

異なる風化環境下における大谷石の色調及び強度の変化について

宇都宮大学大学院 学生会員 ○菊池健太
 宇都宮大学大学院 学生会員 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

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など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。本研究では、採石地下空間において風化に伴う大谷石表面の色調、換算一軸圧縮強さ、鉱物組成の変化を把握する目的で、分光測定試験、針貫入試験、X線粉末回折試験を行った。さらに、新鮮な大谷石試料を対象に、異なる環境下における換算一軸圧縮強さ、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、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最終目的とし、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。

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¹⁾。本研究では、特に変色したものに注目し、大谷石採石地下空間で試料を採取し、試験、観察を行った。

3. 本研究で実施した試験について

(1) 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)。

(2) 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。

(3) 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、試験機内のデータベースを元に、鉱物組成について分析した。

4. 採石地下空間の調査について

採石地下空間において、風化による壁面の変色や強度低下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新鮮な壁面(以下、新鮮)、切り出して10年経過した壁面(以下、10年経過)、切り出して30年経過した壁面(以下、30年経過)を対象とし、それぞれの壁面に対して針貫入試験、分光測定試験を行った。これらの試験の測定範囲は、25×25cmの四角形とした。また、それぞれの壁面において表面部分を削り取った試料に対してX線粉末回折試験を行った。

5. 屋外暴露試験について

(1) 試験に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5.5×5.5×7.5cmの直方体に成形したものを用いた。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、鉱物組成であり、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。

6. 採石地下空間における試験結果と考察

(1) 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。

(2) 分光測定試験

採石後の経過年数に伴って、色調値 a^* が緑色系から赤色系へ変化している。また、新鮮から10年経過までで変化が著しく、10年経過から30年経過までは比較

キーワード 風化、大谷石、採石地下空間、屋外暴露試験、色調、換算一軸圧縮強さ

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 地球環境デザイン学専攻

TEL 028-689-6218

的变化は小さい(表-1)。よって、経過年数に伴って、ある一定の色調までは変化するが、それ以上は変化しにくいと考えられる。

(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年経過及び30年経過した試料からは上記の主要鉱物の他に石膏が含まれていることが確認された。さらに、時間経過に伴うクリノプチロライト、石英の含有率の低下及び石膏の含有率の上昇が確認された。

7. 屋外暴露試験の結果と考察

針貫入試験の結果、初期状態からの大谷石表面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顕著であ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、そのままの状態の試料から、少量の石膏の析出が、日陰に置いた試料、過剰に水分を与えた試料から少量の石膏及びテナルダイトの析出がそれぞれ確認された。

8. まとめと今後の課題

採石地下空間における調査の結果から、新鮮から10年経過までは、表面の色調値及び換算一軸圧縮強さの変化から、変色する風化が起きていると考えられるが、それ以降は変色する風化の傾向は見られない。また、採石後の経過年数に伴い、鉱物組成が大きく変化していた。一方、暴露試験から、水分の出入りが多い試料は、換算一軸圧縮強さの低下や色調値 a^* の緑色系から赤色系への変化が著しく、採石地下空間の壁面よりも変化が大きい結果が得られた。また、暴露時間の経過に伴うクリノプチロライトの含有率の低下の傾向は見られたが、他の鉱物の含有率は採石地下空間の壁面ほど大きく変化していなかった。これらのことから、環境の異なる採石地下空間と地上では、風化に伴う大谷石の変化に違いがあるということが分かった。今後の課題としては、風化による変色や強度低下と鉱物組成の変化との関係や大谷石の自硬性について検証する必要がある。また、屋外暴露試験において、設定した条件の環境について分析し、風化しやすい環境要素を抽出する必要がある。さらに、試験開始から2週目にかけての大谷石試料の著しい換算一軸圧縮強さや色調値の変化の原因を究明する必要がある。

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.



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)	色調値 a^*
新鮮	1.23	-1.65
10年経過	0.92	-0.22
30年経過	1.43	-0.16

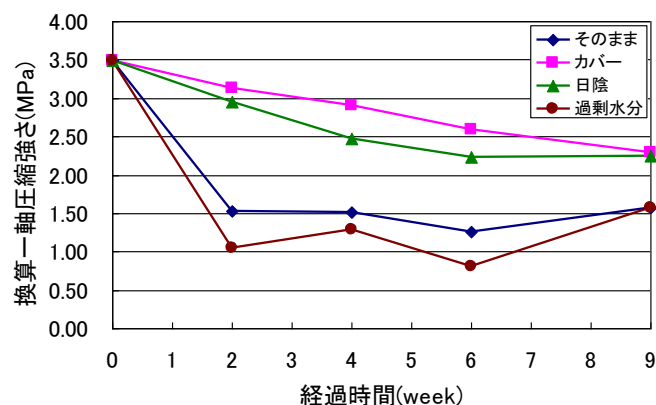


図-5 換算一軸圧縮強さと経過時間の関係

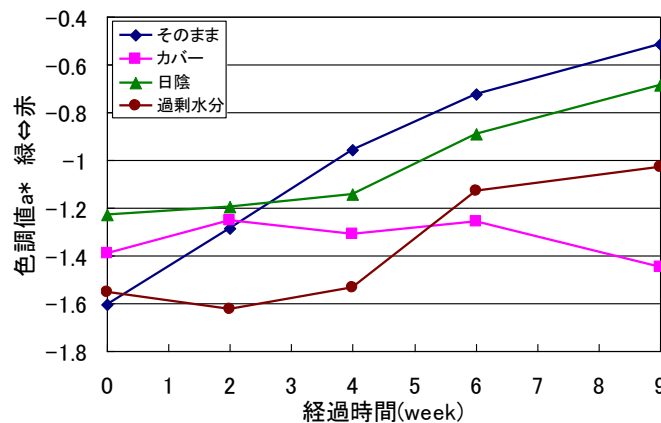


図-6 色調値 a^* と経過時間の関係