

簡易現場試験による採石地下空間の健全性に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○平澤 紘史
宇都宮大学 正会員 清木 隆文

1. はじめに

今現在、各種ライフライン、道路トンネル・鉄道トンネルをはじめとする各種トンネル、また地下発電所等の地下構造物に対する健全性評価の手法の確立や、それを踏まえた上での維持管理の提案がなされつつある¹⁾²⁾。しかし一方で、それら地下構造物と深く関わりのある地下空間そのものの健全性に関する研究は大きく進んでいないのが現状である。

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において、採石後の経過年数で残柱および壁面を分類し、含水比、高さ方向の弾性係数の変化、存在する節理の現場調査を実施し、この結果をもとに採石地下空間の局所健全性との関連を検証することを目的とする。

2. 試験現場および試験概要・結果の整理方法

2-1 試験現場

現場に関しては2箇所の大谷石の地下採石場に協力をお願いした。この採石場を以降より採石場A、採石場Bと表記する。前者の採石場Aで最も掘削年代の古い残柱は約29年前のもの、後者の採石場Bで最も古いものは約11年前のものである。

2-2 試験概要および結果の整理方法

(1) シュミット式ハンマー試験

地盤工学会基準(JGS3411-2004)「岩盤のシュミット式ハンマー試験方法」では測定に際しては15～50cm四方の測定面を選定、測定面内に最低9点の測定面を設け打撃を行い、全測定値の平均をその測定面における結果とするとしている³⁾。

シュミット式ハンマーにはプランジャーと呼ばれる先端部分の形状が棒状のものと、打撃面を大きくしたキノコ状のものとの2種類がある。特に軟岩に対してはプランジャーの先端がキノコ状のものを使用するこ

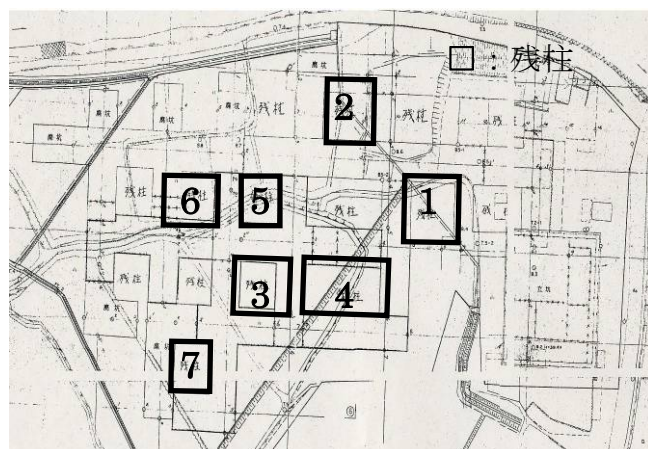


図-1 測定実施箇所および試料採取箇所

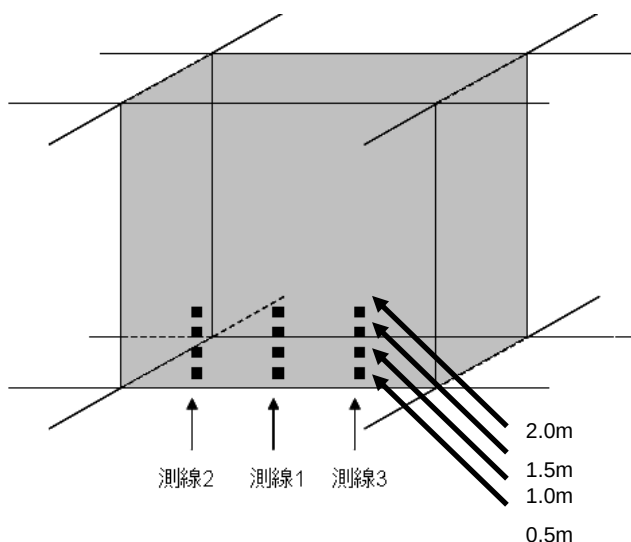


図-2 測線の設置例

とが望ましい³⁾とされており、今回の試験に際しては先端がキノコ状のロックシュミットハンマーを用いた。

測定の実施箇所および試料の採取箇所を採石場Aを例にして示すと図-1に示す通りである。採石年代の異なる残柱として1～4を、結果の確認のための残柱として5～7を測定した。

測定においては、健全と確認された残柱・壁面、健全でない残柱・壁面(節理が確認される)の下端から0.5m、1.0m、1.5m、2.0mの位置に任意の測定面(約20cm四方)を設け、測定面内を25回打撃した。これを1測線とし、残柱・壁面の中央、右端、左端にて測定、残

キーワード： 大谷石採石地下空間、節理、弾性係数分布、経過年数

連絡先： 栃木県宇都宮市陽東7丁目1-2 地域施設学研究室 tel 028-689-6218(fax 共通)

柱・壁面の1つの面につき3測線を設定し計測した。測線の設置例を図-2に示す。この際、測定値にばらつきが生じることを考慮し、各測定点で得られた反発度の大小3つを除いた19個の反発度の平均をその点の反発度とした⁴⁾。

結果の整理方法としては、測定面高さと弾性係数の関係で整理、その変化の傾向を比較するため近似曲線で表し、その関係をもとに健全である部分とそうでない部分とで傾向に違いがあるか、また実際に健全でない部分を探れるとした場合どの程度の深さまで測定可能であるのか比較・考察を行う。測定から結果の整理、考察、それら結果、考察の確認までの一連の調査の流れを図-3に示す。

(2) 針貫入試験および同一箇所への打撃試験

針貫入試験およびロックシュミットハンマーを用いた同一箇所への打撃試験は採石場A地下空間奥、入口付近の残柱を対象に行った。針貫入試験では25回測定を行い、大小3個のデータを除いた19個の値の平均値を採用した。また同一箇所への打撃⁵⁾に関しては、同一箇所を打撃し続け、反発度の値が収束するまで同じ操作を繰り返した。どちらの試験とも測定する箇所は対象の下端から1.0mの位置とした。

(3) X線粉体回折試験および含水比試験

X線粉体回折試験においては採取した採石年代の異なるサンプルの化学組成の変化を調べる作業を行った。また、含水比試験に関しては採石年代の異なるサンプルのみだけでなく掘削されたばかりの岩塊をいくつか地下空間内に放置し、それを作業の度に2つずつ持ち帰り含水比の変化を調べた。

3. 試験結果および考察

(1) シュミットハンマー試験

図-5に節理が目視で確認できた箇所でのシュミットハンマー試験の結果を示す。両採石場を通して節理が視認できた箇所では、高さが増大するにつれて弾性係数が減少する、つまり、定性的ではあるが負の相関が得られる傾向が数多く確認された。一方節理が確認でき

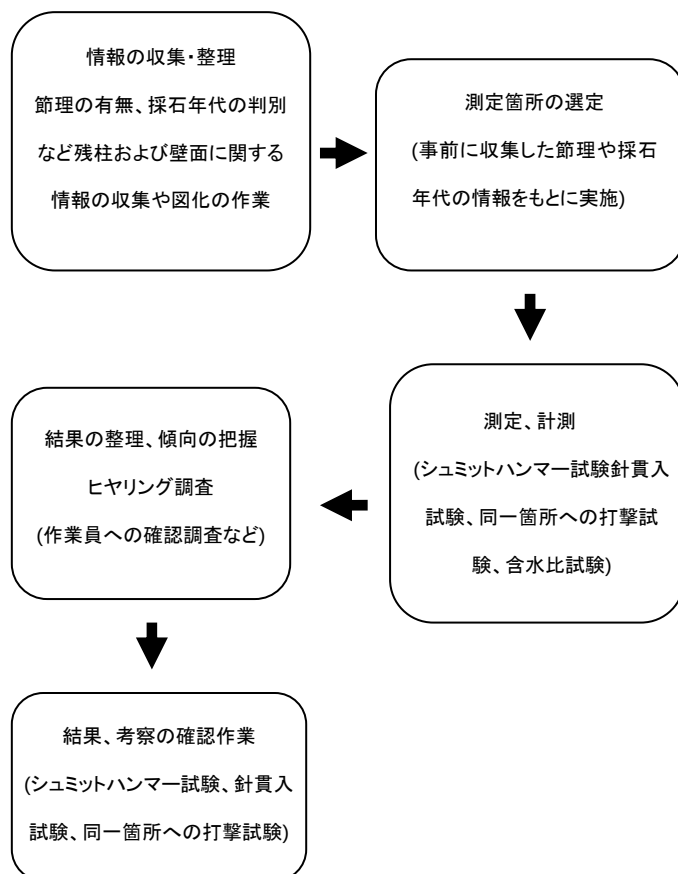


図-3 現場調査のフローチャート

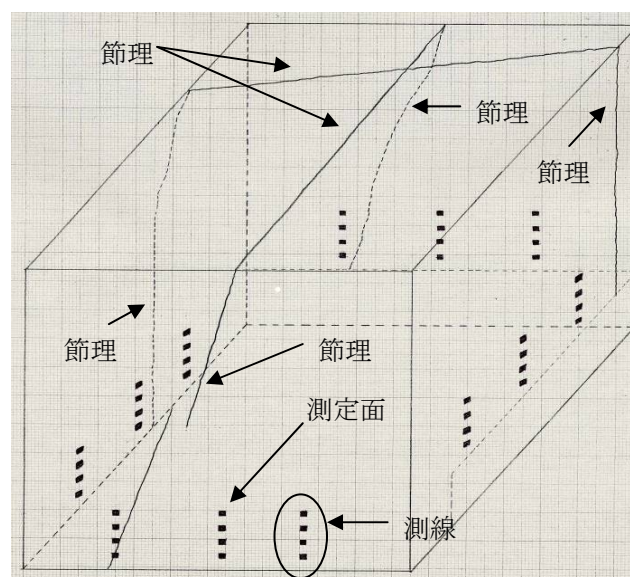


図-4 4方向からの測定の一例

ない、健全と確認された箇所での測定結果を図-6に示す。健全と思われる箇所では、節理が確認される箇所とは逆、つまり高さが増大するにつれて弾性係数が増加する正の相関が得られる傾向が多く見られた。

また、節理の存在する残柱を4方向から測定し、各面の近似曲線の傾向を見ることでどの程度の距離までに

存在する節理の影響を捉えているのか検討を行った。
 図-4のように対象残柱における節理と測線の位置関係を図化し、測線から節理までのおよその深さ方向の距離を算出した。各測線における近似曲線の傾向と節理までの距離を比較し検討したところ、3.5m 程度までの節理の影響を測定できているものと推定された。

この結果より、目視では確認できない残柱や壁面内部に存在する節理をシュミットハンマー試験により測定できる、つまり簡易な試験により局所健全性を確認できる可能性を示せた。ただし、測定可能領域に限られているため測定の際には、測定面を最低でも直交する2方向以上に設けるのが望ましい。

(2) 針貫入試験および同一箇所への打撃試験

針貫入試験に関しては、入口付近の残柱で換算一軸圧縮強度 1.66MPa、奥で 1.52MPa となった。また、同一箇所への打撃に関して見ると(図-7)、打撃回数を重ねるたび反発度が増加していく傾向が見られ、入口付近の方が反発度の上昇が早く反発度の収束点が高い。大谷石は多孔質の岩であるがこれらの結果から、残柱では表面から奥に向かって剛性の異なる層のようなものが形成されており、同一箇所への打撃で空隙を押しつぶしつつ、層を突き固め、収束部で残柱の表面を相対的に締め固めた深さ方向の反発度を測定しているものと考えられる。入口付近の残柱で収束が早いのは、形成されている層の剛性が他と比べて高く、壁面全体として反発度が高いことが理由として考えられる。

(3) X線粉体回折試験および含水比試験

反発度の測定を行う際、測定点付近の試料の採取も同時に行った。それによって得られた含水比の値と反発度より換算した⁶⁾弾性係数の値を関連づけたものが図-8、図-9である。両採石場とも弾性係数と含水比の間には良好な相関がある。また、採石年代の観点から見ると採石年代の古い残柱の弾性係数の方が高い傾向が見られた。作業の度に持ち帰った地下空間内に放置したサンプルについて見ると(図-10)、約1ヶ月半で最大で8%程度の含水比が減少した。

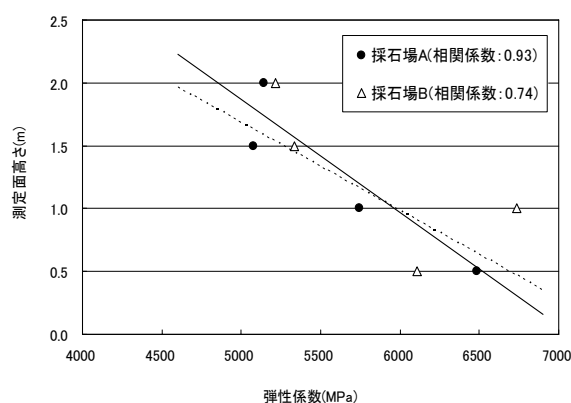


図-5 測定面高さ-弾性係数の関係(節理あり)

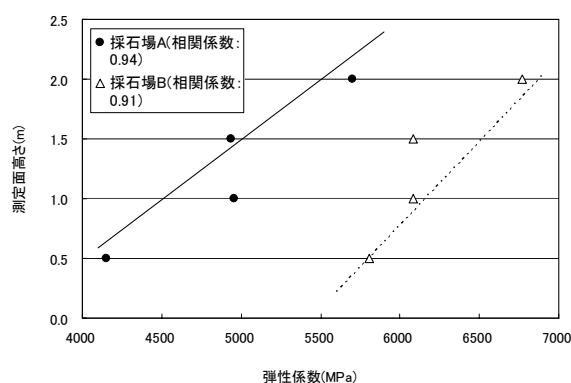


図-6 測定面高さ-弾性係数の関係(節理なし)

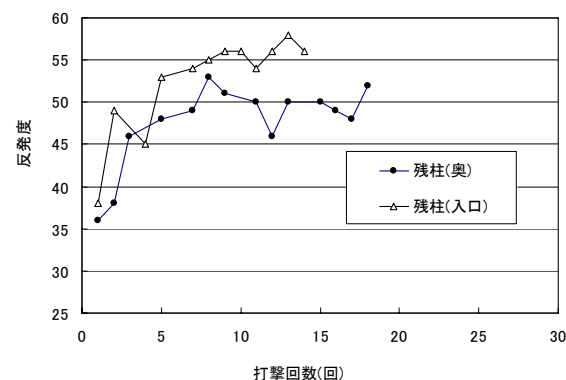


図-7 打撃回数-反発度の関係(採石場 A)

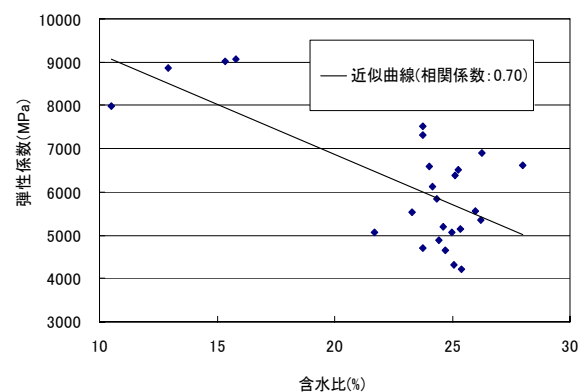


図-8 含水比-弾性係数の関係(採石場 A)

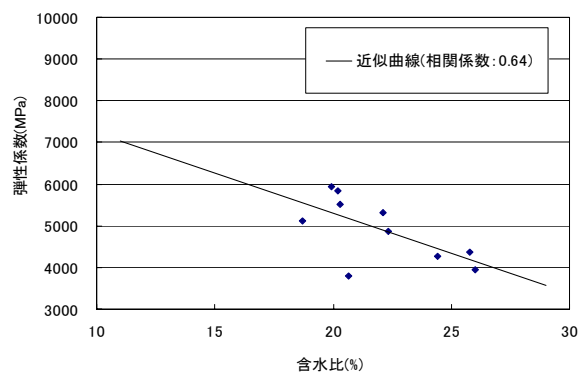


図-9 含水比-弾性係数の関係(採石場 B)

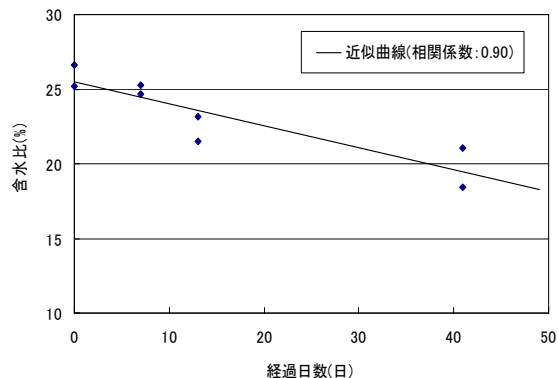


図-10 地下空間内放置サンプルの含水比変化

4. まとめ

シュミットハンマー試験という簡易な試験方法によって採石地下空間の局所健全性を確認できる可能性を示すことができた。今後の課題としては、作業効率の改善、定量的な視点から健全性を確認する手法の検討、局所的な健全性から地下空間全体の健全性の評価ができるようにすること等が必要である。

参考文献

- 1) 池尻 健, 笹尾春夫: 地下構造物の要求性能と健全度評価に関する一考察, 地下空間シンポジウム論文, 報告集(審査付論文), Vol.13, 2008.
- 2) 小林順二, 鶴田 滋, 江川頭一郎, 池尻 健: 地下発電所の維持管理におけるモニタリング手法の一提案, 地下空間シンポジウム論文, 報告集(審査付論文), Vol.9, 2004.
- 3) 社団法人地盤工学会: 岩の試験・調査方法の基準・解説書 2006.
- 4) 片寄友康, 清木隆文: 簡易現場試験による大谷採石地下空間の構造健全度調査の試み, 第 37 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 2008.
- 5) 真保 崇, 岡 信彦, 荘司泰敬: 打撃応答ハンマーを用いたコンクリート診断技術, No.322, 電力土木, 2006. 3.
- 6) 菊地宏吉, 斎藤和雄: 岩盤計測におけるロックハンマーの考察とその適用, 発電水力, No. 145, pp. 47-53, 1976.