

散乱型 RI 水分計を用いた簡易含水比測定器の開発

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 ○桑田 岳治, 池永 太一, 非会員 谷口 龍
(株)高速道路総合技術研究所 道路研究部 正会員 中村 洋丈

1. はじめに

近年, 土工現場では ICT を活用して生産性の向上を図る ICT 土工が国土交通省により推進されている。また, TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理要領では, 盛土材料が所定の締固め度を得られる含水比の範囲内であることを施工前に確認する必要がある。省力かつ迅速に含水比を測定できる技術が求められている。

盛土材料の含水比や締固め度の測定に用いられる RI 測定器には, 「透過型」と「散乱型」が存在する。現在一般的に土工現場で用いられているのは透過型の RI 測定器であるが, 透過型は放射線源を盛土に挿入するための削孔作業に時間と労力を要する。一方, 散乱型は削孔作業が必要ないことから, 完全非破壊の測定が可能であり, 省力化を期待できる。しかし, 散乱型 RI 密度計には不陸による影響を受けやすいという特徴があり¹⁾, 測定精度に課題がある。そのため, 筆者らは密度計を用いずに不陸の影響を受けにくい散乱型 RI 水分計単体で含水比を直接測定する手法の検討を行っている²⁾。本稿では散乱型 RI 水分計の原理を用いた含水比の測定手法の検証及び簡易含水比測定器の開発について述べる。

2. 散乱型 RI 水分計による含水比測定手法の検証

図-1 に散乱型 RI 水分計の測定概要を示す。散乱型 RI 水分計は中性子と水素原子の原子核との相互作用を利用して測定領域内の水分量を測定する。同じ含水比であっても密度が変化すると測定領域内の総水分量も変化するため, 散乱型 RI 水分計単体で含水比を測定する場合, 1 種類の校正式の適用では密度変化により測定含水比に誤差が生じると考えられる。

そこで基礎実験として砂質土や粘性土, 改良土等様々な土質材料を散乱型 RI 水分計で測定する室内試験を行った。また, 室内試験の結果に 2 回の現場実験のデータも加え²⁾, 散乱型 RI 水分計の測定データと含水比の相関を検証した。室内実験では締固めていない状態, 金属製のプレートを用いて人力で締固めた状態, タンパを用いて高密度に締固めた状態でそれぞれ測定を行った。現場実験においては, 転圧前はバックホウのバケットで軽く押し均した状態, 転圧後はローラを使って強く締固めた状態を指す。

散乱型 RI 水分計の計数率比(放射能の減衰を考慮するために, 基準物質を測定したときの単位時間当たりの放射線検出数に対する実測した単位時間当たりの放射線検出数の比で表したもの)と基準含水比との相関を図-2 に示す。基準含水比については室内実験では土の含水比試験による結果を, 現場実験では透過型 RI 密度水分計による測定結果を用いた。

図-2 より, 締固めの程度で計数率比に差が出ていることが読み取れるが, 締固めの状態が同程度であれば含水比との相関を確認することができる。今回の検証結果では締固め無し(低), 緩く締固めた状態(中), 強く締固めた状態(高)と概ね 3 種類に分類することができた。室内試験の人力での締固めは現場試験のバックホウで軽く押し均した状態に近く, 室内試験のタンパでの締固めは現場試験の転圧後に近い結果を示した,

キーワード 散乱型 RI, 含水比, 非破壊, 品質管理

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

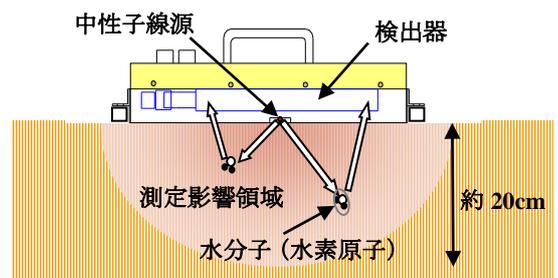


図-1 散乱型 RI 水分計の測定概要

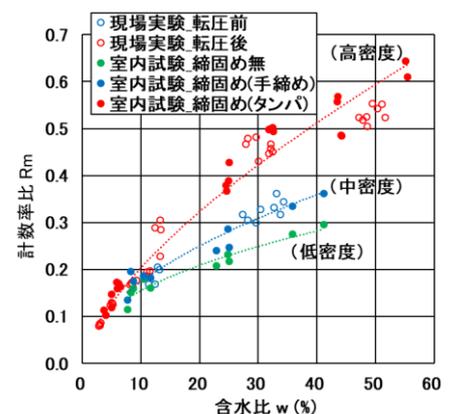


図-2 散乱型 RI 水分計の計数率比と基準含水比の相関図

一方、高含水比の材料を中心にバラつきが認められる。要因としては密度差の他に土質材料の違い、透過型と散乱型の測定領域の違い等が考えられる。

図-2の結果を基に3種類の締固めの状態別に作成した校正式から算出した含水比と、基準含水比の相関を図-3に示す。含水比が10%以下の材料はバラつきが少ない一方で、高含水比の材料はバラつきが大きい。高含水比材料の測定精度は今後の課題であるが、材料補正を行うことで、材料の状態を判断するための日常管理での測定においては適用が可能となる測定精度を期待できると考えている。

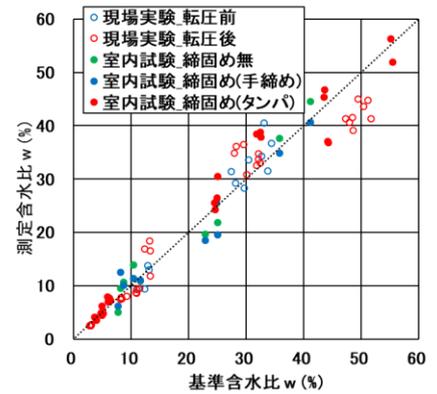


図-3 散乱型 RI 水分計による算出含水比と基準含水比の相関

3. 簡易含水比測定器の概要

上記より締固めの状態が同程度であれば校正式を作成し、散乱型 RI 水分計単体で含水比を算出できる可能性が示された。一方で、材料の違いによるバラつきも確認された。RI 水分計を使用する際は土質材料毎に補正が必要となるため、簡易含水比測定器の開発においても材料毎の補正を検討する必要がある。

現在、検証内容を踏まえつつ簡易含水比測定器の開発を行っている。図-4に開発中の簡易含水比測定器の外観イメージを示す。中性子線を利用した散乱型 RI 測定器で、線源部は底面に取付ける。



図-4 簡易含水比測定器外観イメージ

簡易含水比測定器では締固めの状態や材料差を考慮できるように締固めの状態や材料補正を設定してから測定を行う仕様を検討している。図-5に測定フローを示す。初回に材料毎の補正量を設定し、締固めの状態を数種類から選択する。材料情報は複数登録でき、異なる材料を測定する際に切替ができるようにする。測定時間は1分で、従来の透過型 RI 密度水分計で必要だった BG 計測・標準計測を必要としない。

サイズの概略は W 200 mm × L 150 mm × H 90 mm で、質量 1.5kg 以内を想定しており、従来の透過型 RI 密度水分計と比較して取扱いが容易となる。その他に GNSS による測定時の位置情報取得機能の搭載を予定しており、測定の省力化、効率化を目指す。

4. まとめと展望

本測定器での測定状況として想定される転圧前の状態又は転圧後の状態においては、締固めの状態は一定の範囲内にあると推察される。そのため、上記のように締固めの状態に合わせた複数の校正式を作成することで、密度差による変化を考慮して含水比を測定することができると考えられる。

今後は、締固め状態を定量化した上での状態別の高精度な校正式の作成、土質材料毎の補正方法等を検討し、実用化に向けて測定精度の向上を図っていく。特に高含水比材料に対する測定精度の改善が課題である。また試作器による現場実証実験も予定している。さらにクラウドへの測定データの自動送信等データの出力方法についても検討を行い、更なる省力化、効率化を目指した測定器の開発を行っていく。

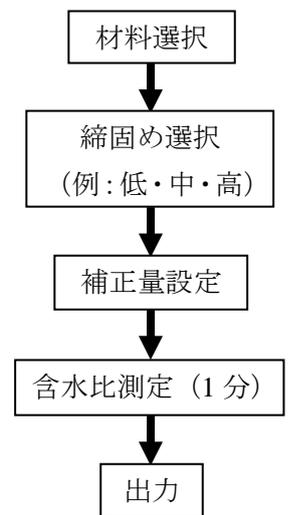


図-5 簡易含水比測定器測定フロー

参考文献

- 1) 千葉力, 大村啓介, 池永太一, 塩見篤志: 自動現場密度試験ロボット開発のための改良散乱型RI試験機評価, 土木学会第72回年次学術講演会, VI-700, pp.1399-1400. 2017
- 2) 谷口龍, 池永太一, 桑田岳治, 中村洋丈: 散乱型RI水分計を用いた含水比推定手法の検討, 第54回地盤工学研究発表会, 2019.7