

ベルトコンベア用 RI 水分計の測定方法の検討

ソイルアンドロックエンジニアリング(株)

機械部 正会員 ○中野 雄貴, 池永 太一, 非会員 谷口 龍

1. はじめに

ベルトコンベアで土、石などの建設材料を運搬しながらリアルタイムでその水分量を計測する需要があり、非接触の測定が求められることから、中性子線源を用いた散乱型の RI 水分計の利用が増えている¹⁾。

RI 水分計は放射線の検知領域内で材料の増減があると誤差が生じる。検知領域を狭くすることはサンプル量の減少にもなるため好ましくない。極力広い領域を検知することが求められるが、ベルトコンベア上の材料の量を制御することは難しく、コンベアベルト上での材料の広がり、高さは常に変動を伴うため計測に多少のばらつきが生じる。本論では、新たな水分計の補正方法を検討すると共に、そのときの水分計の精度を PHITS3.170(以後バージョンは省略する)²⁾ で検証する。PHITS とは、あらゆる物質中での様々な放射線挙動を核反応モデルや核データなどを用いて模擬するモンテカルロ計算コードである。

2. 水分計の補正手段

水分計の補正方法として、写真 1 に示すように測域センサ(LiDAR)を用いてコンベアベルト上の通過試料の断面 2 次元形状をスキャニングすることで試料の増減を検知する手法を考案した。LiDAR は角度毎の距離が数値データとしてリアルタイムで出力されるものを選定した。LiDAR を用いることで次に示す 2 つの補正効果が得られる。①LiDAR で得られた試料表面の 2 次元形状(凹凸の状態)から土質区分を判別し、自動で適切な校正式を選択する。②水分計近傍の試料高さは寄与を大きくし、水分計から離れた場所の試料高さは寄与を小さくするといった具合に、水分計応答の寄与率を考慮することで、水分計の補正を行う。上記技術の実証可能性を検討するため、ベルトコンベアにおける測定を模擬した 2 種類の実験を行った。実験詳細を下記に記す。

実験①; RI 水分計を地面から 1m 程離れたアルミ板の下に設置する。アルミ板の上に写真 1、図 1 のように試料を盛る。試料は山砂(含水比 14.0%)とローム(含水比 52.2%)の 2 種類を 1 種類ずつ用いる。試料はアルミ板から高さ 15cm まで盛る。RI 水分計の出力値と LiDAR の検出値について検討した。

実験②; 実験①の状態から、山砂の高さのみを図 1 に示す通り変更してから RI 水分計の計測を行う。パターン 0 (全てのエリア)、パターン 1 (真ん中 10cm)、パターン 2 (パターン 1 から右に 10cm)、パターン 3 (パターン 2 から右に 15cm) の高さを各 5cm、10cm 減らした場合の RI 水分計の出力値と PHITS の理論値を試料高さに対する寄与率で比較した。

3. 実験結果と考察

実験について、山砂とロームで LiDAR から得られた試料表面の 2 次元形状が異なる(写真 2、図 2)。山砂は比較的表面が平らであるのに対し、団粒が残りやすいロームは表面の凹凸が顕著である。このことから、RI 水



写真 1 実験時機器配置

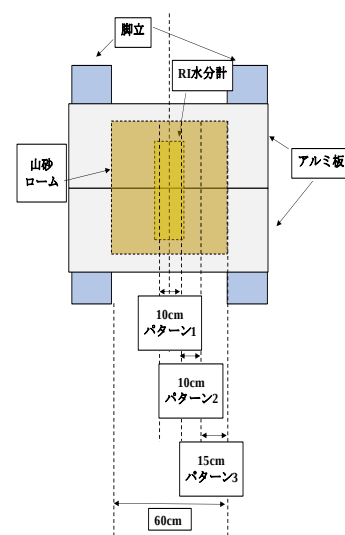


図 1 試料パターン

キーワード RI 水分計, PHITS, ベルトコンベア

連絡先 〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 TEL06-6331-6031

分計から得られた計数率比と LiDAR から得られた試料表面の指定領域の高さの標準偏差にしきいとなる関数を設定することによって試料の土質区分を判別し, その土質区分に対応する校正式を自動で選択することが可能である(図3)。

実験②について, RI 水分計の出力値(図4)と PHITS の理論値(図5)を比較すると, パターン0での相関性は高い。しかし, 改良前のパターン1,2ではパターン0ほど相関性が高くない。これは, 想定していた試料高さよりも実験時に試料高さが低くなっていた可能性がある。図2左の図を見ると中央が想定の高さ(15cm)よりも低く出ている。そこで試料高さを想定よりも仮に, 1cm~2cm 低くして PHITS で再計算を行った。その結果, RI 水分計の出力値を全てのパターンで再現することができた。RI 水分計の近傍ほど試料の高さの寄与率は大きく, 離れるほど小さくなる。つまり, 測定する試料を水平方向に複数の測定区間に分割し, この寄与率をある測定区間の試料の平均高さに乗じた値の総計を補正量とし, 実験①で決定した校正式によって求めた水分量に加算することで, 試料表面の凹凸に対する補正を行えると考える(式(1)参照)。

$$a = \sum_{i=0}^n (h_i \cdot k_i) \quad (1)$$

ここに, a : 補正量 n : 区間数 h_i : 区間平均高さ k_i : 区間寄与率とする。

以上から, 試料高さに対する寄与率を導入することで水分計の補正方法が可能である。本論の技術を用いた場合の一連の流れは以下の通りである。

1) LiDAR 計測値, RI 計測値を取得する。2) 指定領域の高さの標準偏差から土質区分判定し校正式 fn を決定する。3) 高さの数値から水分補正量 a を決定する。4) RI 出力値と得られた校正式 fn , 補正量 a を用いて水分量 ρ_m を算出する(式(2)参照)。

$$\rho_m = fn(x) + a \quad (2)$$

ここに, ρ_m : 水分量 fn : 校正式 x : RI 出力値とする。

4. まとめ

ベルトコンベア上の試料の水分量を計測する新たな手法として, LiDAR から求められる試料高さに対する寄与率によって水分量の補正値を算出する方法を提案した。今後の課題としては, 上記の方法の精度を検証するとともに, PHITS の理論値計算との相関性を高める方法を検討する予定である。

参考文献

- 1) 浅田素之, 中島均, 横山勝彦, 岩渕雅和, 山本中一, 除去土壌水分の連続計測方法に関する考察, 土木学会第73回年次学術講演会, 平成30年8月
- 2) Tatsuhiko Sato, Yosuke Iwamoto, Shintaro Hashimoto, Tatsuhiko Ogawa, Takuya Furuta, Shin-ichiro Abe, Takeshi Kai, Pi-En Tsai, Norihiro Matsuda, Hiroshi Iwase, Nobuhiro Shigyo, Lembit Sihver and Koji Niita. Features of Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 3.02, J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018)

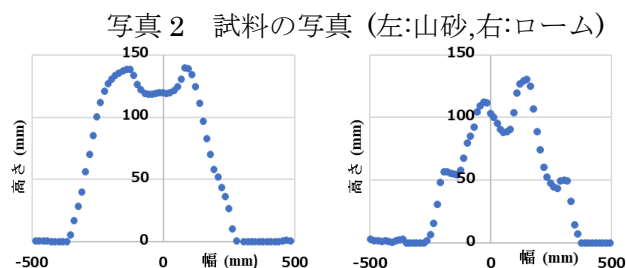


図2 LiDAR 出力値 (左:山砂,右:ローム)

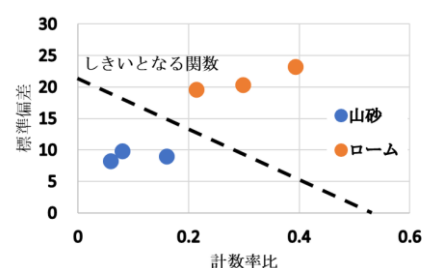


図3 土質区分

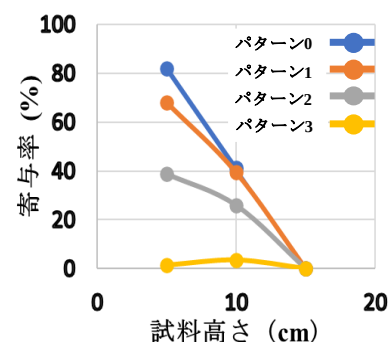


図4 RI 水分計の出力値

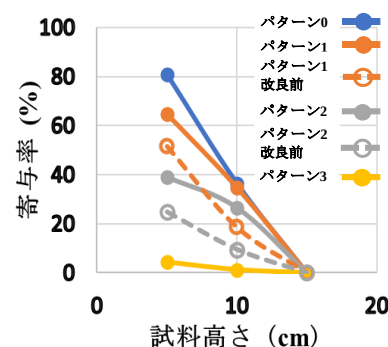


図5 PHITS の理論値