

土砂含水比の連続計測技術の開発

(株)大林組 ○正会員 山田 祐樹 山崎 啓三 中筋 真紀
海野 大希 青山 裕作 森 理人
エバ・ジャパン(株) 高良 良平 大橋 郁

1. はじめに

トンネル技術のひとつであるシールド工法は、シールド機を用いた機械式掘削であり、他工種に比べて、機械化はかなり進んでいるが、未だに自動運転にまでは至っていない。当社でもシールドの自動化施工への挑戦として「大林インテリジェントシールド (OGENTS)」の開発¹⁾を進めており、その要素技術のひとつとして、ハイパースペクトルカメラを用いた掘削土砂の含水比の連続計測技術の開発を行っている。本報告では、ベルトコンベヤーを用いた小規模実験による土砂含水比の連続計測結果について述べる。

2. 計測技術の概要

計測に用いたハイパースペクトルカメラ SIS-1 の外観ならびに仕様を図-1 に示す。一般的に人間の目やカメラでは可視光線を赤・緑・青の3色に分けて光をとらえている。この光の波長を細かく分光することで、人間の目には評価困難な物性の違いや、目に見えない現象を可視化することが可能となる。波長を細かく分光し、連続した数多くの波長要素（約100以上）を取得できるカメラはハイパースペクトルカメラと呼ばれている。本カメラの特長として、非接触による計測が可能であり、かつ撮影速度が速い（50fps : frame per seconds）点が挙げられる。今回はこのハイパースペクトルカメラを用いて、ベルトコンベヤーにより運搬される土砂含水比の連続計測の可否について検討を行った。

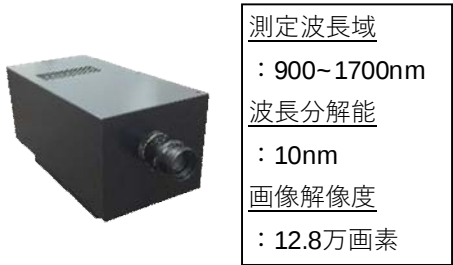


図-1 ハイパースペクトルカメラ

3. 実験概要

実験には幅0.6m、長さ約22mのベルトコンベヤーを用いた。実験設備および計測機器の配置図を図-2に示す。実験は、土砂の含水比をパラメータとして計3ケース実施した。実験ケースの一覧を表-1に示す。実験用の土砂は含水比の異なる2種類の土砂を混合し、目標の含水比となるように作製した。実験では作製した土砂を、ベルトコンベヤー上に高さ10cmとなるように約20m敷き均した。なお、今回の実験では前半10mと後半10mで目標含水比の異なる土砂を敷き均している。敷き均し完了後、ベルトコンベヤーを稼働させ、ベルトコンベヤー後方に設置したハイパースペクトルカメラにより連続計測を行った。ベルトコンベヤースピードは、シールド現場にお

表-1 実験ケース

	目標含水比 (%)	
	前半部	後半部
Case1	15	45
Case2	45	30
Case3	30	15

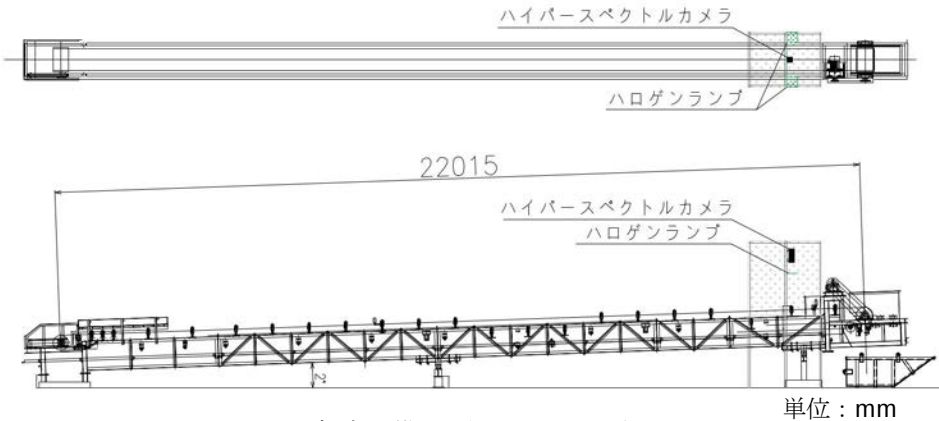


図-2 実験設備の平面図および断面図

キーワード 含水比、シールド工法、ハイパースペクトルカメラ、ベルトコンベヤー

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 TEL050-3828-5601

ける運搬速度を想定し 120m/min (2m/sec) とした。また、土砂高さについても併せて計測を行った。

4. 実験結果

実験に先立ち含水比の異なる土砂を用いたキャリブレーション作業を行った。キャリブレーションにより得られた NDSI と含水比の関係を図-3 に示す。NDSI (Normalized difference spectral index : 正規化分光反射指数) は、スペクトルデータの中から選択した 2 波長 (λ_1 , λ_2) の反射率の差を和で正規化した値である (式-1)。

$$\text{NDSI} = (I_{\lambda_1} - I_{\lambda_2}) / (I_{\lambda_1} + I_{\lambda_2}) \quad \dots \text{式-1}$$

ここに、 I_{λ} : λ nm の反射率

ハイパースペクトルカメラによる解析画像の例を図-4 に示す。1 秒間の計測含水比は、長さ 2m × 幅 0.2m の範囲の平均値として算出した。図-4 には、1 秒間の平均含水比を算出した幅のイメージを白線で併せて示している。図-5, 6 に実験により得られた平均土砂高さおよび計測含水比の経時変化を示す。ここで、平均土砂高さとは、ベルトコンベヤー中央部の土砂の 1 秒間の平均高さとしている。

図-5 の平均土砂高さの経時変化より、土砂は概ね同じ高さで敷き均されていることがわかる。計測含水比の経時変化に着目すると、1 秒毎の含水比の計測が可能であることがわかる。特に、前半と後半で含水比の異なる土砂を設置していることが計測データからも確認することができた。図-4 に示した Case1 における解析画像の例からも前半と後半の土砂で含水比の異なる様子を明確に確認することができた。

図-7 は計測開始地点に敷き均した土砂の実測含水比と計測含水比の比較を示している。本結果より、ハイパースペクトルカメラを用いた計測により、概ね実測値と同等の計測含水比が得られていることがわかる。これらの結果から、現場を想定したベルトコンベヤースピードにおいても連続した含水比の計測が可能であることがわかった。

5. まとめ

本稿ではハイパースペクトルカメラを用いた土砂含水比の連続計測技術を対象に実施した小規模実験による計測結果について述べた。実際の現場では様々な条件が考えられることから、今後、実現場において計測実験を行い、本技術の適用性について検討を行っていく予定である。

参考文献

1) 大前ら：AI による物体検出手法を用いたシールド掘削土砂の連続評価技術，土木学会第 75 回年次学術講演会,2020.8

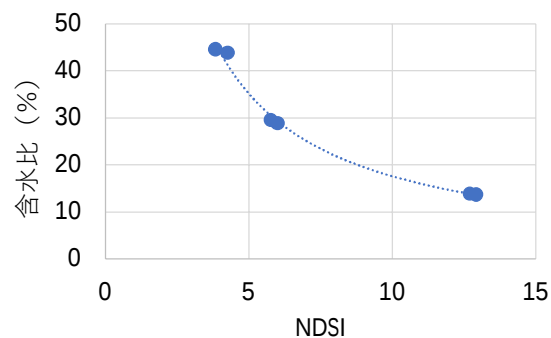


図-3 NDSI と含水比の関係

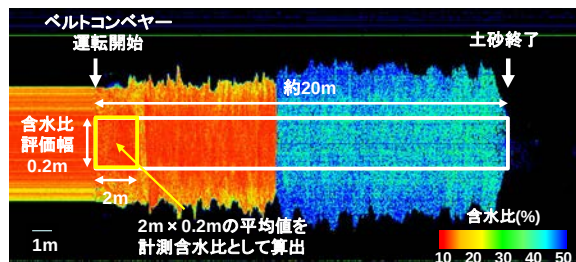


図-4 解析画像の例 (Case1)

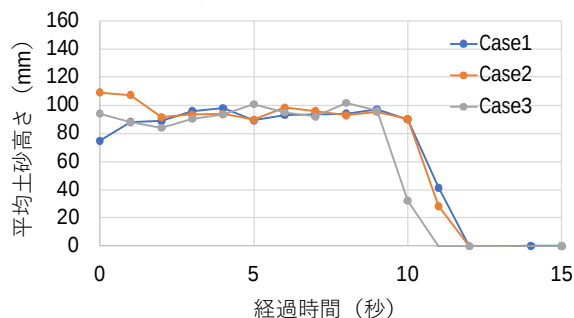


図-5 平均土砂高さの経時変化

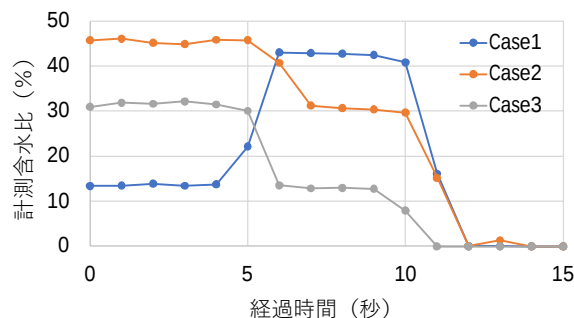


図-6 計測含水比の経時変化

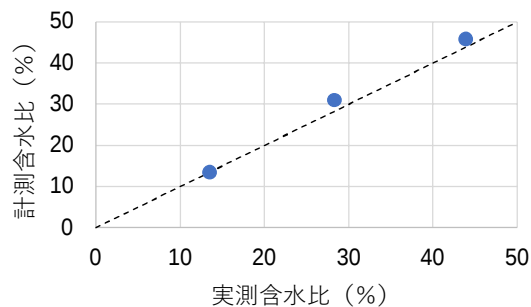


図-7 実測含水比との比較