

# 風化に伴う大谷石の構成成分と力学的性質の変化に関する研究

宇都宮大学 ○ 菊池 健太  
宇都宮大学大学院 佐藤 陽  
宇都宮大学大学院 清木 隆文

## 1. 研究の目的と背景

日本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、薄片を作成し、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、風化に伴う成分変化を把握する目的で、X線粉末回折試験を行い、風化に伴う成分変化の状態を分析した。さらに、新鮮な大谷石試料を対象に、異なる環境下での換算一軸圧縮強さ、色調及び成分の変化の違いを見るための屋外暴露試験を行った。本研究では、大谷石の風化による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試料を対象に、換算一軸圧縮強さ、色調を測定した。風化における色調と成分、及び強度の変化を関係づけ、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またはかさぶた状に肌落ちするもの、ある一定の深さで板状に肌落ちするものの3種類に大別した。本研究では、特に変色したものと板状に肌落ちしたものに注目し、大谷石地下採石場で試料を採取し、試験、観察を行った。また、風化による大谷石の変色と採石後の経過年数の関係について検証するため、切り出して間もない試料(以下、新鮮)と、切り出して10年経過した試料(以下、10年経過)、切り出して30年経過した試料(以下、30年経過)を用いた。

## 3. 観察及び試験について

### (1) 薄片観察

薄片試料を偏光顕微鏡にて観察し、オープンニコルで有色鉱物か無色鉱物かを判断し、クロスニコルによる干渉色や形状などから鉱物を特定する。本研究では鉱物だけでなく基質部分についても観察を試みた。

### (2) 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NPを測定し、換算一軸圧縮強さを求めるものである。25回測定を行い、大小3個の測定値は平均せず19個の測定値の平均値を一軸圧縮強さに換算する(以下、換算一軸圧縮強さ)。

### (3) 分光測定試験

この試験は、風化程度を色調で判別するために、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。ここに、 $L^*$ 値は黒(0)白(100)に対応し、 $a^*$ 値は赤(+)緑(-)に、 $b^*$ 値は黄(+)青(-)の色調値に対応する。

### (4) X線粉末回折試験

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線粉末回折試験を行い、鉱物組成を分析した。また、風化による変色がFeの酸化と関係があると考え、Feの化合物について注目した。

## 4. 屋外暴露試験について

### (1) 用いる試料と与える環境条件について

試験には、新鮮な大谷石試料を $5.5 \times 5.5 \times 7.5\text{cm}$ の直方体に成形したものをを用いた。試料に与える環境条件は、そのままの状態(以下、そのまま)(図-1)、ビニールカバーとサランラップで雨水を遮った状態(以下、カバー)(図-2)、日陰に置き日光を遮った状態(以下、日陰)(図-3)、蒸留水で過剰に水分を与えた状態(以下、過剰水分)(図-4)の4条件である。

### (2) 測定項目と測定方法について

測定項目は、換算一軸圧縮強さ、色調値、成分であり、それぞれ針貫入試験、分光測定試験、X線粉末回折試験によって測定及び分析した。

## 5. 試験結果と考察

### (1) 薄片観察

キーワード 大谷石、風化、薄片、色調、屋外暴露試験、石膏

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7丁目1番の2 宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース、岩盤工学研究室

新鮮な大谷石と切り出して 10 年経過した大谷石の両方の薄片において、石英、長石が特定された。また、新鮮なものに比べて 10 年経過しているものは鉱物のマイクロクラックが多い。

## (2) 針貫入試験

新鮮な試料と切り出してから 10 年経過した試料と切り出してから 30 年経過した試料では、10 年経過、新鮮、30 年経過の順に強度が高い(表-1)。よって、ある時期までは時間経過に伴う強度低下はみられるが、それ以降は大谷石の自硬性などにより、新鮮なものよりも強度が高くなると考えられる。

## (3) X 線粉末回折試験

新鮮な試料では、大谷石の主要鉱物といわれているクリノプチロライト、石英、斜長石が含まれていることが確認された。また、10 年経過した大谷石試料及び 30 年経過した大谷石試料では、上記の成分のほかに石膏のピークが確認された。さらに、酸化によって赤褐色になる Fe が風化による変色に影響していると考えていたが、変色している試料から Fe の化合物は検出されなかった。

## 6. 屋外暴露試験の結果と考察

針貫入試験の結果、初期状態からの換算一軸圧縮強さの低下が著しかったのは、そのままの状態の試料と過剰に水分を与えた試料であった(図-5)。また、分光測定試験の結果、緑色系から赤色系への変化が著しかったのはそのままの状態の試料であった。一方、最も変化が小さかったのはカバーをして雨水を遮った状態の試料であった(図-6)。カバーをして雨水を遮った試料は、換算一軸圧縮強さの変化も他の条件下の試料に比べて小さかったことから、換算一軸圧縮強さの低下や変色は水分の出入りが大きく影響しているものと思われる。さらに、X 線粉末回折試験の結果、日陰に置いた試料のみ石膏が検出された。そのままの状態に関して石膏が析出すると予想していたが、X 線粉末回折試験による分析では検出されなかった。これは、析出した石膏が降雨によって洗い流されてしまったためだと考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

薄片観察では、鉱物だけでなく基質部分についても観察を試みたが、新鮮な石と風化した石で大きな違いは見られなかった。暴露試験の結果から、風化による石膏の析出は大谷石に含まれている水分と Ca 成分が大きく関わってくると考えられる。今後の課題として、風化による変色や強度低下が成分変化とどのような関係にあるかを見出す必要がある。また、屋外暴露試験で石膏の析出を確認するためには、水分の出入りがありながらも降雨によって洗い流されない環境を設定する必要がある。特に、試験開始から 2 週目にかけて色

調及び強度の変化を追跡する。



図-1 そのままの状態



図-2 カバーをした状態



図-3 日陰に置いた状態



図-4 過剰に水分を与えた状態

表-1 採石後の経過年数と換算一軸圧縮強さの関係

| 経過年数   | 換算一軸圧縮強さ (MPa) |
|--------|----------------|
| 新鮮     | 1.23           |
| 10 年経過 | 0.92           |
| 30 年経過 | 1.43           |

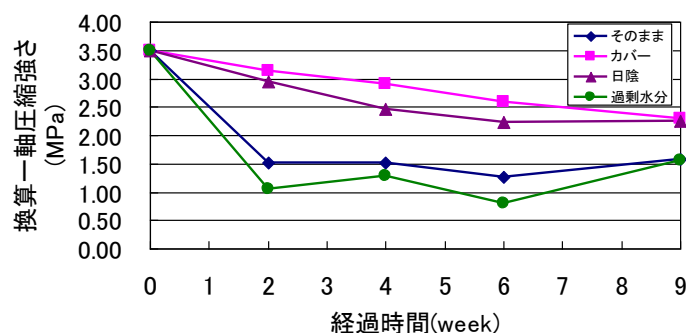


図-5 換算一軸圧縮強さと経過時間の関係

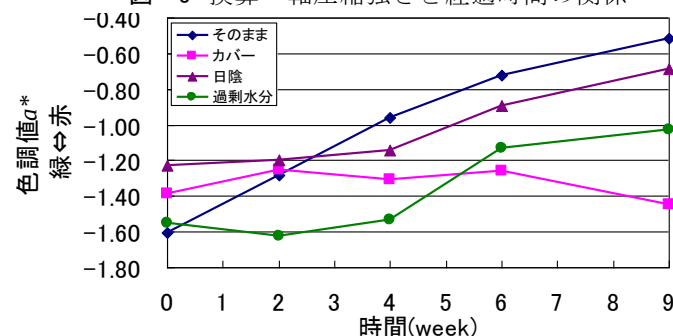


図-6 色調値 $a^*$ と経過時間の関係

## 参考文献

- 1) 佐藤陽, 清木隆文: 風化による大谷石の構成成分と表面色調への影響及び強度変化に関する検討, 第12回岩の力学国内シンポジウム, 6ps, CD-ROM, 岩の力学連合会, 2008.
- 2) 東京通商産業局: 大谷地域における大谷石採石技術指針, pp14-28 1982.