

AI 画像粒度モニタリングシステムによるCSG材の粒度分布の全量管理

鹿島建設(株) 正会員 ○福島 陽 藤崎勝利 岡本道孝 小原隆志 岡本遥河 小林弘明 田中恵祐

1. はじめに

台形CSG（Cemented Sand and Gravel）ダムにおいて、CSGの母材は基本的に分級や粒度調整などが行われない。したがって採取地が同一の材料であっても粒度や表面水量が変動する。施工においては、この変動幅が規定の範囲内に収まっていることの逐次確認が求められており、一般的に湿潤・水洗い法による粒度試験、およびフライパン法や電子レンジ法による含水率試験（あわせて簡易法と呼ばれる）¹⁾を1～2時間に1回の頻度で実施する。

現状では、簡易法による材料試験を高頻度を実施するために相当数の作業員を要するため、これらの試験工程の合理化は検討の余地がある。また、1～2時間に1回の試験頻度では突発的な材料変動の全てを捉えることは難しい。これらの課題の解決のため、本研究では新たに開発した技術であるAI画像粒度モニタリングシステムを適用し、有効性を検証した。

2. AI 画像粒度モニタリングシステム

AI画像粒度モニタリングシステムとは、従来の画像を用いた地盤材料の粒度モニタリング技術²⁾に、AIを導入することで実用性を飛躍的に向上させた技術である³⁾。図-1に概要を示す。AIは、撮影された地盤材料の画像から土粒子を認識し、各土粒子にラベリング（個々の土粒子を構成する画素群をグループ化）するまでを担う。事前に土粒子の形状や色調を学習させることで、高精度な土粒子認識を可能としている。その後、粒径区分ごとに粒度インデックス（対象粒径以上の粒子の射影面積総和が、画像全体の面積に占める割合）を算出する。粒度インデックスと各粒径区分の加積通過率との相関関係を事前にキャリブレーションしておくことで、粒度インデックスから粒度分布を取得できる。

AIの導入により、土粒子認識の精度を上げるための特殊な装置が不要となり、画像の撮影場所や条件の自由度が向上した。これにより、様々な場面への適用可能性が考えられる。例えばベルトコンベア上にカメラを設置し、静止画を連続撮影・解析することで、材料の粒度の常時モニタリング・全量管理が可能となる。

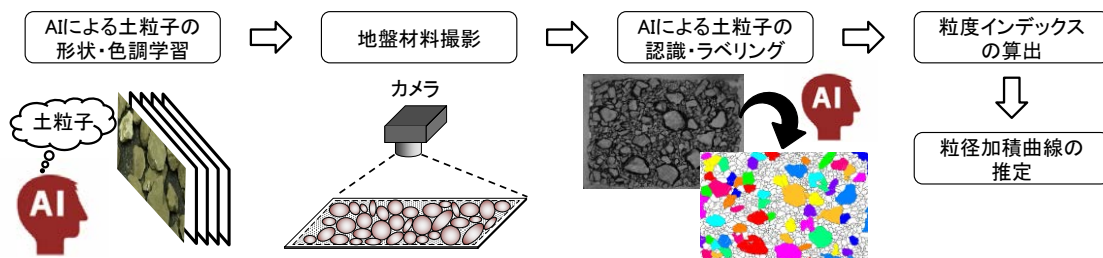


図-1 AI画像粒度モニタリングシステムの概要

3. CSG材への適用方法

CSG工法は、高速大量連続施工を前提としており、連続的に材料を供給してCSGを製造することを基本としている。このため、連続混合が可能な製造設備が使用されることが多い。本研究では、成瀬ダム堤体打設工事業（国土交通省東北地方整備局）において、CSG製造設備内でCSG材が流れるベルトコンベア部分に産業用カメラ（310万画素、シャッター速度：1/1000 sec）を設置し、数秒おきに静止画を撮影・解析して、粒度分布の変動を全量モニタリングした。

4. 解析結果

図-2に、AIによる土粒子認識・ラベリングの一例を示す。図中(b)の着色された土粒子がラベリングされたことを意味する。また、各土粒子は画像上でのサイズから各粒径区分に分類され色分けされている。粒径区分は、CSGの粒度管理で用いられる粒径80mm、40mm、20mm、10mm、5mmの5段階である。図-2に示すように、撮影画像

キーワード：AI画像粒度モニタリングシステム、台形CSGダム、品質管理、粒度分布

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 TEL 042-485-1111

内で視認できる土粒子のほとんどを AI が認識しており、人間と同じレベルで認識できていることが確認できる。

静止画撮影および解析の頻度は解析時間によって変動するものの、概ね 3~4 秒おきに 1 回粒度分布を取得できる。各粒径区分の加積通過率の時系列分布を図-3 に示す。対象現場は昼夜施工であり、24 時間連続での粒度分布の全量モニタリングを実現した。なお、データが欠損している時間帯は、CSG の製造休止によるベルトコンベアの停止を示す。図-3 では、各粒径の通過率の規格値を赤線で示している。全体的には規定の粒度範囲に収まりつつも、突発的に規定範囲を逸脱する瞬間があることが確認できる。このような短周期の材料変動を現状行われている簡易法の試験頻度で捉えることは難しく、当技術による連続かつ全量での監視の効果が期待できる。

一方で、今回確認されたような突発的な粒度変動を含む大量のデータを品質管理に反映する考え方については、更なる議論が必要である。一定の期間で平均化すれば短周期変動の影響を低減できるが、過度な平均化は時系列分布の分解能を落とすため、計測感度と品質管理のバランスを考慮することが重要である。一例として、図-3 に 5 分間（大型ダンプトラック 1 台分に相当する材料が通過する時間）の移動平均も示しているが、移動平均では規定の粒度範囲に収まることが確認できた。図-4 には、5 分間移動平均から 1 時間ごとのデータをピックアップした、24 時間分の粒度分布を示す。これらの結果からも、計測結果が規定の粒度範囲に収まっていることが確認できる。

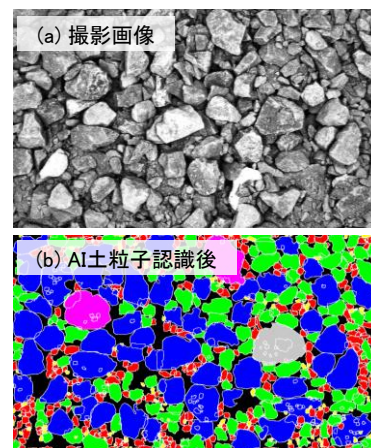


図-2 AI による土粒子の認識・ラベリング

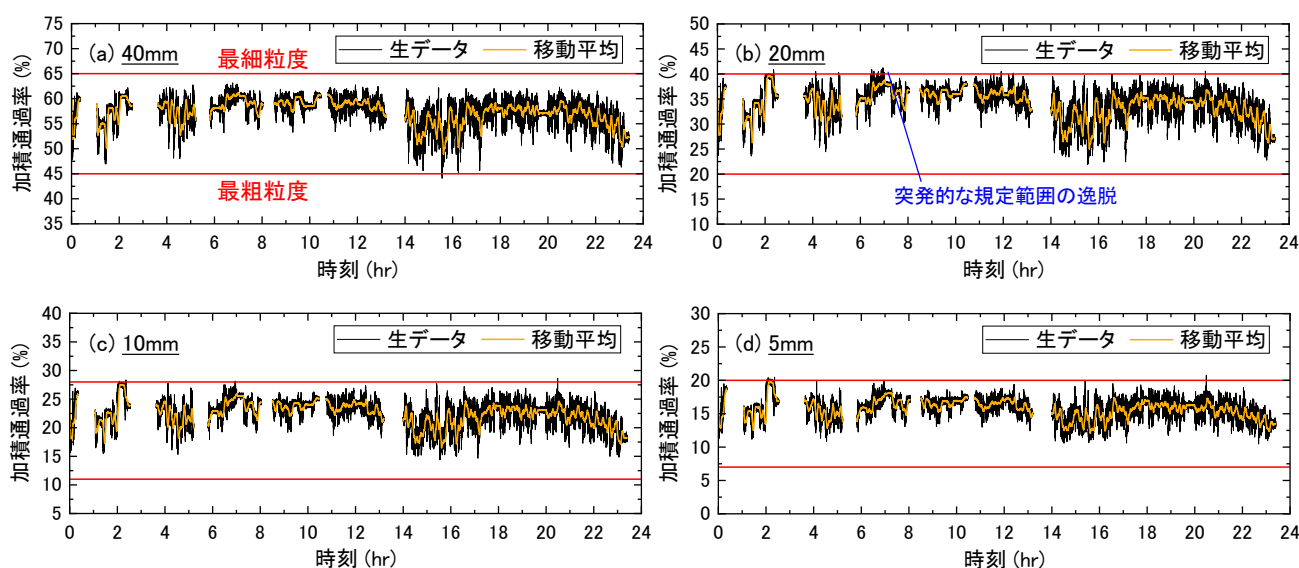


図-3 AI 画像粒度モニタリングシステムによる各粒径区分の加積通過率の時系列分布

5. おわりに

台形CSGダムの材料品質管理として、AI 画像粒度モニタリングシステムによる材料粒度の全量管理の試適用事例を報告した。簡易法の試験頻度よりも短周期の材料変動を捉えられ、本手法の有効性を確認した。今後も様々な材料への適用を図るとともに、具体的に現場の品質管理と結び付けるロジックの構築を進めていく。

参考文献

- 1) (財)ダム技術センター：台形CSGダム設計・施工・品質管理技術資料，2012.
- 2) 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.
- 3) 米丸ら：AI 画像粒度モニタリングの解析精度向上に向けた検討，第 57 回地盤工学研究発表会，22-2-2-03, 2022.

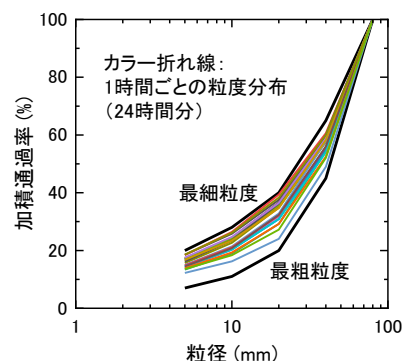


図-4 1 時間ごとの粒度分布 (24 時間分)