

Skúška odolnosti hornín voči zvetrávaniu – SDT test

Anna Bodnárová¹

Slake durability test of the rock materials

This test is intended to assess the resistance of rock sample to weakening and disintegration when subjected to two standard cycles of drying and wetting. The test described in this article is recommended for classification and characterisation of rock materials based on Slake Durability Index (SDI). SDI value of the resistance of a rock to weakening was calculated by two different rock samples of Western Carpathians.

Key words: testing of rock materials, index of slake durability test, properties of the rocks

Úvod

Pri výstavbe tunelov ale aj banských diel je potrebné venovať veľkú pozornosť výberu vhodných technológií ich razenia a budovania. Na to, aby sme boli schopní vybrať vhodnú technológiu, potrebujeme poznať aj mechanické vlastnosti hornín a horninového masívu. Týmito otázkami sa zaoberá vedná disciplína: Mechanika hornín a masívu (Ďurove, 1999).

V predložennom článku je uvedená metodika a výsledky experimentov pre stanovenie parametra odolnosti hornín voči zvetrávaniu, ktorý patrí medzi dôležité technologické charakteristiky vyrúbanej horniny (Krempaský et al., 2000). Všeobecne, k technologickým vlastnostiam hornín (Hatala-Trančík, 1989) patria tie, ktoré sa prejavujú v technologickom procese rozpojovania, a taktiež aj tie ktoré takéto rozpojené horniny popisujú. Konkrétne vplyv zvetrávania na horninu môžeme posúdiť pomocou SDI (Slake Durability Index) – index odolnosti hornín. Tento index sa stanovuje pomocou laboratórneho postupu SDT (Slake Durability Test), popis ktorého je uvedený v teoretickej časti predloženého článku.

Teoretická časť

V zmysle postupu vykonávania SDT (Barták et al., 1972), jeho cieľom je zistiť odolnosť horninových vzoriek voči oslabeniu a porušeniu ich celistvosti, ak budú vystavené dvom štandardným cyklom vysušovania a zvlhčovania.

Pristrojové vybavenie

Aparatúra pozostáva z:

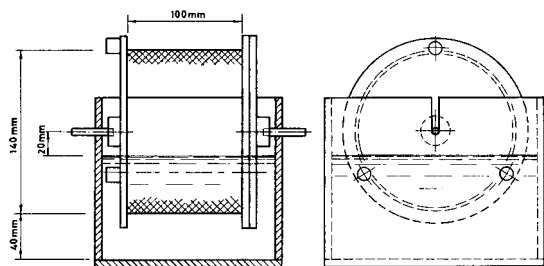
- testovacieho bubna tvoreného štandardnou 2 mm hrubou mrežovinou (perforovaný plech) valcovitého tvaru o výške 100 mm a priemere 140 mm, s pevnou a fixovanou základňou, ktorý musí byť odolný voči teplote 105°C, a musí byť aj dostatočne mechanicky tuhý, aby nedošlo počas používania k zmene jeho tvaru (obr. 1),
- nádoby, v ktorej je umiestnený testovací bubon, podporený na horizontálnej osi prechádzajúcej stredom bubna tak, aby sa mohol voľne otáčať a musí byť ponorený v kvapaline do výšky 20 mm pod os bubna (obr.1),
- motorového pohonu, otáčajúceho bubon rýchlosťou 20 ot.min⁻¹, ktorý treba udržiavať konštantnú v rozmedzí 5% počas 10 minút,
- sušičky, schopnej udržať teplotu 105°C s odchýlkou 3°C najmenej počas 12 hodín,
- váhy, schopnej odvážiť bubon aj vzorku s presnosťou 0,5 g.

Postup práce

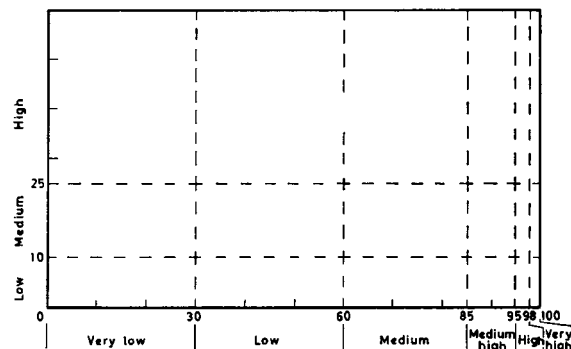
- Vybraná reprezentatívna vzorka pozostáva z 10 kusov horniny, vážiacich 40 – 60 g, aby dávali celkovú hmotnosť 450 – 550 g. Vzorky by mali byť sférického tvaru a hrany by mali byť počas prípravy zaoblené.
- Vzorka sa vloží do čistého bubna a vysušuje sa do ustálenej hmotnosti pri teplote 105°C v peci, obvykle po dobu 2 až 6 hodín. Zaznamená sa hmotnosť A (hmotnosť bubna + vzorka). Potom sa vzorka okamžite testuje.

¹ Ing. Anna Bodnárová, KDLaG, F BERG TU v Košiciach, externý doktorand
(Recenzované a revidovaná verzia dodaná 22.5.2001)

- c) Nasadí sa kryt na bubon a bubon sa pripojí k motoru.
- d) Nádoba sa naplní kvapalinou, obvykle mäkkou vodou o teplote 20°C do úrovne 20 mm pod os bubna a bubon otáčame rýchlosťou 20 ot.min⁻¹ po dobu 10 min.
- e) Bubon vyberieme z nádoby, dáme z neho dole kryt a potom bubon aj vzorku vysušime do ustálenej hmotnosti pri teplote 105°C. Zaznamená sa hmotnosť B (hmotnosť bubna + vzorka).
- f) Opakujú sa kroky c) až e) a zaznamená sa hmotnosť C (hmotnosť bubna + vzorka).
- g) Vyčistíme bubon a zaznamenáme jeho hmotnosť.



Obr.1. Schéma testovacieho bubna a nádoby.
Fig.1. Scheme of test drum and vessel.



Obr.2. Index odolnosti hornín.
Fig.2. Minerals' durability index.

Výpočet dvojcyklového SDI

SDI sa vypočíta ako percentuálny pomer konečnej a počiatočnej hmotnosti suchej vzorky nasledovne:

$$I_{d_2} = \frac{C - D}{A - D} \cdot 100 \quad [\%]$$

Spracovanie výsledkov

Správa o spracovaní výsledkov by mala obsahovať nasledujúce informácie, pre každú vzorku:

- a) SDI (druhocyklový) s presnosťou 0,1%,
- b) povahu (vlastnosti) a teplotu kvapaliny, obvykle mäkkej vody o teplote 20°C, ale môžu byť aj iné kvapaliny, napríklad destilovaná voda, prírodná voda, prírodná (podzemná) voda, zriedená kyselina alebo rozptyľovací činiteľ (prísada),
- c) tvar úlomkov v bubne,
- d) horninový materiál.

Experimentálna časť

Experimentálne práce boli realizované na Katedre dobývania ložísk a geotechniky fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach. Pre posúdenie odolnosti hornín bolo z roztriedenej horninovej vzorky vybratých 20 menších kusov sférického tvaru, ktoré boli rozdelené na dve skúšobné vzorky po 10 kusov. V tejto etape boli skúmané 2 horninové vzorky. Jedna vzorka (diabáz) patrila do skupiny vyvrelých hornín a jedna vzorka (pieskovec) patrila do skupiny usadených hornín.

Diabáz - lokalita Hnilec:

Diabáz patrí medzi vyvrelé horniny. U nás sa podľa Hejtmána (1981) vyskytuje v Spišskogemerskom-rudohorí z devónskeho obdobia.

Pieskovec - lokalita Horelica:

Pieskovec zaraďujeme medzi usadené horniny. Je to hornina zložená prevažne zo zrn kremeňa. Prítomné však bývajú aj živce, sľuda a ďalšie minerály. Je to stredozrnná hornina. Pieskovce Karpatského flyša sú najčastejšie svetlo šedé so žltým alebo zeleným odtieňom.

Plán priebehu experimentov

Po výbere vhodných vzoriek a ich príprave rozdelením na dve časti sa pristúpilo k samostatnému uskutočneniu experimentu v laboratóriu.

Pre posudzovanie odolnosti hornín bol vypracovaný nasledovný laboratórny postup:

1. Vybratá horninová vzorka pozostávajúca z 10 kusov bola odvážená a následne sa stanovila hmotnosť každého kusu horniny, čo bolo zaznamenané do tabuliek nameraných hodnôt. Neskôr sumárna hmotnosť vzorky bola označená ako počiatková hmotnosť pred skúškou A.
2. Po odvážení sa vzorka vložila do bubna, v ktorom sa otáčala 10 min. za pôsobenia kvapaliny,
3. Po ukončení cyklu sa vzorka z bubna vybrala a uložila do porcelánovej misky. Porcelánová miska s horninovou vzorkou bola uložená do sušiarne, kde sa sušila pri teplote 105°C po dobu 2 hodín.
4. Po vysušení sa vzorka opäť zväžila. Táto hodnota hmotnosti je zaznamenaná ako B, po 1. cykle točenia.
5. Ďalej nasledovali ešte dva podobné cykly a zaznamenané boli hodnoty hmotností C, D.

Tab.1. Diabáz – Hnilec.

Tab.1. Diabas – Hnilec.

	HMOTNOSŤ PRED SKÚŠKOU [g]		HMOTNOSŤ PO 1. CYKLE [g]		HMOTNOSŤ PO 2. CYKLE [g]		HMOTNOSŤ PO 3. CYKLE [g]	
	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka
1.	81,1	79,81	81,1	78,01	81,1	77,1	47,54	76,87
2.	80,8	65,1	79,9	64,99	79,2	64,59	79,173	64,25
3.	58,1	58,4	57,9	56,01	57,21	56,0	77,571	56,05
4.	54,9	56,2	54,5	56,0	54,3	55,9	41,531	55,64
5.	50,01	53,1	49,2	53,0	49,0	53,0	46,739	52,74
6.	47,99	53,0	47,5	52,5	47,3	51,99	49,04	51,64
7.	47,0	48,1	46,89	47,01	46,8	47,0	53,145	47,0
8.	44,6	40,89	44,3	40,01	44,1	40,0	54,346	39,93
9.	43,2	37,9	42,99	37,9	42,5	37,89	44,13	36,22
10	42,34	36,89	41,5	36,4	41,5	36,15	42,43	36,52
Σ	550,04	529,39	545,68	521,83	542,91	519,63	535,64	516,89

Tab.2. Pieskovec – Horelica.

Tab.2. Sandstone – Horelica.

	HMOTNOSŤ PRED SKÚŠKOU [g]		HMOTNOSŤ PO 1. CYKLE [g]		HMOTNOSŤ PO 2. CYKLE [g]		HMOTNOSŤ PO 3. CYKLE [g]	
	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka	1. vzorka	2. vzorka
1.	69,5	64,77	69,46	64,54	68,05	64,18	67,76	64,07
2.	65,0	62,11	64,81	61,99	63,45	61,83	63,45	61,80
3.	54,1	60,85	53,9	60,67	52,84	60,45	52,54	60,41
4.	44,6	58,62	44,5	58,24	42,73	57,68	42,13	57,66
5.	43,0	57,96	42,79	57,84	39,92	57,52	39,42	57,27
6.	39,8	53,96	39,65	53,84	37,52	53,75	36,51	53,75
7.	39,45	50,19	39,43	50,06	37,12	49,95	37,12	49,95
8.	37,5	49,96	37,45	49,83	34,82	49,71	34,12	49,71
9.	31,5	45,77	31,45	45,46	29,61	44,53	29,41	44,44
10	29,0	44,69	28,59	44,54	28,02	44,41	27,61	43,81
Σ	453,45	548,93	452,03	547,03	434,09	544,04	430,07	542,91

Vyhodnotenie výsledkov

Údaje získané z experimentov, ktoré sú zaznamenané v tabuľkách (1,2) som použila na výpočet SDI. Počítal sa SDI I_{d1} a SDI I_{d2} . Pre porovnanie vzoriek sú dôležitejšie SDI I_{d2} , ktoré znázorňujú SDI. Pre veľmi pevné horniny sa berie do úvahy trojcyklový index SDI I_{d3} .

Tab.3. Stupnica hodnotenia odolnosti hornín podľa výsledku SDT.

Tab.3. Scale of evaluation of durability of minerals by the SDT result.

Trieda odolnosti hornín	Hodnoty I_d	
	po jednom desaťminútovom cykle	Po dvoch desaťminútových cykloch
1. Extrémne vysoká	> 99	> 98
2. Vysoká	98 až 99	95 až 98
3. Pomerne vysoká	95 až 98	85 až 95
4. Stredná	85 až 95	60 až 85
5. Nízka	60 až 85	20 až 60
6. Veľmi nízka	< 60	< 20

I. VZORKA: 1. Diabáz - lokalita Hnilec:

A = 550,04 g; B = 545,68 g; C = 542,91 g,

$$I_{d_2} = \frac{C}{A} \cdot 100 = \frac{542,91}{550,04} \cdot 100 = 98,70\%.$$

Trieda odolnosti hornín - extrémne vysoká.

$$I_{d_1} = \frac{B}{A} \cdot 100 = \frac{545,68}{550,04} \cdot 100 = 99,21\%.$$

Trieda odolnosti hornín - extrémne vysoká.

Podľa horeuvedeného vzoru boli vypočítané aj ostatné hodnoty indexu odolnosti hornín.

2. Diabáz - lokalita Hnilec:

$$I_{d_2} = 98,16\%; I_{d_1} = 98,57\%,$$

Trieda odolnosti hornín - extrémne vysoká.

II. VZORKA: 1. Pieskovec - lokalita Horelica:

$$I_{d_2} = 95,73\%; I_{d_1} = 99,68\%,$$

Trieda odolnosti hornín - vysoká

2. Pieskovec - lokalita Horelica:

$$I_{d_2} = 99,11\%; I_{d_1} = 99,65\%,$$

Trieda odolnosti hornín - extrémne vysoká.

Vysvetlivky:

I_{d_1} - index odolnosti hornín jednocyklový [%],

I_{d_2} - index odolnosti hornín dvojcyklový [%],

A - hmotnosť suchej vzorky pred skúškou [g],

B - hmotnosť suchej vzorky po prvom cykle [g],

C - hmotnosť suchej vzorky po druhom cykle [g].

Diskusia a záver

Na záver možno poznamenať, že tieto výsledky experimentov boli v určitej miere ovplyvnené aj predrvením z veľkých horninových vzoriek, ktoré boli k dispozícii pred uskutočnením vlastných experimentov. Ďalej hodnota indexu odolnosti hornín závisí od lokality, z ktorej vzorka pochádza, hlavne od jej uloženia v horninovom masíve voči hladine podzemnej vody a voči zóne zvetrávania.

Literatúra

- BARTÁK, J., BUCEK, M., KAZDA, I., 1972 : Comittee on laboratory tests document No.2, Final draft.
 GOODMAN, R.,E., 1987: Mechanika skalných porod, *Mir*, Moskva.
 HATALA, J., TRANČÍK, P. , 1989: Mechanika hornín a masívu. Alfa, Bratislava.
 HEJTMAN, B. ,1981: Petrografia, *Alfa, SNTL*, Praha .
 BODNÁROVÁ, A .,2000: Slake durability test, Diplomová práca, F BERG TU v Košiciach.
 ĎUROVE, J., 1999: Teória podobnosti a modelovanie v mechanike hornín a masívu, *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 4 (1999), I, 1-5
 KREMPASKÝ, M., SEDLATÝ, V., ĎUROVE, J., 2000: Pôsobenie zmeny dosahu vplyvu vzorky na distribúciu chemizmu pri modelovaní ložísk nerastných surovín. Mezinárodní smiňář. Problematika českého a slovenského hornictví na přelomu 20. a 21. století. Ostrava.
 FRANKLIN, J. A., BROCH, E., WALTON, G., July 1970: Logging the mechanical karakter of rock, Imperial college rock mechanics research report number D 14.