

大谷石の擁壁モデルの構造を利用した風化の再現と防止法の検討

宇都宮大学 学生会員 ○榎木 康佑
大谷石産業 飯村 淳
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. 研究背景

大谷石は、栃木県宇都宮市北西部に位置する大谷地区で産出される軽石火山礫凝灰岩である。大谷石は耐震、耐火性に優れ、加工しやすく、建築材料として広く使用されてきた。一方で風化の影響を受けやすく、それに伴い色調変化が発生する。実際に擁壁に使用されている大谷石の多くは赤褐色や黒色に変化している。

既往の研究¹⁾から大谷石の色調変化に影響を与える元素は Fe(鉄)の可能性が高く、大谷石には鉄化合物として存在する可能性が考えられ、水酸化鉄の可能性が高い。色調変化のメカニズムとして大谷石に含まれる白緑色の水酸化鉄(Ⅱ)が空気中の酸素や水分と反応し、褐色の水酸化鉄(Ⅲ)に変化することが考えられ、加えて蒸留水より雨水のほうが色調変化の速度が速いということがわかっている。また、大谷石に防錆剤を塗布することで水置換により色調変化を抑えられることが分かっている。本研究の目的は大谷石が風化するとき水がどのように作用しているのかと、それを防ぐ方法を検討することである。また、大谷石の風化の度合いを定量的に判断できる仕組みを検討することである。

2. 試験方法について

2.1 擁壁モデルの実験(試験 1)

擁壁のモデルを使用し、擁壁の水による風化現象の進行の再現を試みるため、50mm×100mm×30mm に形成した大谷石試料 a~c の 3 個と、潤滑剤を塗布した d~f の 3 個の試料を、表裏と上下で①, ②, ③, ④, の四つの面に分け、②の面だけ蒸留水を浸み込ませたスポンジが接するようにして擁壁裏側の水の供給源を再現し、変化を観察した。(図-1)水分の蒸散速度を加速させるために 50℃に設定したインキュベータに入れて観察する。この条件は、常温時より 1 サイクルが 3 倍ほど早く行える。また、17 時間水を供給し、7 時間は水を供給せず乾燥させる。

以上の流れを 1 サイクルとし、1 週間に 7 サイクル行い分光測定試験を行う。これを 4 週間継続して行った。

2.2 特殊カメラの画像処理による性質分析(試験 2)

使用したカメラは SPECIM 社の SPECIM IQ で、画像処理によって波形から定量的に材料の性質や風化の状態を区別できる。その指標を作るために、前節の試験で風化を進行させた試料(図-2)を撮影し解析した。

カメラが試料の真上に来るようにカメラと試料を設置し撮影した。撮影が終わるまで数分待ち、別のピントや露出のパターンでも数回撮影した。

3. 実験結果

3.1 擁壁モデルの実験について

図-2 と図-3 を比較するとどの面も茶色く変化していることが分かる。また、面④が最も茶色く色調変化していることも分かった。潤滑剤を塗布したものも全体的に色調変化したが、無加工のものほど大きく変化しなかった。1 ヶ月後の a, b, c, d は茶色い部分が減った。

3.2 特殊カメラの分析について

波長ごとの寄与率と、波長ごとの白色板の反射率を 1 とした時のそれぞれの反射率が得られた(表-1)。寄与率の高い波長 700~830nm の全ての反射率において、潤滑剤を塗布したものの方が無加工のものより高い値を示している。これは無加工のものよりも潤滑剤を塗布した試料表面の赤みが強いことを示している。



図-1 大谷石の擁壁モデル

キーワード 大谷石, 建築材料, 風化, 色調変化, 剥離

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 TEL : 028-689-8172

4. 考察

4.1 擁壁モデルの実験について

(図-6)より、分光測定からも④が最も色調変化が進んでいることがわかる。それは面②から浸み込んだ水が大谷石の内部で色調変化の原因となる物質を溶かし込み、④の表面で蒸発することでその原因となる物質を析出した結果だと考える。

また、1ヵ月後の無加工の大谷石が二週間後より色調変化が小さくなっていたのは、表面の色が変化した部分が剥がれ落ちたことが原因と考える。

潤滑剤を使用した大谷石も④が最も色調変化していたが無加工の④より色調変化の程度が小さかった。これは潤滑剤の水置換作用の効果によるものである。さらに表面から剥落した小片の総質量も潤滑剤を塗布した大谷石のほうが小さかった(表-2)。

4.2 特殊カメラの分析について

主に二つ石の間で差が出た波長 700~830nm の光は赤色であり、大谷石の風化による色調変化は赤色の波長に大きく影響を与えていることを改めて確認することができた。

5. まとめ及び今後の課題

試験 1 から、大谷石の擁壁に片面から水を供給させると反対側へ浸透し、その間に水に溶けた物質を析出させていることと、それが色調変化の原因となっていることが分かった。つまり、既存の研究では単純に大谷石が雨水で濡れることが色調変化の原因になっていると考えられてきた。今回の実験で大谷石の内部に浸透した水が表面に出て乾燥することが最も色調変化を進行させている事が確認できた。また、他の実験で色調変化した後表面が落ちて、色調変化が元に戻る傾向があることも分かっている。今後はその明確なメカニズムの確認と落ちた物質を分析する必要がある。

また、潤滑剤を塗布すると一連の変化を遅らせることも確認できた。さらにどの大谷石もほぼ同じように質量が変化していたので、潤滑剤は表面で水を弾くことで色調変化を防いでいるのではなく、大谷石内部に水を浸透させ、表面で蒸散しても大きな色調変化を起こさないように作用していると考ええる。

また試験 2 からは、これまで大谷石の風化が進行すると、赤や茶色に色調変化すると言われていた。試験 2 からは主に 700nm~800nm の赤色や近赤外線の波長をもつ光の反射率に変化を与えることが定量的に確認で

きた。今後は反射率の変化をさらに細かく確認することが課題である。

6. 参考文献

1) 清木 隆文, 中島 徹, 金井 圭汰, 大谷石風化現象の誘因と防止に関する検討, 第 46 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, 講演番号 45, 土木学会, pp.254~ 259, 2019.1.



図-2 初期の無加工の大谷石 c (面③④)



図-3 二週間後の無加工の大谷石 c (面③④)

表-1 大谷石の波長ごとの反射率



図-4 特殊カメラによる撮影の様子

波長(nm)	無加工	潤滑剤
705.570	0.705	0.730
711.560	0.710	0.740
720.540	0.750	0.775
768.600	0.880	0.895
777.640	0.860	0.875
819.950	0.935	0.940
826.010	0.945	0.953
829.040	0.955	0.960

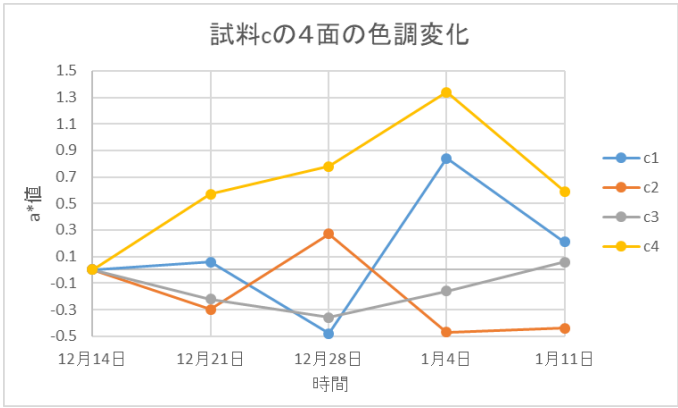


図-6 分光測定器測定

表-2 1 試験開始 1 ヶ月後の大谷石表面の剥落片の質量

	無加工	潤滑剤
破片(g)	2.033	0.738