

風化による大谷石の構成成分、表面色調、強度の変化について

宇都宮大学大学院 学生員 ○佐藤 陽
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. 研究の目的と背景

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。宇都宮市は代表的な堆積性軟岩である大谷石（流紋岩質熔結凝灰岩）の産地であり、耐震性、耐火性に優れていることから様々な用途に利用されてきた。しかし、硬岩と比較しても軟らかく、加工しやすい一方で、風化の進行が早く、それに伴い強度低下や変色、岩石表面の欠落がよくみられる。建設石材として使用されてから、数年経過した大谷石の表面には、凹凸や穴ができ、強度の低下につながっている。

本研究では、風化の状態を視覚的に捉えるために、偏光顕微鏡で観察し、試料表面の微細構造観察を行った。また元素分析のために、走査型電子顕微鏡を利用し、試料の構成元素を特定した。風化に伴う成分変化を把握する目的で、X線粉体回折試験を行い、風化に伴う成分変化の状態を検討した。また、定量的な劣化状態の指標作成のために、大谷石の壁面と採石した大谷石において、換算一軸圧縮強さと一軸圧縮強さ、色調を測定し、風化における色調と成分、及び強度の変化を関係づけることで、風化状態の指標を作成することを目的とした。

ここで、風化とは、岩石が地表にさらされて軟らかな含水物質に変化する過程と定義する。

2. 大谷石の風化の種類について

大谷石の風化は、変色するものと、浮いていて、触ると簡単にはがれて粉状、あるいはかさぶた状に肌落ちするものと、ある一定の深さで板状に肌落ちする3種類に大別した。

今研究では、変色するものと、かさぶた状に肌落ちするものを対象とし、3つの現場A、B、Cにおいて試料を採取し、試験、観察を行った。以下に現場Bの変色する風化についての試験、観察結果を示す。また、変色による風化状態を検証するために、切り出してから間もない試料(以下、新鮮)と、切り出してから2年経過した、変色しない試料(以下、変色しない)と、変色した試料(以下、変色した)を用いた。

3. 観察、試験概要

(1) 走査型電子顕微鏡

走査型電子顕微鏡による観察分析と行い、観察領域に含まれている元素を定性的、および定量的に明らかにすることができる。

(2) ポイントロード試験

この試験は、供試体全体の一軸圧縮強さを求める、岩盤を対象とした簡易力学試験である。試験方法は地盤工学会基準 JGS 3421-2005 に準拠する。

(3) 針貫入試験

この試験は軟岩に針を貫入することで針貫入勾配を測定し、換算一軸圧縮強さを求める。

(4) 分光測定試験

この試験は、風化程度を画像解析によって区別するために、色調を測定するものである。分光測定器の色度表色系は $L^*a^*b^*$ である。ここで、 L^* 値は黒(0)白(100)に対応し、 a^* 値は赤(+)緑(-)に、 b^* 値は黄(+)青(-)に対応する。

(5) X線粉体回折試験

大谷石が風化することにより、成分が変化していると考え、X線粉体回折試験を行い、化学組成の変化を調べた。

4. 試験結果と考察

(1) 走査型電子顕微鏡

2年経過した試料に比べ、新鮮な試料の原子数濃度Siの割合は、30.00%以上高い結果となった。

(2) ポイントロード試験

大谷石の一軸圧縮強さは一般的に 6~10MPa であるが、今回新鮮な大谷石において、試験を行ったところ平均で 24.0MPa となり、従来の大谷石よりも高い値となった。この理由としては、強度インデックスから一軸圧縮強さを換算する際に、堆積岩の強度インデックスを用いたので、従来よりも高い値になったと考えられる(表-2)。

(3) 針貫入試験

新鮮な試料と、切り出してから2年経過した変色しない試料と変色した試料について試験を行ったところ、

キーワード 大谷石 風化 一軸圧縮強さ 色調 石膏 テナルダイト

連絡先 〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 学際先端システム学専攻
TEL 028-689-6218

変色することによって、強度が著しく低下する傾向がある(図-1)。

(4) 分光測定試験

色調値 a^* が (+) から (-) へと変化している。これは、採石年数が経つにつれて、色調値 a^* が緑色系から赤色系へと変化していることを表す(図-2)。

(5) X線粉体回折試験

変色した試料は MgO の含有率が 10.0% と他の 2 つの試料に比べて、高い値を示した。また、新鮮な試料と変化していない試料については、 Fe_2O_3 が検出されたが、変色している試料については結晶成分として検出されなかった(図-3)。

5. 結論と今後の課題

変色なしと変色ありの試料については、Na と Al と Si 成分に多少の違いはあるが、扱っている試料が自然物のため、試料の採取箇所の違いによるものとも考えられる(表-1)。大谷石が変色することによって、強度の著しい低下が確認された(図-1)。また、大谷石の壁面の色調値 a^* が緑色系から赤色系に変化する様子が見られ、風化によって、変色が起こっている(図-2)。X線粉体回折試験で、酸化によって赤褐色になると思われる Fe に着目すると、新鮮な試料は 5.0%、変色しない試料は、14.0% あるのに対し、変色した試料は 0.0% と検出できなかった。検出できなかった理由としては、Fe が酸化して化合物となったものが、非結晶質だったため、結晶物の定量分析を行う X線粉体回折試験に検出されなかったと考えられる。一方で、 Al_2O_3 、 MnO_2 、MgO、FeS の含有率を新鮮な試料、変色しない試料、変色した試料で比べると、変色した試料の含有率が最も高く、変色に影響を与えていると考えられる。

現場 C のかさぶた状に肌落ちする風化について、壁面が白色化している、地上から 1m 以上の白色部分と地上付近の白色の針状結晶物の発生箇所の一軸圧縮強さが、比較的高いことから、石膏が付着することによって、強度が高くなったと考えられる。走査型顕微鏡による観察及び、定量分析で、大谷石の壁面の試料から、Na が検出されたことから、thenardite(Na_2SO_4) の Na 成分が試料内に存在することが確認できたが、X線粉体回折試験の定量分析により試料内に Na を検出することができなかったことから、走査型顕微鏡のデータから得られた Na は試料内に含まれる非結晶質の物質と考えられる。

今後の研究としては、試験回数を増やし、データの精度を高めるとともに、大谷石の強度低下を起こす、成分の変化を特定する必要がある。

参考文献

1) 岩の試験・調査方法の基準・解説書 平成 18 年度版 社会法人 地盤工学会 pp.95

表-1 各試料の定量分析結果

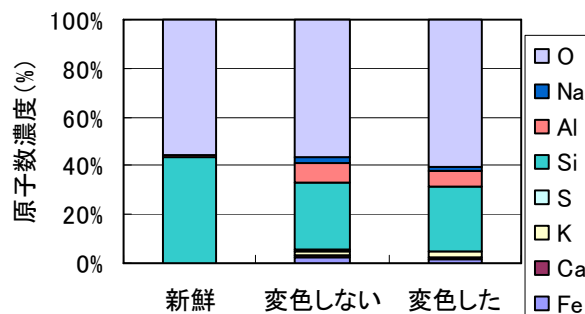


表-2 ポイントロード試験結果

破壊荷重 P(N)	修正点載荷強さ $I_{s(50)}$ (MN/m ²)	一軸圧縮強さ Co(MPa)
12067.3	1.7	25.4
9804.7	1.5	21.8
9804.7	1.5	22.4
9993.3	1.5	23.1
8956.2	1.3	20.2
13198.6	1.9	28.1
11124.6	1.7	25.6
11218.8	1.7	25.9

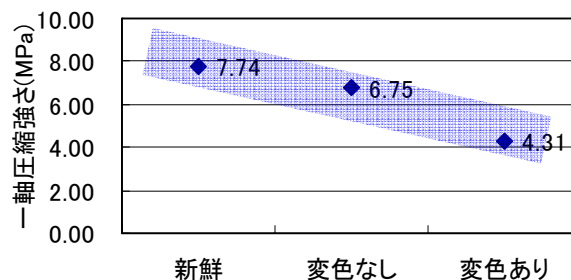


図-1 測定試料における一軸圧縮強さ(MPa)

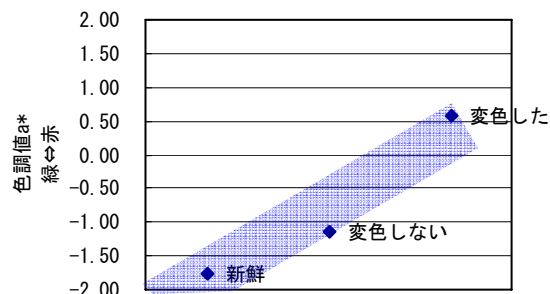


図-2 測定試料における色調値 a^*

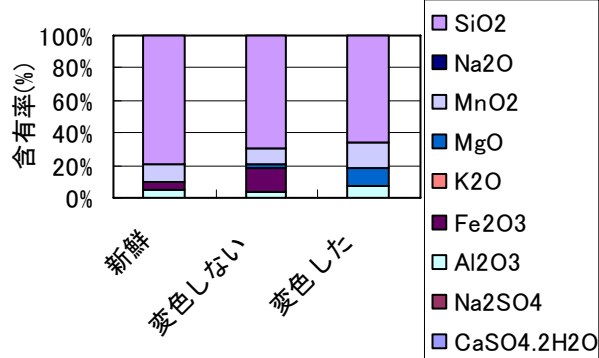


図-3 各試料の定量分析結果