

RI 水分計を用いたベルトコンベヤ運搬材料の水分量計測システムの開発

大成建設（株） 正会員 ○畠山 峻一
 ソイルアンドロックエンジニアリング（株） 正会員 森 安弘

1. 背景・目的

土質材料の水分量（含水比や表面水量）は、土工全般における施工・品質管理基準として重要な指標である。施工現場における水分量の簡易計測手段は、RI（放射性同位体）を用いた水分計が広く普及している。特に散乱型の RI 水分計は、設置制約が少なく連続的に非破壊での計測が可能であることから、地盤の面的な締固め管理¹⁾をはじめ、施工・品質管理の高度化・省力化に向けた様々な技術において有用である。

筆者らは、ダム本体CSGの製造プラントに RI 水分計を適用し、ベルトコンベヤで連続運搬される材料について、水分量のリアルタイム管理が可能であることを確認している²⁾。ただし、RI 水分計は、運搬土量やベルト形状の変動など、積載断面の変動がある状況で水分量を測定するには適用条件が限られ、汎用性の面で課題があった（図-1）。

そこで本研究では、各種センサ情報をを用いてベルトコンベヤ積載断面の変動を連続監視し、RI 水分計の測定値をリアルタイムに補正可能な水分量計測システムを開発し、その精度検証を行った。

以下、開発したシステムの概要および検証結果について述べる。

2. システムの概要

システムの機器構成および測定フローを、それぞれ図-2、図-3に示す。本システムはベルトコンベヤの任意断面に設置可能であり、計測断面を通過する土質材料の水分量および積載断面の変動を、RI 水分計、2D 測域センサ、レーザ測距センサを用いて連続監視する。

RI 水分計で取得される計数率比 Rm_0 は、2D 測域センサおよびレーザ測距センサの情報を基に、それぞれ次のように補正される。

補正①：2D 測域センサ情報に基づく補正

まず、2D 測域センサにより取得される運搬材料表面の横断分布と基準面（ベルト上面）との差分から、計測断面における材料の高さ分布を算出する（図-4）。つづいて、RI 水分計の応答特性に応じて分割された複数の領域（1～3）について、領域毎の平均材料高さをを用い

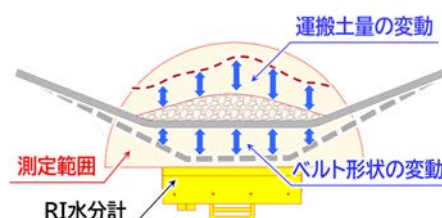


図-1 積載断面の変動要因

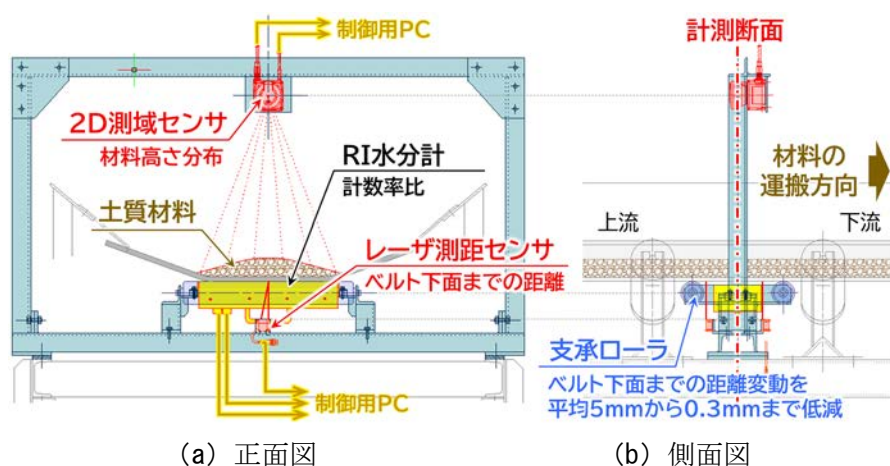


図-2 システムの機器構成



図-3 システムの測定フロー

キーワード RI 水分計、ベルトコンベヤ、品質管理、全量管理、ICT、生産性向上
 連絡先 〒160-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル）
 大成建設（株）本社土木本部土木技術部ダム技術室 TEL03-3348-5282

た対数近似式の重み付き和を求め、これを補正係数 G_1 とする。

補正②：レーザ測距センサ情報に基づく補正

レーザ測距センサにより取得されるベルト下面までの距離と基準距離（空運転時）との差分を変数とする多項式近似式を、補正係数 G_2 とする。

各近似式は事前の静的試験によって求められ、それぞれ決定係数 0.9 以上と高い相関を示すことが確認されている。

3. システムの精度検証

システムの測定精度を確認するため、河床砂礫と碎砂の混合材 (80-0 mm) を対象として、土質改良機のベルトコンベヤ標準断面における動的試験を行った。

本試験では、システムで運搬材料の含水比を連続的に取得し、採取試料の含水比 (JIS 法) と比較した。なお、RI 水分計の上下流に支承ローラを配置してベルト下面の変動を低減することで、誤差の発生を抑制している (図-2)。

測定値の時系列変化を図-5 に示す。前述の補正によって、主に材料高さの変動に伴う測定値のばらつきが抑制され、採取試料含水比の変動を良好に捉えていることが分かる。

測定値と採取試料を比較した結果を、図-6、表-1 に示す。測定誤差の平均値は、従来の 1.37% から 0.34% まで低減し、従来比 4 倍の精度向上が確認された。また、補正②の効果が小さいことから、前述の支承ローラ設置による変動抑制対策の有効性が確認された。

4. まとめ

ベルトコンベヤで運搬される土質材料を対象として、積載断面の変動監視情報に基づき RI 水分計の測定値を補正可能な計測システムを開発できた。精度検証の結果、材料高さ 40mm 以下の薄層断面においても測定精度を確保できることが確認された。

本システムは、一般的なベルトコンベヤ全般に適用可能で高い汎用性を有することから、土工事における品質管理の生産性向上に寄与できることが期待される。今後も引続き、システムのブラッシュアップに向けて邁進する所存である。

参考文献

1) 後藤洸一, 青木浩章: 転圧締固め度自動計測技術 T-iCompaction の現場導入事例: 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクトにおける試行, (一財) 日本建設機械施工協会誌 74 (1), 56-60, 2022-01.

2) 石井喬之, 畠山峻一, 片山三郎, 新井博之: ICT を活用した CSG 材品質管理手法の検討, ダム工学 30 (1), 6-17, 2020.

3) 中野雄貴, 谷口龍: ベルトコンベア用 RI 水分計の材料高さによる寄与率を用いた補正方法, 土木学会第 76 回年次学術講演会, 2021.

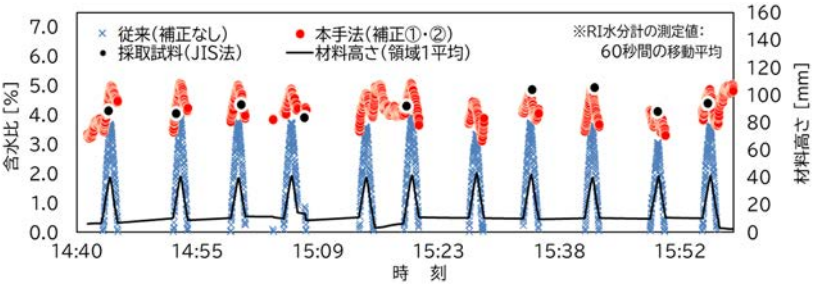
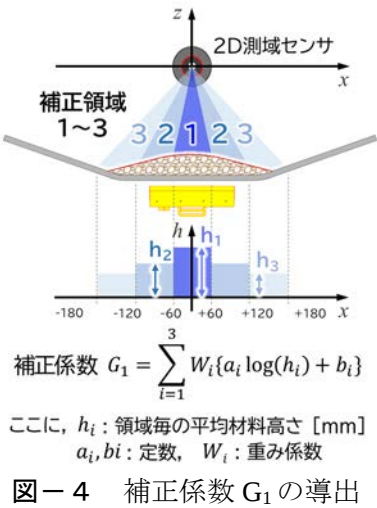


図-5 測定値の時系列変化

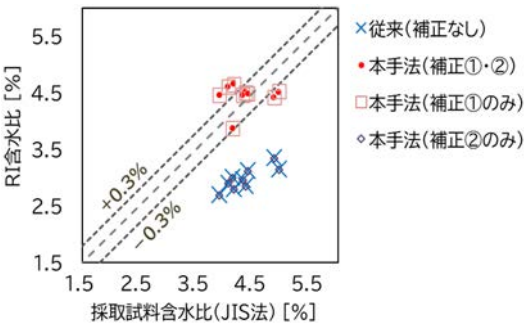


図-6 測定値と採取試料の比較

表-1 測定誤差の比較

測定方法	従来	本手法		
補正区分	—	補正①・②	補正①のみ	補正②のみ
誤差の平均 [%]	1.37	0.34	0.34	1.38
誤差の標準偏差 [%]	0.21	0.19	0.40	0.21