

盛土材料品質管理システムにおける自動傾き補正の実装

竹中土木 正会員 ○白井 健太朗 椎葉 偉久
 地球観測 正会員 福田 芳雄
 大阪大学 正会員 小泉 圭吾
 神戸大学 正会員 澁谷 啓

1. はじめに

道路、宅地等の盛土造成においては、代表的な盛土材料の物理的性質（粒度分布、土粒子密度等）を施工前に測定し、使用する盛土材料ごとに試験施工を行い施工方法や仕様の決定をする。決められた仕様と異なった材料を使用すると、締固め不足等の不具合が発生するため、盛土材料の工学的分類を判別する事は重要である。盛土材料は一般的に、地山やトンネル掘削ズリなどの自然の材料を利用する。そのため材料は一様ではなく、粒度分布や含水比のばらつきがある。このため材料の変化を、リアルタイムにとらえることは材料管理方法の高度化のために有意義である。現在日常品質管理検査は、粒度分布変動の目視確認や含水比の抜き取り検査など、少ないサンプリング数でしかも人力に頼っている部分が多い。また近年、経験豊富な現場施工管理員や作業員が減少しており品質管理を維持・向上していくには定量化及び省人化が重要な課題となっている。そこで盛土工事の搬入ダンプ全台数に対し定量的な材料判定を行う、高品質な盛土材料管理システム開発を行っている。

粒径計測過程において、粒径計測システムのハードウェア設置上のずれや、計測対象面の状況により、計測対象平面とハードウェアのセンサー平面に角度差が生じる。この角度差は、計測される土粒子一つ一つの分解能が低下する原因となり、土粒子検出率と検出粒径の両面における精度低下をもたらす。本報告は、画像処理で角度差を自動補正する機能（以下「自動傾き補正」という）を実装したので報告する。

2. システムの概要

本粒径計測システムは、空間コード化法を用いた三次元計測である（図-1）。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する。

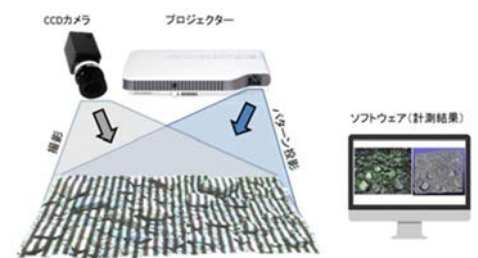


図-1 粒径計測システム

盛土材料の粒径を、非接触で1回当たり40秒程度の短時間で計測し、結果をリアルタイムに表示する。

3. 自動傾き補正の概要

本システムの土粒子検出画像は、三次元計測によって得られた三次元情報の深さ方向を、256階調の明度に変換したグレースケール画像である。土粒子の測定距離の最大値と最小値の間を256階調に正規化が行われるが、この際に、前述の角度差による土粒子の距離分解能の低下が生じる。

自動傾き補正の概要を図-2に示す。まず、三次元計測結果として得られる点群に対し近似する三次元平面の作成を行う。次に、この推定された三次元平面と CCD カメラのセンサー平面が平行になるような座標変換行列を算出し、この座標変換行列を全ての測定点に対して

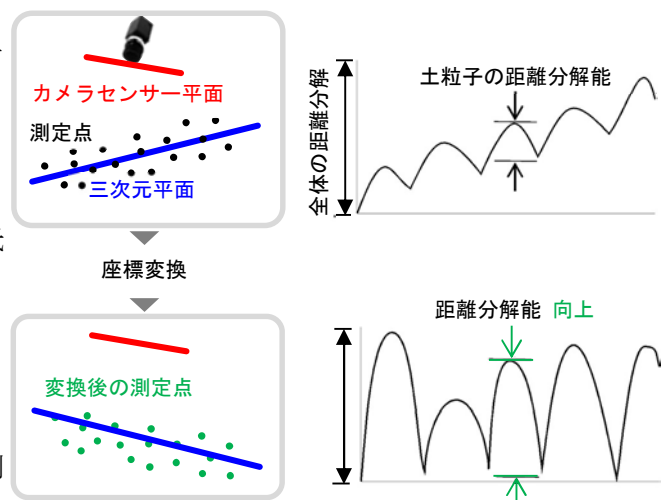


図-2 自動傾き補正 概要

キーワード 盛土材料, 締固め, 粒度分布

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

適用する。これにより、自動的に測定対象面と、CCDカメラのセンサー面の角度が最適なものに調整され、256階調の検出画像生成時に最適な距離の解像度を保った状態で変換を行うことが可能となる。また、土粒子形状が強調される事で、今までノイズとして処理されてきた、粒径の小さい土粒子の検知数増加が期待できる。

4. 試験概要

自動傾き補正の効果を検証するため、調整した試料を用いて室内試験を実施した。材料の仕様を表-1に示す。細粒含有率が約10%以上となるように調整する為、藤森粘土12kgを試料100kgに対して加えた。粒度試験とシステムの計測を同一材料で比較できるようにするために、調整した試料から30kg程度を採取し粒度試験を実施した。また、空間コード化法を用いたシステムの計測は、試料を薄く敷き均し計測を実施した。(図-3)

表-1 材料仕様

項目	角礫
礫分 (2~75mm) %	89.3
砂分 (0.075~2mm) %	8.8
細粒分 (0.075mm未満) %	2.1
最大粒径 mm	75
地盤材料の分類名	粒径幅の広い 砂まじり礫
分類記号	(GW-S)

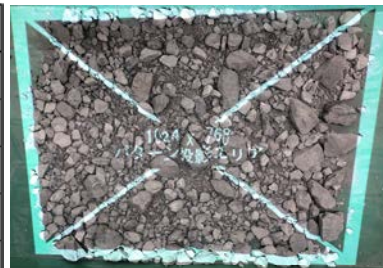


図-3 計測試料

5. 試験結果

補正前後の検出画像を図-4に示す。補正後の解像度が向上し、土粒子形状のコントラストが強調されている事が分かる。また、計測距離が長い為、土粒子が未検知だった範囲が解消されている。土粒子検知数は補正前と比較し、2倍程度増加した(図-5)。

また、自動傾き補正による検知精度の影響を確認するため、同一の粒度試験と比較を実施した通過百分率の比較結果を図-6に示す。補正により粒径26.5mm以下の土粒子検知数が増加し、さらに、粒径37.5mm以上の誤検知が減少した事で、粒度試験と同等の粒径加積曲線を取得する事ができた。異なる土質材料やケース数を増やし、再現性の確認を今後実施していく。

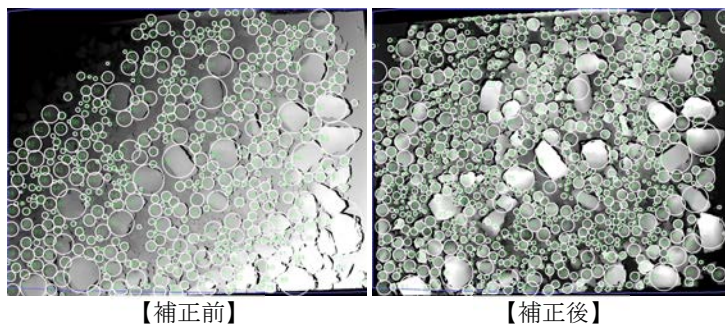


図-4 検出画像

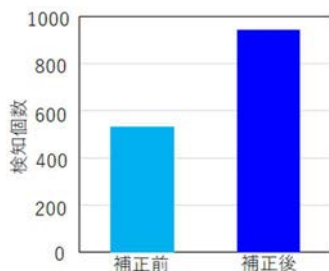


図-5 土粒子検知数

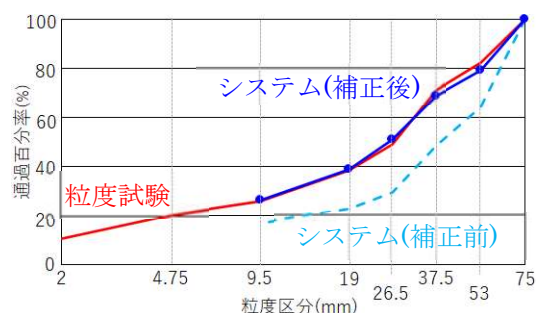


図-6 粒径加積曲線

6. おわりに

自動傾き補正により、角度差が起因の土粒子検出精度の低下を解消できる事を確認した。今後は、ダンプ荷台を想定した厚みのある材料での精度検証や粒径9.5mm以下の土粒子検出方法を検討していく。

参考文献

- 1) 椎葉偉久他; 盛土材料管理システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 2019
- 2) 椎葉偉久他; 空間コード化法による盛土材料管理システムの高度化, 地盤工学会年次学術講演会講演概要集, 2021
- 3) 椎葉偉久他; ICTを活用した盛土材料管理システムによる締固め管理技術の合理化, 基礎工, 2022.4