

デジタル画像処理による連続粒度解析システムの開発

大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 ○片山 三郎
 大成建設(株) 技術センター 土木技術開発部 正会員 江田 正敏
 大成建設(株) 土木技術部 ダム技術室 正会員 新井 博之
 一般財団法人ダム技術センター 正会員 吉田 等

1. 目的

ダム工事において、堤体材料の粒度は重要な品質管理項目のひとつとなっているが、従来の品質管理手法では、試験材料を間欠的にサンプリングしているため粒度把握にタイムラグが生じている。一方、CSG材やフィルダム材料は粒度が常時、変動しているため、これらの粒度監視には従来方法に代わる新たな品質管理手法が求められている。そこで筆者らは近年、急速に発達しているデジタル画像処理技術を応用して、コンベヤ上を流れる材料の粒度を連続的かつリアルタイムに監視できる連続粒度解析システムを開発した。

2. システム概要

連続粒度解析システムは、材料搬送コンベヤの途中に設けた分流シュートで一定量の材料を連続的にサンプリングし、分流コンベヤによって解析装置部へ搬送し、粒度解析した後に還流コンベヤで元の材料搬送コンベヤへ材料を戻す構成としている。解析装置部では、整流板で材料を薄層化・分散化処理後、自由落下させ、撮影スクリーン前を通過する材料粒子を高速で連続撮影する。そして撮影された画像データを解析して粒度を算出する。システム構成を図-1に示す。

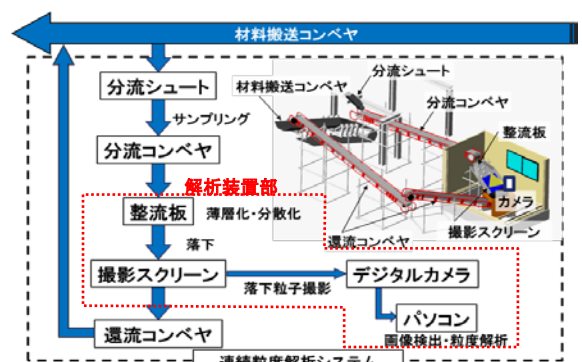


図-1 システム構成

3. 粒度解析手順

粒度解析手順を以下に示す(図-2)。

- ① 撮影スクリーンのバックライトで材料粒子の陰影付けをして撮影
- ② 二値化処理で粒子と背景の画像を区分
- ③ 粒径別に粒子の合計面積を計算
- ④ 粒径別の合計面積に質量換算係数を乗じて粒径別質量を算出
- ⑤ 加積通過率を算出し、粒径加積曲線を作成

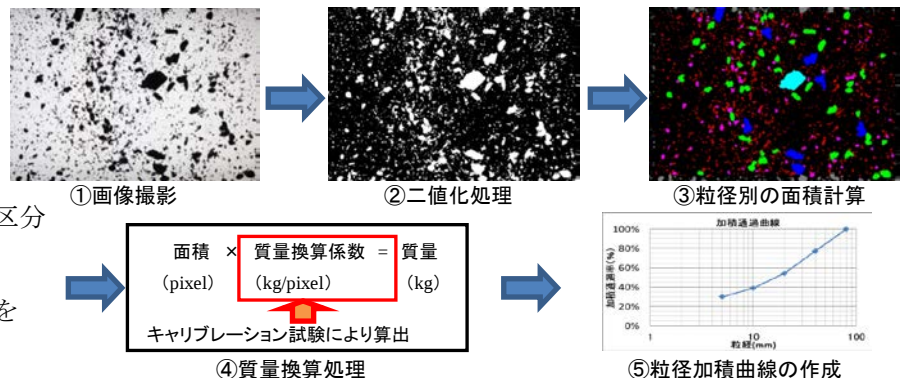


図-2 粒度解析手順

4. 室内基礎実験

基本となる“粒径識別精度”、“質量換算係数の算出方法”、“粒度および含水比変動の解析精度への影響”を確認するため室内基礎実験を行った。なお、実験用粗骨材には、川砂利と碎石の2種類を使用し、粒形の違いによる影響も確認した。

(1) 実験設備

実験設備の概要を図-3に示す。静止したコンベヤ上に試験材料を敷均し後、コンベヤを動かして材料を流動させ、撮影スクリーン前を落下する材料粒子を連続撮影し、1ケース当たり200枚程度の画像データを収集した。

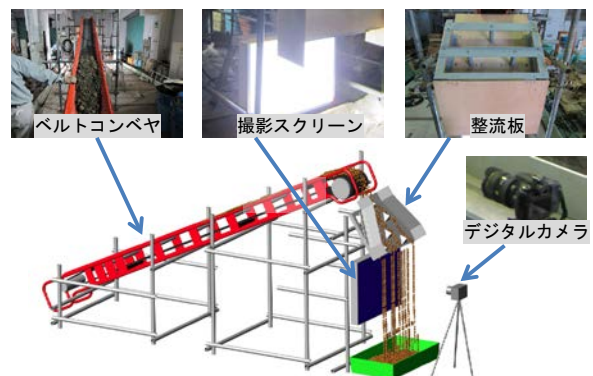


図-3 室内実験設備

キーワード 画像解析, 粒度分布, 連続監視, CSG材料, コンクリートがれき材

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター土木技術開発部 TEL045-814-7219

(2) 粒径識別精度の検証

試験は表-1 に示す単一粒径材を用い、粒径区分を粗骨材 4 分級、細骨材 2 分級とし、粒径識別精度および最小識別粒径を確認した。結果を図-4 に示す。粒径識別率は 70~80% 程度であり、最小 1.2~2.5 mm の粒径まで識別することができた。また粒径区分・形状による違いはなかった。

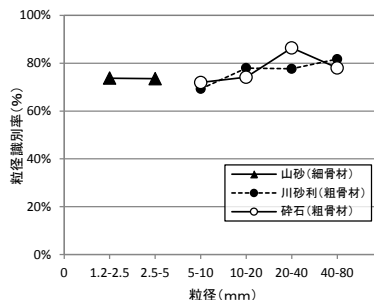


図-4 粒径区分別の粒径識別率

表-1 室内試験ケース
(単一粒径材)

材料種別	粒径区分
粗骨材 (川砂利/碎石)	40-80 mm
	20-40 mm
	10-20 mm
	5-10 mm
細骨材	2.5-5 mm
	1.2-2.5 mm

(3) 質量換算係数の算出方法

キャリブレーション試験により質量換算係数を算出する。試験は表-2 に示す 0-80mm 混合材を用い、各材料種別の中間粒度を用いた。粒径別質量換算係数を図-5 に示す。質量換算係数は粒径 10mm 以上で概ね線形関係が見られ、また含水比の異なるケース 2, 8 の質量換算係数はほぼ同じで、含水比の影響は小さいことがわかった。算出画像枚数と質量換算係数の関係を図-6 に示す。画像枚数が多くなるとばらつきは小さくなり、50~100 枚でほぼ収束した。

表-2 室内試験ケース (0-80mm 混合材)

材料種別	ケース No.	粒度条件	含水比 w(%)	摘要
川砂利混合材	1	細粒側	2.72	
	2	中間粒度	2.63	キャリブレーション
	3	粗粒側	2.49	
碎石混合材	4	細粒側	2.21	
	5	中間粒度	2.24	キャリブレーション
	6	粗粒側	2.30	
川砂利混合材 (湿潤側)	7	細粒側	3.33	
	8	中間粒度	3.15	キャリブレーション
	9	粗粒側	2.92	

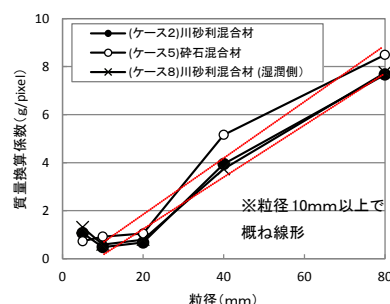


図-5 粒径別の質量換算係数

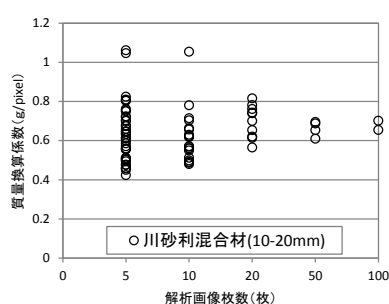


図-6 算出画像枚数と質量換算係数

(4) 粒度および含水比変動の解析精度への影響

表-2 の粒度条件が細・粗粒側のケースにおいて、(3) で求めた材料種別毎の質量換算係数を用いて粒度解析を行い、JIS 法の粒径加積曲線と比較した。なお、含水比影響確認のため、ケース 7, 9 の川砂利混合材 (湿潤側) の解析には、水分調整前のケース 2 の質量換算係数を使用した。画像枚数 100 枚で解析した結果を図-7 及び図-8 に示す。

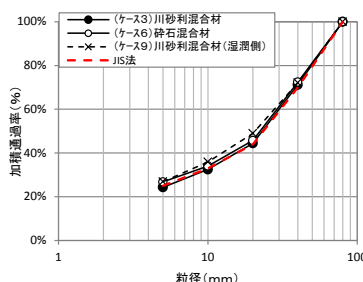


図-7 JIS 法との比較 (粗粒側)

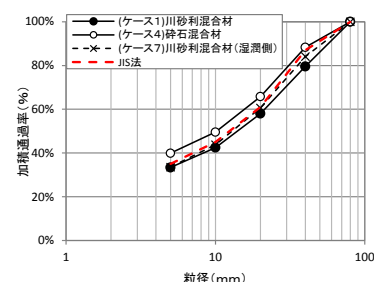


図-8 JIS 法との比較 (細粒側)

各ケースとも JIS 法との加積通過率の誤差は 2~5% 程度であり、粒度や含水比がある程度ばらつきがあっても、粒度解析から算定される加積通過率には大きく影響しないことがわかった。

5. 現場実験

現場での適用性を確認するため、現場の仮設備に本システムを追加設置し、CSG 材及びコンクリートがれき材を用いて、現場実験を行った。

JIS 法との粒径加積曲線の比較結果について、CSG 材を図-9 に、コンクリートがれき材を図-10 に示す。JIS 法との加積通過率の誤差は 5% 以内であり、室内基礎実験と同等の結果が得られた。

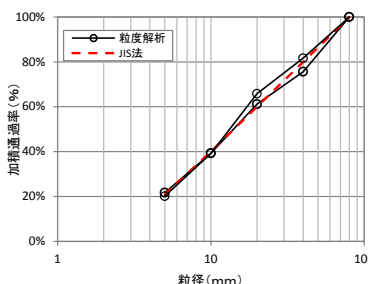


図-9 JIS 法との比較 (CSG 材)

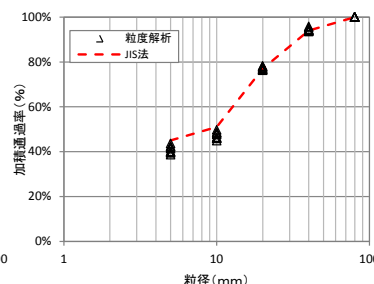


図-10 JIS 法との比較 (コンクリートがれき材)

6. まとめ

今回開発した連続粒度解析システムは、上記実験において、材料種別や粒度によらず、JIS 法との加積通過率の誤差が 5% 以内であり、材料粒度を連続的かつリアルタイムに管理できるツールとして活用できることが確認できた。今後はダム以外の現場も含め多くの施工現場に導入し、試行していきたいと考えている。