

AI 画像粒度モニタリングの現場適用事例

鹿島建設(株) 正会員 ○合田泰三 岡本道孝 坂本 諭 椿 治彦
丸亀市 東 信男 松江康司 阪本晃弘 高島雄基

1. はじめに

画像粒度モニタリングによる地盤材料の粒度分布の変動監視は、主にダム現場を対象として既に8現場での実績がある^{1),2),3)}。これまでは対象とする材料を暗室に搬入し、材料に対してフラッシュを照射して土粒子の輪郭が鮮明になるように画像を撮影し、この画像をデジタル処理することで、土粒子の形状を認識していた。これは当時の解析技術・撮影解像度等から考案された手段だが、今回、新たにAI技術で土粒子の形状を認識する「AI画像粒度モニタリング」を開発した。この新技術の最大の特長は、材料を暗室に搬入することなく、自然光下で撮影した画像でも解析できる点にある。当技術を丸亀城石垣崩落復旧整備事業において石垣背面の栗石の粒度分布評価に適用したので、その概要について報告する。

2. 現場概要

丸亀城は安山岩と花崗岩を基礎岩盤とした亀山に築かれた平山城である。石垣の名城として著名な城郭であり、石垣を含む内堀内が国の史跡に指定されている。平成30年7月の西日本豪雨および10月の台風24号等の影響によって、丸亀城南西部の石垣が大規模に崩落した(写真-1)。三の丸石垣、帯曲輪石垣を合わせた崩落高さは約30mに及び、現在復旧に向けて調査・設計および石垣解体工事を施工中である。



写真-1 丸亀城石垣崩落状況

3. AI 画像粒度モニタリングについて

画像粒度モニタリングでは、解析対象範囲の画像の粒子を識別し、所定の粒径範囲の粒子の投影面積の和が、解析対象範囲に占める割合を求めている(図-1)。この割合を粒度インデックス I_i と呼び、次式で定義している¹⁾。

$$I_i = \frac{\sum S_d}{A}$$

ここに、 S_d : ある粒径以上の粒子投影面積、 A : 解析対象の全体面積($W \times L$)であり、 I_i は無次元量である。これと石分を含む地盤材料の粒度試験方法(JGS 0132)から得られる通過質量百分率の相関関係を予め関数化しておくことで、粒度インデックスから粒度分布を評価することが可能である。

今回新たに開発したAI画像粒度モニタリングでは、既存のシステムに代わり、機械学習を行ったAIに土粒子形状を認識させることを特長としている。本事例では、機械学習用の教師データとして、50枚の栗石画像を使用した。また粒度インデックスと通過質量百分率の相関関係は、6地点の粒度試験結果(図-2)と画像データを照らし合わせて設定した。通過質

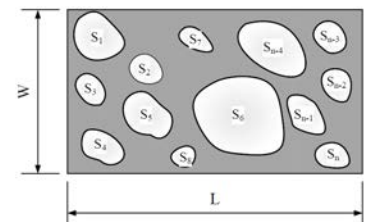


図-1 粒度インデックス概念図



写真-2 石垣背面撮影状況

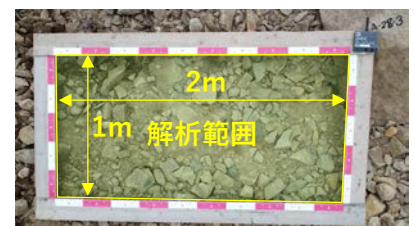


写真-3 解析対象(拡大画像)

キーワード 粒度分布 変動傾向 AI技術 原位置粒度 石垣

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL042-485-1111

量百分率は 150, 75, 37.5, 19.5, 9.5mm の 5 粒径で算出している。すべての解析画像は、石垣背面上空を飛行させた UAV から撮影した画像であり(写真-2), 同写真内の縦 1m×横 2m の枠内を解析対象とした(写真-3)。解像度は UAV と解析対象の比高によるが、今回使用した画像ではおおよそ 0.5mm/pixel であった。

4. 解析結果

図-2 に、機械学習に使用した栗石 6 地点での粒度分布を示す。特に粒径 75mm 以下の含有率に違いがあることがわかる。表-1 は三の丸西の撮影画像の解析結果例である。画像解析結果によると、AI が各評価粒径に応じた土粒子を認識できていることがわかる。図-3、図-4 は三の丸西の解析結果を標高ごとに整理した結果である。高さ方向で石分の通過質量百分率は変化があるが、土分の粒度に大きな変化は認められない。今回の石垣崩落において、透水層とされる栗石の目詰まりが原因の一つと考えられていたが、得られた結果をもとに Creager の方法で評価した栗石の透水係数 k は $1.0E-03 \sim 1.0E-02m/s$ であり、場所に拘わらず透水性は高いと評価される。

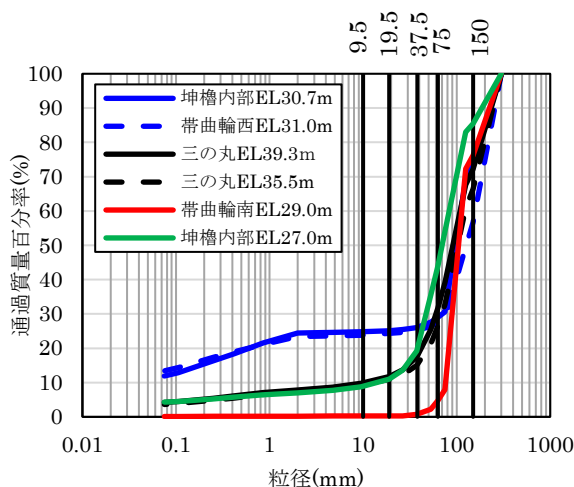


図-2 粒度分布

5. まとめ

AI 画像粒度モニタリングを、丸亀城石垣崩落復旧整備事業での栗石粒度分布評価に適用した。粒度分布が異なるサンプルをいくつか用意し、粒度インデックスと通過質量百分率の関係を設定すれば、栗石の原位置粒度分布の推定を短時間でより正確に行うことができることを確認した。

参考文献

- 1) 藤崎ら：デジタルカメラ画像を用いたCSG材の粒度変動監視システム，ダム工学，Vol.23，No.1，pp.19-26，2013。
- 2) 上本ら：画像粒度モニタリングを用いたフィルタ材製造時の粒度変動監視，土木学会第72回年次学術講演会，pp.37-38，2017。
- 3) 小原ら：ロックフィルダム盛立におけるコア材製造時の新しい品質管理（その2），土木学会第73回年次学術講演会，pp.2121-2122，2018。

表-1 解析結果

	三の丸西 EL34.5m	三の丸西 EL36.6m	三の丸西 EL41.5m
元画像			
解析結果			

■ 9.5~19.5mm ■ 19.5~37.5mm ■ 37.5~75mm ■ 75~150mm ■ 150mm~

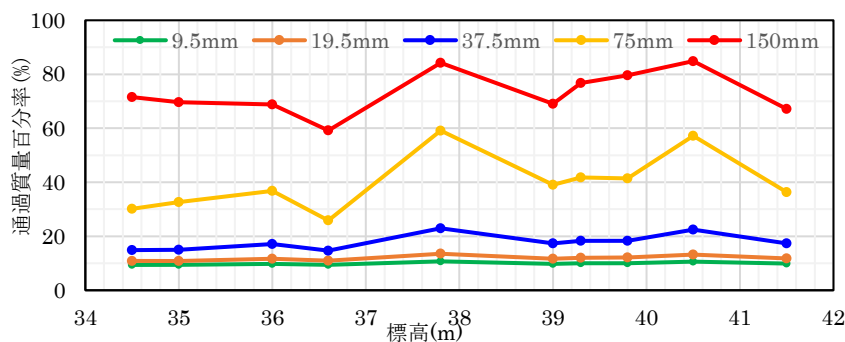


図-3 標高別粒度 (三の丸西)

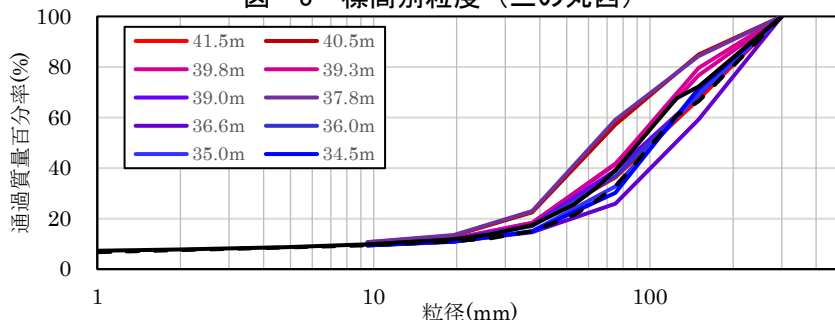


図-4 粒度分布 (三の丸西標高別)