

マルチスペクトルカメラによる岩石の風化度合いの定量的評価の試み

長崎大学工学部 学生会員 ○前田 悠杜 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学工学部 非会員 木村 晃彦 (株)熊谷組 正会員 手塚 仁 青木 宏一

1. はじめに

トンネル建設では、施工段階においてトンネル切羽の地質状況を直接詳細に観察することにより、事前に想定していた地質と実際との差異を評価し、その状況に応じて支保パターンの変更や追加対策工を検討する必要がある。現在目視で行われている切羽の評価は観測者の経験に大きく左右されるため、定量的な評価を自動で行う手法の確立が求められている。そこで本研究では切羽面における岩石の風化に着目して、マルチスペクトルカメラによる画像解析を行うことで、岩石の風化による特徴についての検討を行うことを目的とする。

2. 実験方法

2.1 マルチスペクトル画像を用いた評価手法

本研究で使用するマルチスペクトルカメラ (SPECIM IQ) で撮影されるスペクトル画像は、不可視光域を含む 408~991nm の波長中、204 バンドの電磁波を 512×512 ピクセルで記録される。使用する供試体は堆積岩である砂岩、石灰岩の二種類を用いる。撮影の際には既往の研究¹⁾より、光度を一定に保つため、室内を暗室として、光源を供試体から 45°の位置に設置し、カメラは供試体から 1m の位置で固定した (図-1)。光源は波長の欠けがないハロゲンライト (OSURAM HPL 575/120) を用い

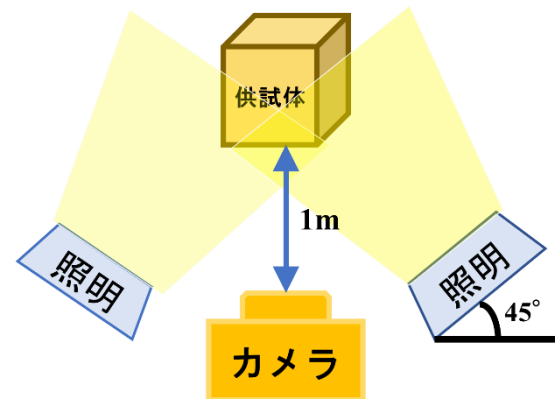


図-1 室内撮影の模式図

る。また、ホワイトリファレンスパネル (WR) を撮影対象内に入れて撮影を行い正規化することで、環境や光量の違いによって生じるデータのばらつきを抑えている。今回の実験では数回撮影される画像の同じ場所を解析するために、供試体の表面に格子メッシュをつけて (写真-1)、1メッシュに対して、石灰岩は 42 ピクセル、砂岩は 31 ピクセルに分割して解析を行った。

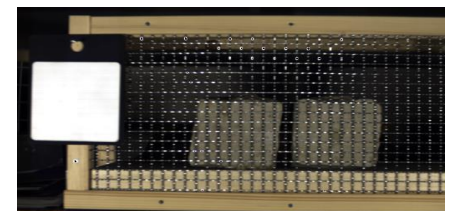


写真-1 砂岩とWRの設置

2.2 風化方法

短期間で供試体の風化を促進させるために、電気炉 (ヤマト化学株式会社 FO300) を用い、600°Cで1時間加熱後、水冷30分間を1セットとして、これを繰り返し行うことで供試体を強制的に風化させた。供試体の風化度合いの判定方法として、ショア硬度計 (写真-2) を用いた計測を行った。この計測では、ダイヤモンドハンマーの跳ね上がり高さ h を計測して式 (2.2.1) に代入することでショア硬さ (表示単位: Hs) と呼ばれる供試体表面の硬さを計測することができる。Hs の計算は次式によって行われる。

$$Hs = k \frac{h}{h_0} \quad (2.2.1)$$

ここで、 k : ショア硬さとするための係数、 h : 跳ね上がり高さ (mm)、 h_0 : 一定の高さ (mm)、である。なお、ショア硬度計は微小の打痕深さ (0.1~0.5mm) で表面の硬さを測定できるため、風化度合いの評価にあまり影響を与えないと考える。



写真-2 ショア硬度計

3. 実験結果と考察

供試体を風化させる前, 加熱急冷を2セット及び4セット繰り返した後の計3回解析を行った. 図-2 に石灰岩, 図-3 に砂岩のマルチスペクトル画像の解析結果を示す. 横軸は波長 (nm) を, 縦軸は反射強度 (i) を表す. ある波長において, 反射強度がプラスであるほど光の反射が大きくなり, マイナスの場合は光を吸収する. ショア硬度計による計測結果 (表-1, 表-2) では, どちらの供試体も風化前よりショア硬さが低下していたため, 風化は進んでいると考えられる. 図-2, 3 より, 波形の分散は, どちらの供試体においても風化前に対して風化後が小さくなっている. これは, 強制風化させたことで供試体の風化程度が均一に近くなったためだと考える. またどちらの供試体も, 500~780nm の波長では風化するにつれ反射強度が低下し, その他の範囲では風化後に反射強度が増加した. 風化の特徴として, 岩石が風化すると褐色を帯びる²⁾ことは, 解析結果で黄・橙・赤を示す波長の範囲 (565~780nm 程度) で明度が下がったことを裏付けている. 石灰岩は風化前の結果から順を追って変化していったが, 砂岩は2セット目と4セット目で結果にほとんど変化が見られなかった. ショア硬さもさほど変わらなかったため, 砂岩は加熱急冷を二度繰り返せばこれ以上風化が進行しないことが分かる.

4. おわりに

本研究では岩石の風化度合いをスペクトル画像解析により確認することができた. 今後は他の岩種でも同様の結果が得られるか確認する必要がある. また, 石灰岩において 610nm, 700nm 付近の波長では風化前と風化後にあまり変化が見られなかった. このことから, 石灰岩の特性値ではないかと推測される. 特性値は岩種の風化判定に使える可能性があると考え, 今後, 各種岩石の特性値の蓄積を進めていく予定である.

参考文献:

- 1) 志岐泰章ら: マルチスペクトル画像に基づく岩の風化程度の評価, 平成30年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.281-282, 2020.
- 2) Kagoshima U: 「岩石の風化」, かだいおうち, 2000年3月24日更新 (最終閲覧日: 2021年1月5日)
<https://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/oyo/weather.html>

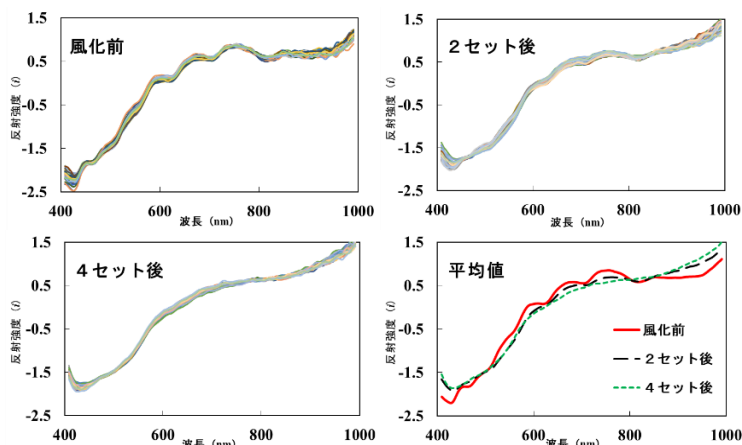


図-2 マルチスペクトル画像の解析結果 (石灰岩)

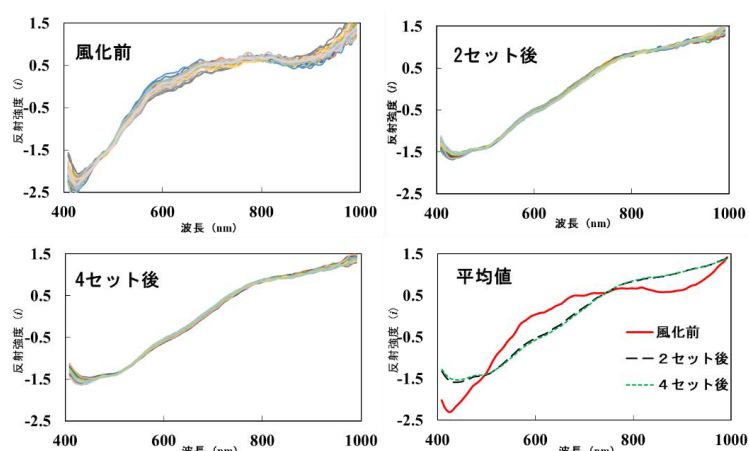


図-3 マルチスペクトル画像の解析結果 (砂岩)

表-1 石灰岩のショア硬さ (Hs)

試行数	風化前	2セット後	4セット後
1	36.8	29.1	32.2
2	33.2	33.0	33.1
3	35.0	30.8	29.6
4	34.9	32.6	31.8
5	35.2	31.1	29.4
平均	35.0	31.3(10.6)	31.2(10.9)

注: () 内は相対低下率 (%) を示す.

表-2 砂岩のショア硬さ (Hs)

試行数	風化前	2セット後	4セット後
1	39.9	34.4	31.4
2	42.5	37.6	36.1
3	46.4	32.8	34.3
4	45.4	32.7	34.8
5	40.0	36.1	32.7
平均	42.8	34.7(18.9)	33.9(20.8)

注: () 内は相対低下率 (%) を示す.