

自動走行式散乱型 RI 水分計による含水比の面的測定

ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社	正会員	○谷口 龍
ソイルアンドロックエンジニアリング株式会社	正会員	池永 太一
株式会社大林組	正会員	稲川 雄宣
ライカジオシステムズ株式会社	非会員	森 俊行

1. 目的

生産人口の減少が進むわが国では、業務の効率化・省力化が叫ばれて久しい。土工現場においては ICT を積極的に活用して生産性の向上を図る ICT 土工が導入され始めている。国土交通省が定める TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領¹⁾では、施工前に目視や含水比測定による土質材料の状態確認が必要と明記されており、迅速に含水比の測定が可能な RI (Radio Isotope) 法を用いた、業務の効率化・省力化を実現する新たな含水比測定技術の確立が期待されている。

筆者らは近年の検討で、土工現場で広く用いられている透過型方式（以下、透過型）の RI 密度水分計で作業員の負担となっていた削孔作業が不要となる散乱型方式（以下、散乱型）に着目した。散乱型 RI 水分計単体で含水比を直接測定する手法を検討し²⁾、さらにはこの散乱型 RI 水分計を手押し台車に搭載し、含水比の面的な連続データを取得することに成功した³⁾。本稿ではこの技術を応用して、自動走行ロボットに散乱型 RI 水分計を搭載した自動走行式散乱型 RI 水分計を開発し、現場実証実験を行った検討結果について報告する。

2. 自動走行式散乱型 RI 水分計

開発にあたり、タイヤの向きを変えずに前後左右に移動が可能な nexus 社製のメカナムホイールで走行する自動走行ロボットに散乱型 RI 水分計を搭載した(写真-1)。自動走行式散乱型 RI 水分計の概要を図-1 に示す。

自動走行ロボットには Drogger 社製の RTK 方式の GNSS モジュールとアンテナを取り付け、位置情報をシリアル入力で散乱型 RI 水分計に読み込ませることで、測定地点の位置情報と含水比の結び付けを行った。

さらに、機体後部の左右に一軸レーザーセンサを取り付け、地表面との距離 (クリアランス) を常時測定することで、散乱型 RI 水分計のクリアランス補正を行った。

自動走行ロボットは時速約 1.5km での走行が可能であり、バッテリーの持続時間は 1.5 時間ほどである。また、礫材などは地表面の凹凸が大きく機体が地表面に接触することが懸念されたため、メカナムホイールの取り付け機構を工夫し、クリアランスを材料ごとに変更することで走破性を確保した。

なお、含水比 w の算出にあたっては昨年までの現場試験のデータ²⁾を基に、下記換算式で算出した。

$$w = \sqrt[n]{\frac{B(C - R_m)}{R_m - A - C}} + \alpha$$

ここで、 R_m は散乱型 RI 水分計の計数率比、 A, B, C, n は校正定数、 α は補正值である。

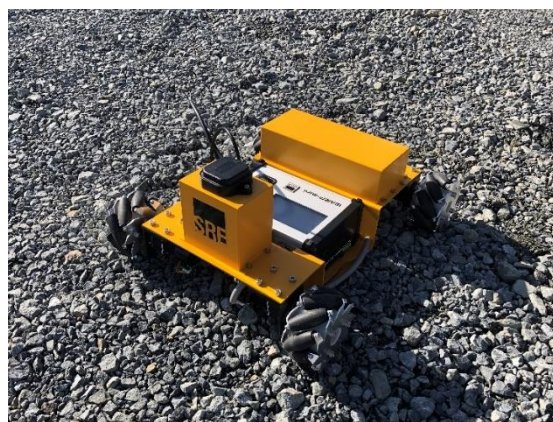


写真-1 自動走行式散乱型 RI 水分計

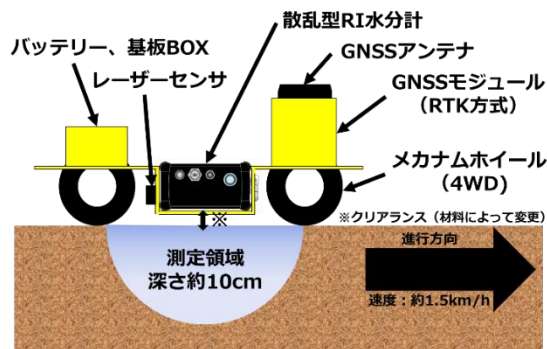


図-1 自動走行式散乱型 RI 水分計の概要

キーワード 含水比, 面的管理, RI 法, 散乱型 RI, 自動走行, 生産性向上

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 TEL 06-6331-6031
 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術本部 技術研究所 地盤技術研究部 TEL 042-495-1092
 〒108-0073 東京都港区三田 1-4-28 三田国際ビル 18F ライカジオシステムズ(株) TEL 03-4333-0970

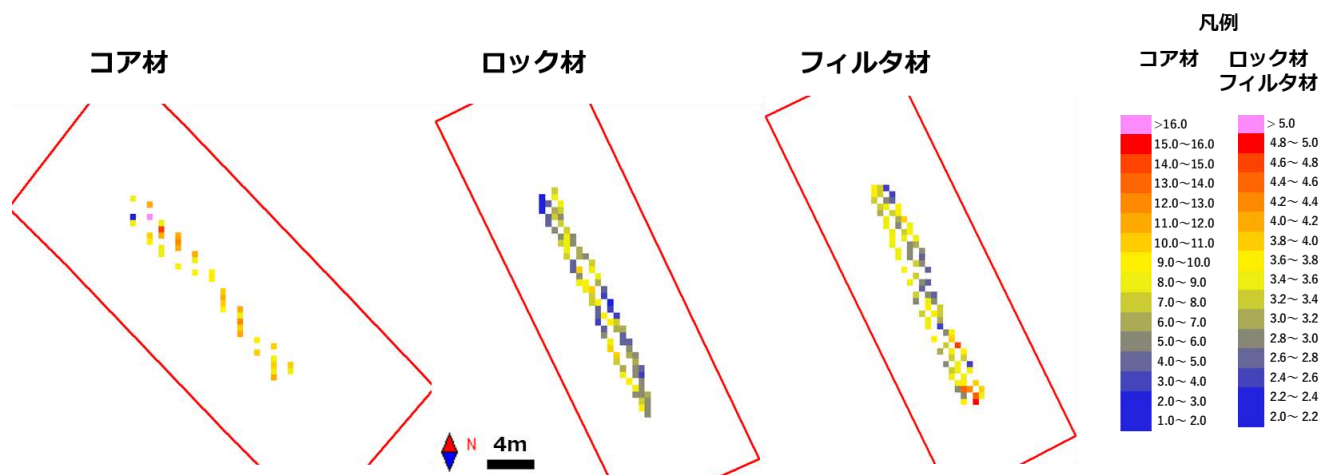


図-2 自動走行式散乱型 RI 水分計ヒートマップ

3. 現場実証実験

安威川ダムにおける α システム実証実験現場において自動走行式散乱型 RI 水分計の実証実験を行った。

コア材、ロック材、フィルタ材でそれぞれ 19m の試験レーンを造成した。各レーンにおいて透過型 RI 密度水分計を用いて 1.5m 間隔で 10 点測定し、自動走行式散乱型 RI 水分計の結果と比較した。自動走行式散乱型 RI 水分計は 16 回転圧終了後に各レーンを 3 回走行した。

図-2 に自動走行式散乱型 RI 水分計で得られた含水比のヒートマップを示す。cm 級の GNSS モジュールを採用したことで正確な位置情報が取得可能となり、自動走行式散乱型 RI 水分計の走路の含水比を面的に評価できていることが視覚的に確認できる。

しかし、自動走行式散乱型 RI 水分計は直進するよう設定していたが、走路が直線ではない場面があった。コア材に関しては比較的スムーズに走行が可能であったものの転圧ローラの轍のくぼみに沿って走行する様子が見て取れた。また、ロック材、フィルタ材に関しては礫によって車輪が取られ走路が想定よりも大きくずれる場面が目立った。上記は自動走行ロボットの改造によって改善するものと思われる。

図-3 に自動走行式散乱型 RI 水分計が透過型 RI 密度水分計の測定点を通った場合の含水比の相関を示す。昨年の手押し台車による検討³⁾では、クリアランスによる放射線カウンターの減少が示唆されていたが、本検討では、クリアランス補正を行ったことで両方式での含水比の相関性は向上している。

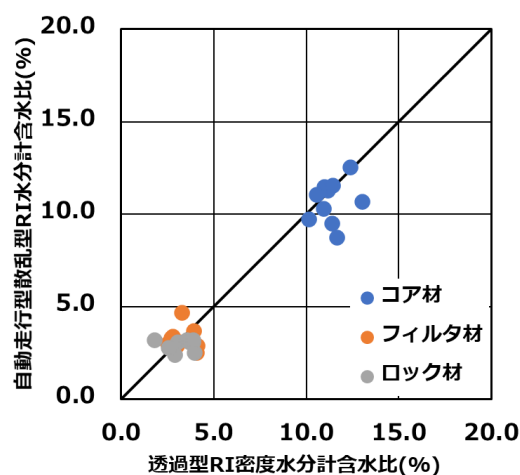


図-3 透過型 RI 密度水分計と

自動走行式散乱型 RI 水分計の含水比の相関

4. まとめと今後の展望

新たに開発した自動走行式散乱型 RI 水分計によって含水比の面的測定の可能性を検討した。精度の良い GNSS を搭載することで走路の含水比分布を視覚的に確認することが可能となった。さらに、方向制御や速度制御を実装し、よりトルクの大きいモーターへの変更やメカナムホイールのサイズ変更等で走行性は改善すると考えている。自動走行式散乱型 RI 水分計の導入によって現場作業の大幅な効率化・省力化が見込まれる。将来的には測定ヤード内を GNSS の情報を頼りに全自動で全面計測できるよう改良を重ねていく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領
- 2) 谷口龍，池永太一，桑田岳治，日下寛彦，中島康介：散乱型RI水分計による簡易含水比測定手法の確立，第55回地盤工学研究発表会，2020.7
- 3) 桑田岳治，池永太一，谷口龍，日下寛彦，中島康介：散乱型RI水分計を用いた移動式含水比測定手法の検討，土木学会第75回年次学術講演会，2020.9