

大谷石採石地下空間における健全性評価方法の検討

宇都宮大学 学生会員 ○樋口 大樹
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. はじめに

(1) 研究目的と背景

これまでに大谷町で起きた大規模な陥没事故により、大谷の採石地下空間の危険性が表面化し、採掘後の地下空間の埋め戻しが強く主張されてきた。しかし、事故後の調査の結果や既往の研究により、採石地下空間が陥没した主な原因は安全性を軽視した採掘方法にあるという事実が示され、全ての採石地下空間が危険なわけではなく、結果として陥没する可能性が高い空間が陥没したに過ぎないということがわかった。つまり、安全な採掘方法に従って採掘した採石地下空間は、その健全性が証明されれば、周辺住民の生活の保障、地下空間の有効利用をも検討できる。現在、大谷町では少ないながらも大谷石の採石を進めている箇所があり、その健全性を評価することが望まれている。わが国では、各種ライフラインや各種トンネル等の地下構造物に対する健全性評価の確立や維持管理の提案はなされつつあるが、地下構造物と深く関わりのある無支保の地下空間の健全性に関する研究は大きく進んでいない。そこで、本研究では、栃木県宇都宮市にある大谷石採石地下空間を対象に、定量的に健全性を評価する方法を検討することを目的とする。

2. 地盤工学会基準(JGS 3811-2004)岩盤の工学的分類方法

(1) 大谷石の分類手順について

評価を行ったのは、切り出して間もない新鮮な壁面と採石から約 10 年経過の壁面、採石から約 30 年経過したとされる壁面の 3 か所である。

始めに、新鮮な壁面の評価を行う。大分類は軟岩系岩盤[S]と区分する。岩体は一様ではなく、礫(外来岩片、軽石など)とマトリックス(基質部分)から構成されているため、礫質{R}と区分できる。

軟岩系礫質岩盤 SR では分類要素として礫やマトリックスに注目した評価を行う。「マトリックスの強さ」は、

針貫入試験結果により $5 \sim 1 \text{ MN/m}^2$ と判定し、区分は F である。また「礫の含有率」は、目視観察により、10% 以下と判定し、区分 IV とした。軟岩系礫質岩盤 SR における細分類の「風化度」については、目視観察で岩石には変色などの風化/変質の兆候は見られないため区分 w_1 と判定した。「マトリックスの卓越粒径」は目視観察により区分 $p_2(2 \sim 0.063 \text{ mm})$ と判定した。「巨礫の含有率」は、目視観察より、 $b_2(10\% \text{ 未満})$ と判定した。「卓越粒径」は、目視観察により $g_4(63 \text{ mm 以下})$ と判定した。「礫の強さ」については針貫入試験により一軸圧縮強さを求めることが難しいため記載しない。以上の結果を総合すると、分類記号¹⁾は SR-FIV/ $w_1p_2b_2g_4$ となる。

続いて、採石から約 10 年経過の壁面、採石から約 30 年経過したとされる壁面も同様に評価を行うと、それぞれ SR-FIV/ $w_3p_2b_2g_4$, SR-FIV/ $w_4p_2b_2g_4$ となる。

3. RMR 法を用いた評価

(1) RMR 法について

この方法は南アフリカ科学工業研究所のビーニアンスキ(Z.T.Bieniawski)が提案した。ビーニアンスキ(は、RMR(Rock Mass Rating)地盤分類をいくつかの事例に適用した経験をもとに、5 個の基本分類パラメータを提案した²⁾。

各パラメータのある範囲に対して多くの点数あるいは評点を割り当て、岩盤に対する全体としての評価は、各パラメータの評点を加算することによって求める。

(2) 評価

岩盤の工学的分類法と同様に、切り出して間もない新鮮な壁面と採石から約 10 年経過の壁面、採石から約 30 年経過の壁面の 3 か所で評価を行った。

切り出して間もない新鮮な壁面は、岩盤パラメータの評点が合計 84 点となり、非常に良好な岩と判断できた。採石から約 10 年経過の壁面は、合計 87 点で非常に良好な岩と判断でき、採石から約 30 年経過の壁面は、合計 69 点で良好な岩と判断された。

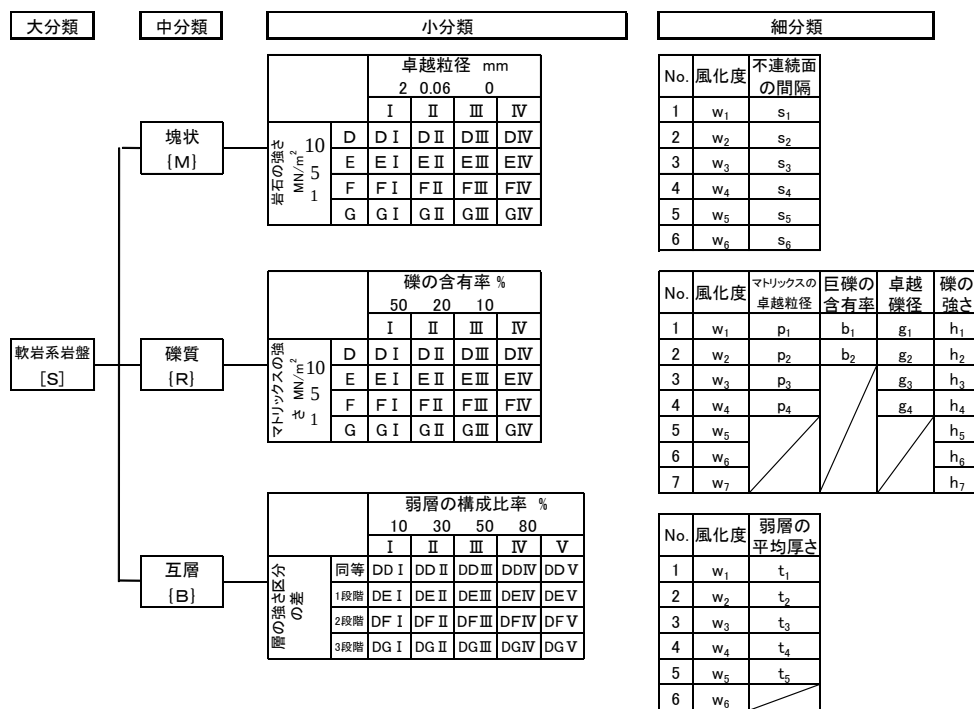


図-1 岩盤の工学的分類体系¹⁾

4. FLAC3D による 3 次元掘削解析

(1) 解析の流れ

始めに、解析モデル（大谷石採石地下空間）の構築を行う。1.原型を生成し、所要の形状に修正。2.材料構成則を選択し、物性値を入力。3.境界条件と初期条件を定義。次に、初期応力の推定。最後に、掘削解析（Mohr-Coulomb 弾塑性解析）を行う。

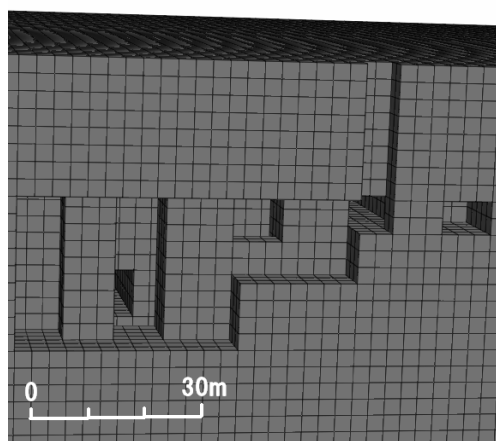


図-2 地下空間掘削モデル

(1) 解析結果

今回は1つの要素を一边3mの立方体として解析モデルを作成し、採石を再現する解析を行った。図-2は、掘削した解析モデルを立坑から垂直に切ったモデルである。空間の掘削を一度に行ったが、水平方向の変位は0.5mm程度で、ほとんど変位は生じていないと判断できる。

4. まとめと今後の課題

(1) まとめ

本研究では、地盤工学会基準(JGS 3811-2004)岩盤の工学的分類方法をもとにして、大谷石採石地下空間の壁面の評価を行った。その結果、採石年数の違いで違いが出たのは風化度だけであったことから、そのほかの項目は大きな差がでないことが分かる。そして、すべての壁面でスレーキングが起こりにくいと判断できた¹⁾。この岩盤の工学的分類方法によって、岩盤の基本的状態を把握すると共に、客観性の高い岩盤情報の伝達機能を提供できる。RMR法の結果も同様に、採石年数によって大きな差はできず、良好な岩と判定できた。

(2) 今後の課題

岩盤分類は地下空間の表面だけの評価となっているので、FLAC3Dの解析結果と比較し、良好な岩盤構造物と判断できるのか検討する。

参考文献

- 1) 地盤工学会編：新規定地盤工学会基準・同解説 岩盤の工学的分類方法，pp.4-11,45,46,53-60，2004.
- 2) E. フック・E.T. ブラウン：岩盤地下空間の設計と施工，pp.14-21，1985.