

大谷石の風化と強度劣化に関する研究

宇都宮大学 学生会員 ○坂野 修次

宇都宮大学 正会員 清木 隆文

1. 研究の目的と背景

国内各地で、岩石の凍結融解に起因する岩盤等の斜面崩壊、建造物基礎が膨れるなどの盤膨れ、堆積性軟岩の風化現象に伴う様々な問題が多数報告されている。宇都宮市は「大谷石」という代表的な堆積軟岩の産地であり、耐震性、耐火性に優れている点から様々な用途に利用されてきた。現在では、塀や蔵、建物などの建築材料によく利用され普及している。硬岩と比較しても加工しやすい一方で、風化の進行が早く、風化に伴う強度の低下や岩石表面の欠落がよくみられる。建築石材として使用されてから数年経過した大谷石は表面に凹凸やミソ部の欠落による穴ができ強度の低下につながっている。

こうした風化現象による問題の予測を可能にするためには、風化現象の起こる過程での成分変化を明確にするとともに、現場や実製品を定量的に劣化状態を判断できる指標を作成する必要がある。本研究では、風化現象での成分変化を把握する目的で、X線回折粉末回折試験、光源に高周波誘導結合プラズマを利用し溶液の成分を分析する ICP(Inductively Coupled Plasma) 発光分析を行い、成分の変化状態を検討した。また定量的な劣化状態の指標の作成のために、採石現場において、一軸圧縮強度と色調を測定し、それを過去の実験結果を基に採掘年数による風化状態の指標とすることを目的とした。

2. 試験概要

1) 針貫入試験

軟岩の針貫入勾配を測定し一軸圧縮強さをサンプリングなしで判定した。本研究では現場での採石年数の異なる壁面での一軸圧縮強度の測定に用いる。試験方法は、現場において、壁面に垂直に針をゆっくりと貫入させ、その貫入力量と貫入深さを測定し(1)式より針貫入勾配NP値を算出し、の相関図より一軸圧縮強度に換算する。

$$NP = \text{貫入力量} / \text{貫入量} \cdots (1)$$

2) 分光測定試験

この試験は、現場での採石年数での違いを画像解析によって区別するために、現場の壁面の色調を測定する。本研究ではミノルタ社の分光測色計CM-508iを用い、壁面の色調を測定する。分光測定器の色度表色系は $L^*a^*b^*$ であり、これを用いて岩石の色を表現する。試験方法は壁面ごとに分光測定器を用いて16回程度測定を行い、その平均値を求めた。

3) X線粉体回折試験

風化現象により何らかの岩石成分の変化が生じていると考えられる。そこで現場の採石年代の違う壁面や、様々な採石年代の違う大谷石について、その化学組成の変化をX線粉体回折試験により調べた。

4) ICP発光分析

風化現象の進行は水分に大きく影響する。そこで大谷石の粉末と5cm角の同質量の立方体試料を用い、三週間水に浸け、その浸潤水の成分を分析することにより、浸けた日数と水中に溶け出した物質の成分変化について調べる。

3. 試験結果と考察

1) 針貫入試験

図-1のように採石年数の経過で強度の低下が見られた。採石年数の長い壁面は風化が進行しているので強度が低下する傾向がみられた。

2) 分光測定試験

図-2、3、4のように採石年数の経過で、風化により壁面の L^* 値($0 \leq L^* \leq 100$)は黒色から白色、 a^* 値($- \leq a^* \leq +$)は緑色から赤色、 b^* 値($- \leq b^* \leq +$)は青色から黄色に変化する傾向がみられた。

3) X線粉体回折試験

図-5は風化前と風化後の大谷石を分析した結果である。ピーク位置はほぼ一致しているが強度に違いが生じた。特にSiの強度とピーク位置の一致本数が減少する傾向がみられた。

4) ICP発光分析

キーワード 大谷石 風化 強度劣化 粉末X線回折 ICP 発光分析 分光測色計

連絡先：〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 地域施設学研究室 TEL/FAX 028-689-6218

Na・Mn・Si・Feに着目すると成分結果は図-6のようになった。日数が経過するにつれ、大谷石から水に溶け込んだ各成分の検出量が増加する傾向がある。

4. 結論

永岡¹⁾や瀬川²⁾の、蒸散試験や乾湿繰り返し試験により風化を促進させ行った針貫入試験結果と、本研究の試験結果を比較すると、本研究の試験結果の方が強度の低下傾向が緩やかであることがわかった。風化は温度や湿度などの差が大きい、また永岡¹⁾や瀬川²⁾の研究より、繰り返し変化が起こることによって風化が進行することがわかっている。本研究は環境が一定な地下の採石場で計測を行ったため、風化の進行が地上の環境に比べ遅かったと考えられる。今後は地上の一般的な環境を踏まえた強度劣化に関する検討が必要である。

また、水を介して大谷石の構成成分であるNa・Mn・Si・Feなどの成分が減少している傾向がみられた。今後は、成分の定量的な分析と原因の探求のために、より綿密な分析が必要である。

参考文献

- 1) 永岡智子 「岩石の人為的風化とその力学特性に関する研究」平成13年宇都宮大学卒業論文
- 2) 瀬川隆大 「堆積軟岩の風化による表面色調および強度の変化」平成15年宇都宮大学卒業論文
- 3) 山中高光著 「粉末 X 線回折による材料分析」講談社 平成4年第1刷発行

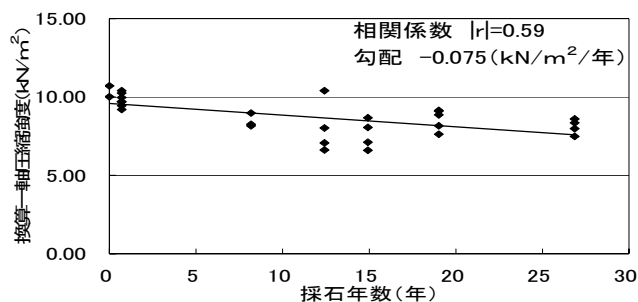


図-1 採石年数と換算一軸圧縮強度

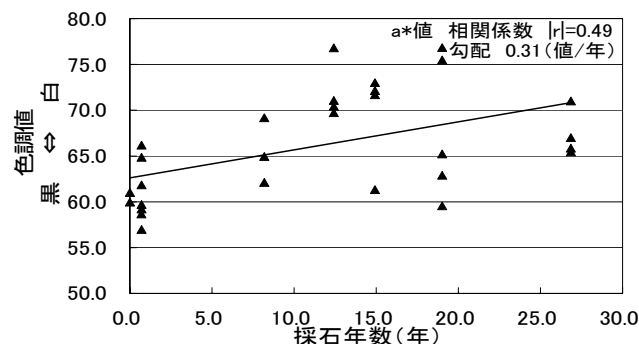


図-2 採石年数と色調L*値

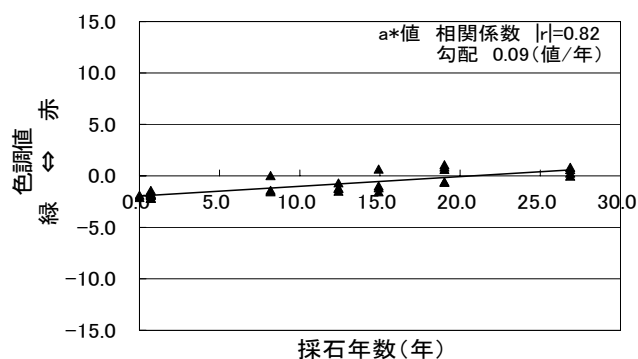


図-3 採石年数と色調a*値

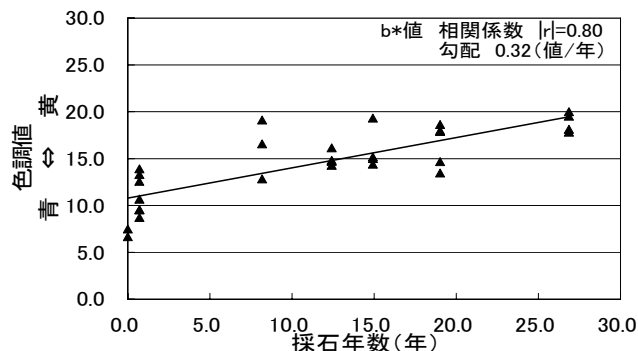


図-4 採石年数と色調b*値

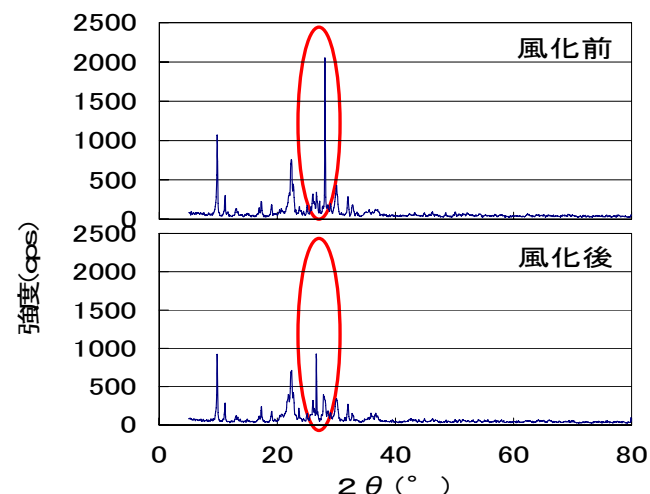


図-5 風化前・風化後の反射角度と強度

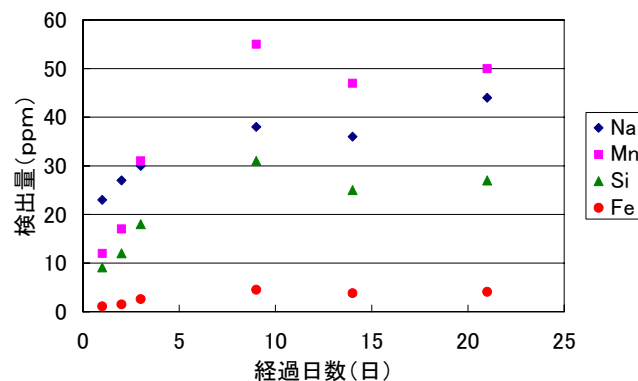


図-6 粉末の試料を浸けた経過日数と各成分の検出量