

大谷石の剥離と表面温度に関する検討と解析

宇都宮大学

学生会員 ○中島 徹

宇都宮大学大学院

学生会員 T.K.M. Dintwe

宇都宮大学大学院

正会員 清木 隆文

1. はじめに

1.1 研究背景

大谷石は、耐火性、耐震性に優れ軟らかく加工しやすいという点から、様々な用途に利用されてきた。しかし、地上環境では風化の進行が早く、それに伴う変色や強度低下、岩石表面の欠落がよく見られる。土木・建築用石材として使用され数年経過した大谷石の表面には凹凸やミソ部分の欠落による窪み(図-1)ができ、強度低下に繋がっている。

1.2 研究目的

本研究では風化現象の剥離に着目し、大谷石の剥離と表面温度の変化の関係について検討する。既存の研究から、剥離が生じている箇所の表面温度は周囲の大谷石の表面温度と異なると報告されている。そこで、実際に外壁や擁壁など(以下、外壁)に利用されている大谷石の表面温度を計測し、剥離状況と表面温度の変化について確認を行う。また、熱応力解析によって測定結果の確認と剥離への影響を考察する。

2. 研究方法

サーモグラフィカメラを用い、実際に家屋の外壁として用いられている大谷石表面の温度を計測する。まず、既に剥離が生じている大谷石表面の温度を測定し、実際に温度低下しているかの確認を行う。次に、表面温



図-1 ミソ部分の剥離の様子

度が比較的一様な箇所と周りより温度が異なっている箇所に注目する。これは、ひび割れや欠陥・空洞を有する構造物に対しこれらのひび割れや欠陥部分の表面から放出される赤外線エネルギーと健全部と比べて差があり、温度差として現れる¹⁾。そして、岩検ハンマーで叩き響く音の違いを聞き、構成物質が異なることや空洞が存在することなどが推定できることを確認する。また、針貫入試験を行い、一軸圧縮強さに換算し、測定箇所の強度の概略値を測定する。

3. 研究結果

まず、サーモグラフィカメラを用いて大谷石の表面温度を測定した。既存の研究で報告されているものと同様に、剥離が生じている大谷石表面では、周りより表面温度が低い結果が得られた(図-2)(左の図(a)は外壁に用いられている大谷石表面の様子、右の図(b)はサーモグラフィカメラで測定した(a)の表面温度とする。図-3、図-4も同様とする。)

次に、日中の日当たりの良い西向きの外壁として用いられている大谷石の表面温度を測定し、周りよりも表面温度が高い箇所を対象に用いるよりも、曇りや夕暮れ時の、周りより表面温度が下がっている箇所のほ

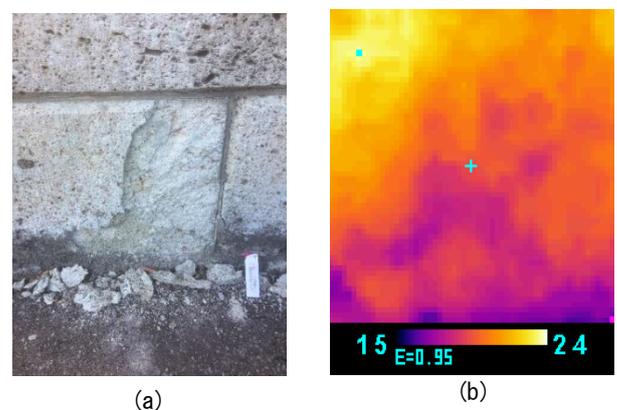


図-2 剥離が生じている大谷石表面の温度低下

キーワード 剥離, 表面温度, 空洞と弱面

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部 TEL:028-689-7044 E-mail:t142827@cc.utsunomiya-u.ac.jp

うが比較的分かりやすい¹⁾ので、表面温度が高くなりすぎないように時間として 2017 年 11 月 7 日午後 3 時を選び 2 地点を対象に測定を行った。

大谷石表面の状態からでは剥離が生じようとしているかどうか判断できない箇所の表面温度を測定した。表面温度が比較的一様な箇所と周りより温度が下がっている箇所を選び、岩検ハンマーで表面を叩き発する音の確認を行うとともに、針貫入試験を実施した。

はじめに表面温度が一様である箇所を測定した。これを測定点 1 とする (図-3)。岩検ハンマーで叩いたときに発された音は、鈍くこもった音であった。NP 値から換算した平均換算一軸圧縮強さは 2.33 kN/m² となった。

次に表面温度が一部分だけ下がっている箇所を測定した。これを測定点 2 とする (図-4)。この箇所を岩検ハンマーで叩いた際に発された音は、よく響き乾いた音であった。NP 値から換算した平均換算一軸圧縮強さは 0.88 kN/m² となった。針貫入試験の結果から、急激に貫入量が大きくなることがあることや、測定点 1 と比べても約 2 倍程度貫入量が大きくなり、平均換算一軸圧縮強さは約 3 分の 1 程度に小さくなることから、この部分では細かな空洞があることや細かな空隙が多く、疎な状態で弱くなっていると推測される。

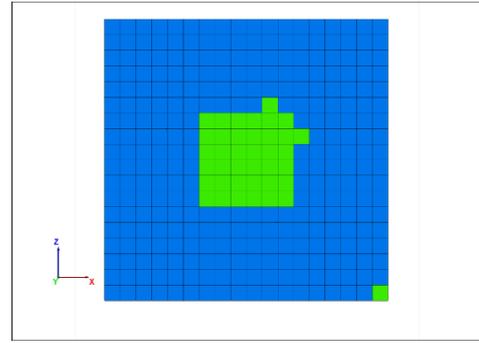


図-5 大谷石ブロック表面の熱応力解析結果

4. FLAC3D による熱応力解析

既存の研究より細かいサイズで解析を行った。9×3.15×9 m の大谷石の岩塊を基本モデルとし、60℃の熱源をモデル表面より 0.1m 離れたところとした。大谷石内部に空洞のみ、塩類を想定した弱面のみ存在すると想定し、解析を行ったところ剥離を生じさせる応力の発生はみられなかった。そこで空洞、弱面の両方が存在しているモデルを作成し解析を行った結果、表面に引張応力が降伏した。空洞、弱面の大きさは 3×3 m、厚さは 1 cm とし、存在する深さは表面より y 軸方向に 1cm としたときの解析結果を図-5 に示す。

5. まとめ

外壁として使用され数年経過した大谷石の表面温度を測定し、温度変化が生じている箇所では強度低下が確認できた。大谷石に風化現象が起きているか否か判断する初期段階として表面温度測定の応用可能性を確認した。

熱応力解析により大谷石の剥離には空洞と弱面の両方が存在することが素因で温度上昇による誘因の影響が大きいと推定される。

参考文献

- 1) 神保 南：環境的要因に基づいた大谷石表面の剥離に関する研究，平成 28 年度宇都宮大学建設学科建設工学コース卒業論，2016

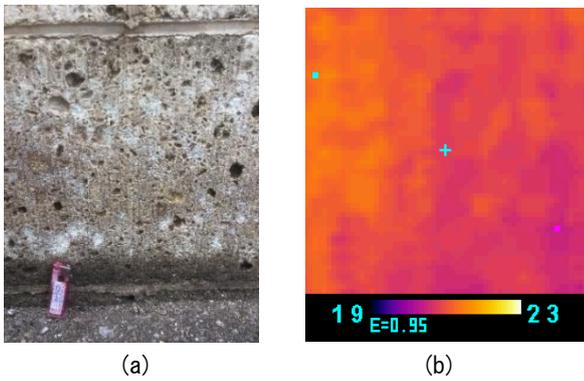


図-3 測定点 1

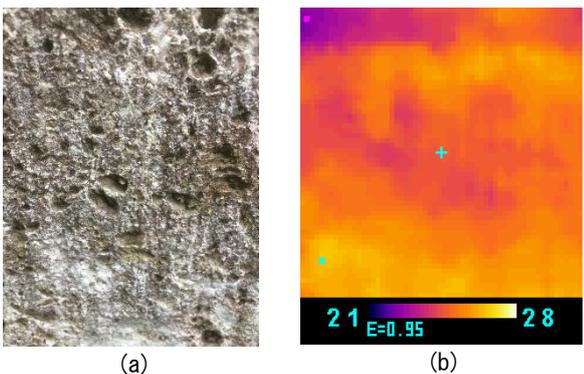


図-4 測定点 2