minősítetté. Tehát:

$$RMR_{\text{alap}} = \sum r_i$$

A jelzőszámokat az 1. táblázat rész-táblázatai szerint vehetjük fel, amelyekből a kőzettest tulajdonságokhoz rendelt besorolás szerinti jelzőszámokat olvashatjuk ki.

Magyar nyelven a módszert, mely az alagútépítésnél és a sziklarézsűk vizsgálatánál is jól használható, részletesen Gálos és Vásárhelyi ismertette. (Gálos & Vásárhelyi, 2006) Az öt tényező adja az RMR alapértékét (RMR_{alap}), melyet a tagoltság irányával csökkentünk annak függvényében, hogy milyenek a feszültség-terjedés helyszíni viszonyai. A módszer folyamatábráját az 1. ábra jól szemlélteti.



1. ábra. Az RMR meghatározásának folyamatábrája

Az RMR_{alap} érték nemcsak az alapozási munkáknál, hanem az alagútépítési munkák tervezésénél is jól használható. A tagoltság térbeli elhelyezkedésének ismeretében ún. csökkentő tényezők vezethetők be, a nagyon kedvezőtől a nagyon kedvezőtlen esetig. A tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a határteherbírás drasztikusan csökken függőleges irányú tagoltsági rendszer esetén. Ilyen esetben mély határmélységgel kell számolni. Az 1. táblázatsorozatban a jelzőszámok felvételéhez szükséges, a kőzettestet jellemző tulajdonságokat, a 2. táblázatban az RMR_{alap} értékét csökkentő tényezőket adjuk meg.

Osztály	Minősítés	Egyirányú nyomószilárdság [MPa]	Jelzőszám (r_G)
I.	Rendkívül szilárd	> 250	15
II.	Nagyon szilárd	100 – 250	12
III.	Szilárd	50 – 100	7
IV.	Közepes szilárdságú	25 – 50	4
V.	Gyenge	10 – 25	2
VI.	Nagyon gyenge	2 – 10	1
VII.	Rendkívül gyenge	1 – 2	0

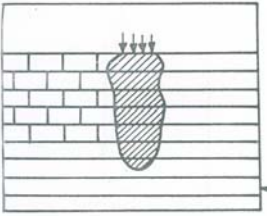
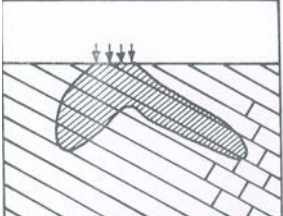
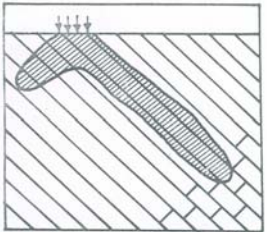
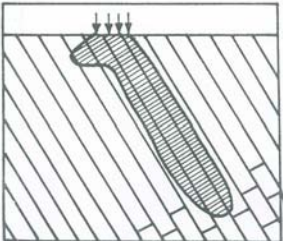
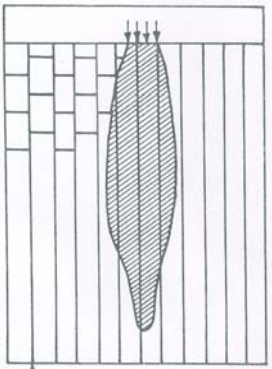
Minősítés	RQD	Jelzőszám (r_{RQD})
Kitűnő	90 – 100	20
Jó	75 – 90	17
Megfelelő	50 – 75	13
Gyenge	25 – 50	8
Nagyon gyenge	< 25	3

Minősítés	Tagoló felületek távolsága [m]	Jelzőszám(r_x)
Nagyon messzi	> 2	20
Messzi	0,6 – 2	15
Közepesen távoli	0,2 – 0,6	10
Közeli	0,06 – 0,2	8
Nagyon közeli	< 0,06	5

Leírás	Jelzősz. (r_a)
Nagyon érdes és üde állapotú, a kőzettestek szorosan érintkeznek, nincs szétválás	30
Érdes és kissé mállott, a szétválás kisebb mint 1 mm.	25
Kissé érdes és közepesen vagy erősen mállott, a szétválás kisebb, mint 1 mm.	20
Csúszós felület vagy 5 mm vastag. Kitöltés, vagy 1-5 mm folytonos szétnyílás	10
A szétválás nagyobb mint 5 mm, puha anyaggal kitöltött, a folytonos diszkontinuitás legalább 5 mm széles	0

10 m-es feltárási hosszban a vízbefolyás (l/perc)	nincs	< 10	10-25	25-125	> 125
Pórusvíznyomás/ Főfeszültség	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5
Leírás	teljesen száraz	párás	nedves	csepegés	Folyás
Jelzőszám (r_G)	15	10	7	4	0

1. táblázatcsoport. Az RMR módszer (r_i) tényezői

	Tagoltság helyzete az irányítottság függvényében	Csökkentő tényező
	Nagyon kedvező $\delta = 0^\circ$	0
	Kedvező $\delta = 30^\circ$	-2
	Kissé kedvezőtlen $\delta = 45^\circ$	-7
	Kedvezőtlen $\delta = 60^\circ$	-12
	Nagyon kedvezőtlen $\delta = 90^\circ$	-25

2. táblázat. A tagoltsági rendszer és az alptest geometriai elhelyezkedésétől függő besorolás alapján meghatározható csökkentő tényezők az RMR_{alap} érték módosításához

A meghatározott RMR érték segítségével lehetőség van az alptest alatti közettest osztályozására és a határteherbírásának (σ_H) megadására a

$$\sigma_H = 3,4 RMR^{1,6} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

összefüggés alapján, illetve a 3. táblázat adatsorának felhasználásával.

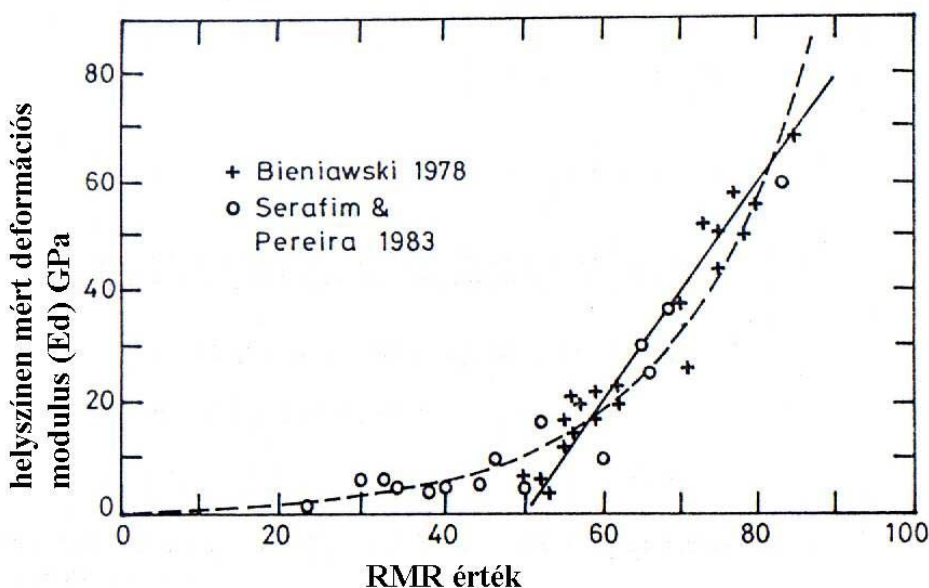
Fontos kiemelni, hogy a táblázat csak abban az esetben használható, ha az alaptest alatti kőzettest minősége állandónak vehető fel. Abban az esetben, ha a felső zóna RMR tényezője az alaptest szélességének kb. negyedének zónájában kisebb értékű, akkor számításnál vagy az ehhez tartozó kisebb értéket kell figyelembe venni, vagy pedig ezt a gyengébb réteget ki kell váltani.

A 3. táblázatban megadott határ teherbírási értékeket 12 mm-es süllyedés feltételezésével használhatók.

Osztály	I	II	III	IV	V
Megnevezés	Nagyon jó	Jó	Elégséges	gyenge	nagyon gyenge
RMR érték	100-81	80-61	60-41	40-21	20-0
σ_H (kN/m ²)	6000-4400	4400-2800	2800-1350	1350-450	450-300

3. táblázat. Az alaptest alatti kőzettest RMR értéke alapján való osztályozása és az ahhoz felvehető határfeszültségi értékek az RMR érték ismeretében

Az RMR érték és az in situ körülmények közötti alakváltozási modulus kapcsolatát több, a gyakorlati életben működő kőzetmechanikus vizsgálta. A 1. ábra vizsgálatok eredményeként összeállított, mérések alapján meghatározott összefüggést mutat be.



1. ábra. A helyszínen (in situ) mért alakváltozási modulus a meghatározott RMR érték ismeretében

Nem grafikus, hanem analitikus összefüggések is ismerek:

abban az esetben, ha $\sigma_c > 100$ MPa, úgy $E_m = 2 \text{ RMR} - 100$ [GPa], ha $\text{RMR} > 50$

abban az esetben, ha $\sigma_c < 100$ MPa, úgy $E_m = \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} 10^{(\text{RMR}-10)/40}$ [GPa]

Tagolt kőzetösszletben, ha $\text{RMR} < 50$, jó közelítéssel az $E_m = 10^{(\text{RMR}-10)/40}$ [GPa] összefüggés is alkalmazható.

Abból a feltételezésből kiindulva, hogy a kőzettest tönkremenetele a Coulomb törési feltétel szerint jön létre, a kőzettest állékonysága annak a súrlódási szögétől (ϕ) és kohéziójától (c) függ. Lineáris egyenletet használva a következő összefüggés adható meg az RMR érték és a nyírási paraméterek között:

a kőzettest kohéziója (c):

$$c = 3,625 \text{ RMR [kPa]}$$

a kőzettest belső súrlódási szöge (ϕ):

$$\phi = 25[1 + 0,01 \text{ RMR}] \quad \text{ha RMR} > 20 \text{ és}$$

$$\phi = 1,5 \text{ RMR} \quad \text{ha RMR} < 20$$

Példaként bemutatjuk a visegrádi, volt Löffler bánya bányaudvarához kapcsolódóan épülő többszintes szálloda épületegyüttesének tervezéséhez meghatározott szilárdsági paramétereinek felvételezési módját a helyszíni és laboratóriumi vizsgálatok alapján.

A RMR módszer alkalmazása során figyelembe vett tényezők:

A kőzet egyirányú nyomószilárdsága; (r_{σ})	„szilárd”	7
RQD tényező; (r_{RQD})	„megfelelő”	13
A tagoltságok távolsága („sűrűsége”); (r_x)	„közepesen távoli”	10
A tagoltságok állapota; (r_a)	„csúszós felület”	10
Réteg- és talajvizek; (r_G)	„nedves”	7
Jelzőszámok összege:		47
Irányítottság szempontjából „kedvezőtlen”	-	12

RMR érték: 35

Az RMR érték alapján a határfeszültség: 1350 kN/m^2

ÖSSZEFOGLALÁS

Összeálló kőzetkörnyezetben a kőzettestek teherviselő képessége azok tagoltsági tulajdonságaitól függ. A kőzettest tagoltsági tulajdonságai a gyakorlati életben szerzett tapasztalatok alapján kidolgozott RMR módszerrel vehetők figyelembe. A meghatározott RMR érték segítségével mind a kőzettest határfeszültsége, mind pedig az alakváltozás számbavételéhez szükséges rugalmassági modulus felvehető. A módszer alkalmas arra, hogy a nyírási paramétereket a tagolt kőzetösszletben, a gyakorlati tapasztalatok alapján meg tudjuk határozni.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bieniawski, Z.T. 1976: *Rock mass classification in rock engineering*. In: Bieniawski Z.T. (Ed), *Exploration for rock engineering*, 1: pp. 97-106.
- Gálos M., Vásárhelyi B. 2006: *Kőzettestek osztályozása az építőmérnöki gyakorlatban*. Műegyetemi Kiadó, Budapest. p. 144.
- Jáky J. 1944: *Talajmechanika*. Királyi Magyar Egyetemi Nyomda, Budapest. p. 143.
- Rózsa L. 1977: *Az alapozás kézikönyve*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest p. 1116.