

三次元画像を活用した盛土材粒径計測方法の試験適用～その2～

竹中土木 正会員 ○椎葉 偉久 大村 啓介 小西 一生 東中 邦夫
地球観測 正会員 藤田 行茂 福田 芳雄

1. はじめに

盛土工事では、使用する盛土材料ごとに試験施工を行い施工方法（仕様）の決定をする。決められた施工方法（仕様）と異なった材料を使用すると、締固め密度不足等の不具合が発生するため、盛土材料種類を判別する事は重要である。筆者らは、盛土材料の運搬時に材料種類の早期判別をすることを目的に、粒径判定システムの開発を進めている。前報¹⁾では、システムの基本原理を説明し試験適用について報告した。本稿では、様々な現場条件に対応する為に、空間コード化法を活用した粒径計測システムの高度化を行い、盛土施工現場に適用した計測結果について報告する。

2. システムの概要

本粒径計測システムは画像処理技術に、空間コード化法を用いた三次元計測である。プロジェクターとCCDカメラで構成されており、コンパクトなシステムで高速な三次元計測が可能である。手順は、1) 計測対象にプロジェクターで複数のスリット光パターンを投影→2) 複数の投影パターン画像をCCDカメラで撮影→3) プロジェクター座標系とカメラ座標系を対応付ける空間コードを計測対象上に構成→4) 座標系と測定対象間の三角測量により三次元モデルと関連付けて粒径を算出した。

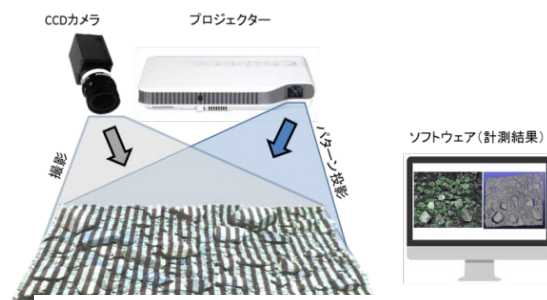


図-1 粒径計測システム

3. システムの高度化

表-1 プロジェクター比較

本粒径計測システムでは、プロジェクターによるパターン投影法を利用するため、十分な測定精度を確保するためには、計測現場の遮光が重要となる。前報¹⁾までの現場試験では、照度が150ルクス以上だとコントラストが正しく認識されず、結果として粒径計測が困難なケースがいくつか見られた。

項目	汎用品プロジェクター	高性能プロジェクター
外観		
光量	750ルーメン	3000ルーメン
解像度	SVGA 800×600	WXGA 1280×800
その他	-	光学2倍ズーム

今回この課題を解決するための方法として、（１）計測対象面の遮光性の向上と、（２）プロジェクターの高輝度化の２つの方法が挙げられた。（１）に関しては遮光性の向上には、遮光フレームを更に遮光シート等で覆う事が考えられるが、（１）よりも実装が簡易である（２）の高輝度なプロジェクターを利用する方法を採用し、粒径計測システムの検出精度の向上を図ることとした。表-1にプロジェクターの比較表を示す。光量は汎用品の750ルーメンに対し、高性能では3,000ルーメンに4倍向上し高輝度化を図った。

3. 試験概要

高輝度化した粒径計測システムを用いて、トンネル掘削ズリを対象とした現地試験を実施した。計測場所は足場材と防音シートで遮光し、その中にダンプを配置し荷台に積載されている盛土材料の粒径計測を行った。

図-2に現地での計測状況を示す。カメラ、プロジェクターは鉛直下向きに、荷台から2.0m～1.6mの計測距離で撮影できるように設置し、100cm×80cm程度の範囲を計測した。粒径は、直径10mm以上の検出が可能で、材料種類の閾値を粒径80mm以上とした。検出精度の評価は、各撮影に対し粒径計測ソフトウェアにより検出された粒径と、表面画像から目視で観察される粒径の比較によって行った。

キーワード 粒径計測システム、空間コード化法、三次元画像

連絡先 〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1 (株)竹中土木技術・生産本部 TEL 03-6810-6215

表-2 に試験ケースを示す. 計測距離及び計測範囲を 3 段階, 遮光環境を 2 段階に変化させ, 6 ケース実施し, また, 湿潤状態における検出精度を確認するために, 遮光環境を 2 段階に変化させ 2 ケースで計測を行った.

表-2 試験ケース

ケース	計測距離(cm)	計測範囲(cm)	遮光状況	計測面状態
1	200	120×92	全開	表乾
2			前半開/後半全開	
3	175	100×80	全開	
4			前半開/後半全開	
5	160	84×72	全開	
6			前半開/後半全開	
7	160	84×72	全開	湿潤
8			前半開/後半全開	



図-2 計測状況

4. 試験結果

計測結果一覧を表-3, 測定結果を図-3 に示す. 課題であった照度に関しては, 450 ルクスから 1200 ルクス程度まで精度よく計測する事ができた. 計測面の表面状態の違では, 湿潤状態でコントラストの確保が難しく, 検出精度の低下が懸念されたが, カメラの絞りや露出等の変更を加えること無く, 表乾状態と同程度の精度で粒径検出が可能であった. 粒径の検出では, 100 mm 以上の比較的大きな粒径は, 検出漏れを起こすことはなかった. しかし, 1 計測で粒径総検出数 100~150 個のうち 3~7 個, 誤検出や精度不足が見られた. 誤検出は, 岩石でない部分を岩石として検出してしまうケースが見られた. 精度不足は, 粒径の大きさの相違がみられた. これは, 粒径検出アルゴリズムの検出閾値の問題であると考える. 今後, 粒径検出アルゴリズムの検出閾値を上昇させることにより解決できると考えている.

5. おわりに

空間コード化法を活用した粒径計測システムを試適用し, 盛土材料の運搬時に材料種類の早期判別を定量的に行い, 品質の向上に寄与できた. 今後, 実現場へ積極的に展開し, 更なる品質の向上や省人化を進めていく予定である.

表-3 計測結果一覧表

ケース	照度(lux)	総検出数(個)	検出漏れ(個)	誤検出(個)	精度不足(個)	計測面状態
1	1050	159	0	7	1	表乾
2	770	155	0	7	2	
3	1200	126	0	0	4	
4	800	110	0	1	3	
5	500	96	0	2	1	
6	500	96	0	3	0	
7	450	99	0	3	3	湿潤
8	450	91	0	3	2	

	測定距離 (cm)	175
	計測範囲 (cm)	100×80
	計測面状態	表乾
	遮光状況	全開
	照度 (lux)	1200
	総検出数 (個)	126
	検出漏れ (●)	0
	誤検出 (●)	0
	精度不足 (●)	4
	測定距離 (cm)	160
	計測範囲 (cm)	84×72
	計測面状態	湿潤
	遮光状況	全開
	照度 (lux)	450
	総検出数 (個)	99
	検出漏れ (●)	0
	誤検出 (●)	3
	精度不足 (●)	3

図-3 計測結果(ケース 3, 7)

【参考文献】1) 東中邦夫他; 三次元画像を活用した盛土材粒径計測方法の試験適用, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 2017