

画像処理による CSG 材の粒度分布推定技術の開発

前田建設工業株式会社 正会員 ○田中 麻穂
同上 正会員 安井 利彰
同上 中島 具威

1. はじめに

近年、CSG 工法は、建設現場周辺で容易に入手できる材料に対して合理的な設計が可能である等の理由から普及が進み、今後も適用工事は増加すると思われる。当社においても、『平成 25 年度〔第 25-K5611-01 号〕浜松篠原海岸津波対策施設等整備事業（海岸）工事（総合管理及び CSG 製造工）』（以下、浜松防潮堤工事と称する）において、CSG 工法による防潮堤を建設中である。CSG の品質管理は、台形 CSG ダムの管理方法¹⁾に準拠して実施しており、施工当日は、簡易法によって 1 時間に 1 回の頻度で粒度及び表面水量を測定することで CSG 材品質に変動がないかを確認している。しかしながら、品質管理方法には膨大な労力と時間を要するという課題を残しており、今後、品質管理手法の合理化が求められている。筆者らは、上記課題の解決を目的として、近年、建設分野においても適用が増えてきている画像処理技術を駆使した粒度分析方法²⁾³⁾に着目し、技術開発を進めている。

今回、浜松防潮堤工事において、現場施工実験を実施し、画像処理技術による CSG の品質管理手法の適用性を確認した。

2. 画像処理による粒度推定手法

本研究では、CSG 材をデジタルカメラで撮像した画像（図-1 参照）を解析処理し（図-2 参照）、統計的手法により粒度分布を推定する。筆者らが提案する粒度分布推定手法を以下に示す。

(1) 推定式(回帰式)の作成

- ①粒度分布既知の CSG 材を対象にして画像解析を行い、粒度毎の平均短径と投影面積を得る。
- ②粒度毎の合計投影面積を全投影面積（各粒度の合計投影面積の総和）で除して無次元化し投影面積率を算出する。同様にして質量率を算出する。
- ③目的変数を質量率、説明変数を平均短径及び投影面積率として重回帰分析を行い、粒度毎に推定式を作成する。なお、材料の性状が大幅に変化した場合は、適宜推定式を見直すこととする。

(2) 粒度分布の推定

デジタルカメラで撮像した画像を解析し、得られた平均短径及び投影面積率を上記推定式に代入することにより各粒度の質量率を算出し、粒度分布を推定する。

3. 実験概要

実験装置の概要を図-1 に示す。ベルコン上に試料（1 回 30kg）を敷設した後、ベルコンを稼働させ、試料を図-1 中の破線の経路に沿って搬送・流下させる。流下中の試料をデジタルカメラで正面から連続撮像する。

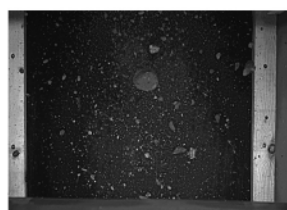


図-1 撮像例



図-2 画像処理例

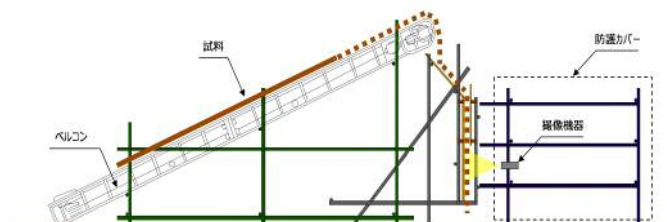


図-3 実験装置概要

キーワード 画像処理, 粒度試験, CSG

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2 丁目 10 番 2 号 前田建設工業株式会社 TEL 03-5276-5166

本研究では、浜松防潮堤工事で使用している CSG 材（阿蔵山段丘堆積物）を実験試料として検討を行った。実験ケースを表-1、平均粒度、最細粒度及び最粗粒度を図-4 に示す。なお、CSG 材は、最細粒度と最粗粒度の範囲内に収まるように品質管理している。CASE1 は、ストックヤードに仮置きされている CSG 材（粒度調整なし）、CASE2 は、CSG 材を最細粒度、平均粒度及び最粗粒度に粒度調整した試料、CASE3 は、粒度管理範囲を逸脱するように粒度調整した規格外試料である。また、最小監視粒径が 5mm であることを考慮し、5mm 未満の粒度については検討対象外とした。本研究では、JIS 法ではなく簡易法により求めた粒度分布を推定対象とし、目標推定精度は既往の研究²⁾³⁾を参考にして、 $\pm 5\%$ 以内とした。また、粒度分布の推定に用いる回帰式は全実験ケースで同じものに統一した。

表-1 実験ケース

CASE	粒度分布	推定試料数
CASE1	自然粒度	10
CASE2	最細粒度	1
	平均粒度	1
	最粗粒度	1
CASE3	規格外粒度	1

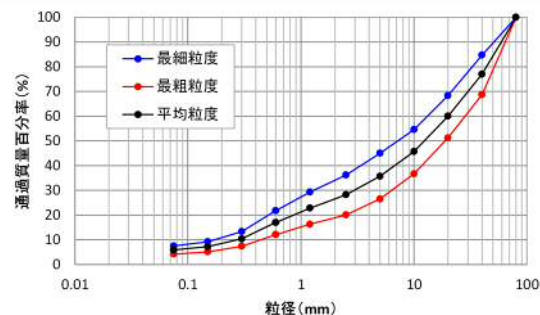


図-4 粒度範囲

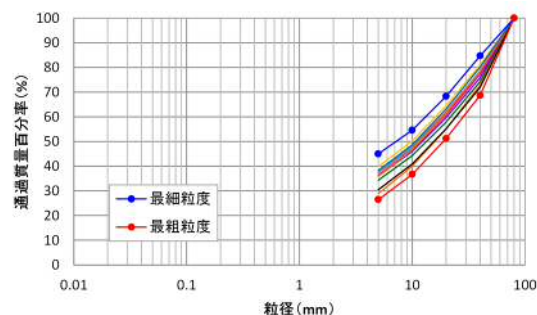


図-5 実験結果 (CASE1)

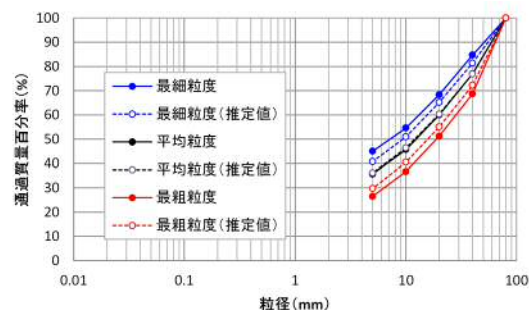


図-6 実験結果 (CASE2)

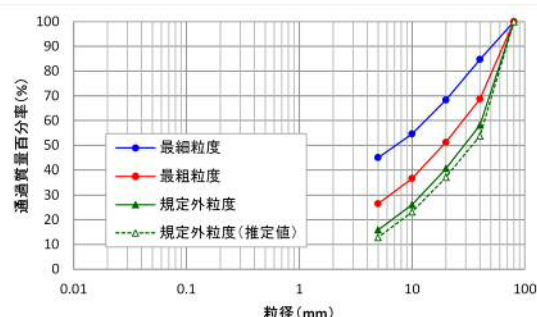


図-7 実験結果 (CASE3)

4. 実験結果

CASE1 の実験結果を図-5 に示す。全 10 試料の推定精度は最大 4.8%であり、仮置きしている CSG 材の推定粒度分布は、管理範囲内に収まっている。また、CASE2 の実験結果を図-6 に、CASE3 の実験結果を図-7 に示す。推定精度はそれぞれ最大 4.2%、4.3%であった。全実験ケースにおいて推定精度 5%以内を満足することに加え、CSG 材の粒度分布が CASE2 および CASE3 のように、ある程度ばらつきを有していても適用可能であることを実証できた。特に、品質管理の観点からは、CASE3 のように粒度管理範囲から逸脱する規格外試料についても精度よく粒度推定し、評価できることが必須である。

以上の実験結果から、CSG 材の品質管理において、提案する粒度推定手法の妥当性を検証できた。

5. まとめ

本研究では、筆者らが提案する画像処理技術による粒度推定手法を用いて、浜松防潮堤工事の CSG 材の粒度推定を実施した。既述の通り、全実験ケースにおいて目標推定精度 $\pm 5\%$ 以内を満足でき、提案する手法の妥当性を確認した。また、CSG 材として阿蔵山段丘堆積物に加え、泥岩についても同様の検証実験を行い、本技術の適用性を検討している。今後、さらに推定精度の向上を目指すとともに本技術を CSG 製造プラントに実装し、CSG の品質管理高度化を図る所存である。

参考文献

- 1) 台形 CSG ダム 施工・品質管理技術資料(平成 19 年 9 月)
- 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.1，2013
- 3) 片山ら：連続粒度解析システムの開発，大成建設技術センター報，第 47 号，2014