

# 散乱型 RI 水分計を用いた移動式含水比測定手法の検討

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 ○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 日下 寛彦, 中島 康介

## 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 土工が推進されている。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では、施工前に目視や含水比測定による土質材料の確認が必要とされており、RI (Radio Isotope) 法を用いた、より省力かつ迅速な含水比測定技術の確立が期待されている。

筆者らは削孔作業が不要な散乱型方式 (以下、散乱型) に着目し、これまでに散乱型 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きた<sup>1)2)3)</sup>。本稿ではこの技術を応用した移動式 RI 測定手法 (以下、移動式) の検討結果について述べる。

## 2. 移動式 RI 測定手法の概要

RI 測定器として一般的な透過型方式 (以下、透過型) は、事前に削孔した孔に線源が封入された鋼棒を挿入し、地中を透過して地表に到達する放射線を測定する。一方で散乱型は線源を地表に配置し、地中で散乱して返ってくる放射線を測定する。散乱型 RI 密度計は地表面から測定器底面までの離間距離 (クリアランス) による影響を受け誤差を生じやすいが、散乱型 RI 水分計は比較的影響を受けにくいことが知られている<sup>4)</sup>。

そこで、削孔が不要かつクリアランスによる測定結果への影響が少ないという特性を利用した移動式の測定機構 (写真-1) を考案した。線源を含む散乱型 RI 水分計を盛土表面から浮上させた状態で測定を行うことで、移動しながら連続的・面的に含水比を測定することが可能となる。

図-1 に移動式 (散乱型) の概要図を示す。散乱型 RI 水分計はクリアランスが約 10mm になるよう台車に固定している。ここでいうクリアランスは、台車車輪の接地点を結ぶ平面から測定器底面までの距離を指す。

## 3. 実験概要

移動式の精度検証のため鳥取県日野郡江府町にて現場実験を行った。実験では 2 種類の材料 (破砕材、トンネルずり) をそれぞれ 2 種類の含水比状態 (自然含水状態と散水した加水状態) で分け、図-2 に示すような A~D の合計 4 ヤードを 10 m ずつ並べて造成した。移動式は転圧終了後に約 0.5 km/h で台車を手で押しながら往復し、連続的に測定を行った。

測定精度検証のため炉乾燥含水比試験のための試料採取、透過型による定点測定、移動式と同じ測定器を用いた散乱型による定点測定を、それぞれ移動式の測定経路上の代表点で行い、比較検証に用いた。透過型と散乱型の定点測定は各ヤード 5 点、炉乾燥含水比試験は各ヤード 1 点で行っている。

移動式及び散乱型 (定点測定) の含水比算出手法は、散乱型 RI 水分計による簡易含水比測定手法の確立<sup>3)</sup>の手法 1 を採用した。含水比の換算式を式(1)、式(2)に示す。

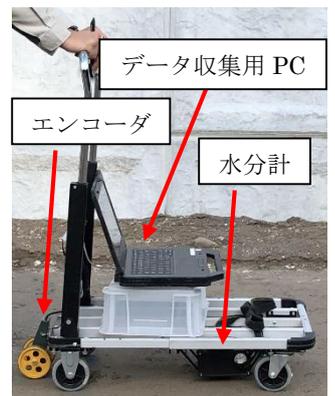


写真-1 移動式外観

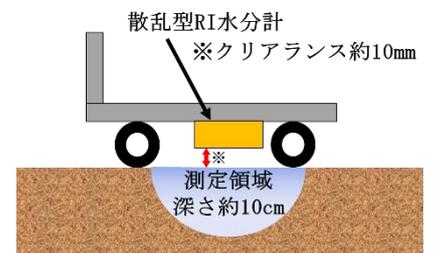


図-1 移動式(散乱型)の概要図

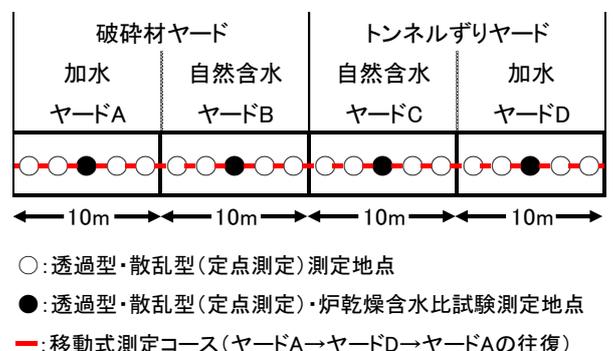


図-2 実験ヤード概略図

キーワード 散乱型 RI, i-Construction, 含水比, 非破壊, 品質管理, 自動化

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

$$R_m = \frac{N_m}{S_m} \quad (1)$$

$$w = \frac{\ln(R_m/A)}{B} + \alpha \quad (2)$$

$R_m$  : 水分計計数率比  $w$  : 含水比 (%)

$N_m$  : 水分計現場計数率 (cpm)  $A, B$  : 校正定数

$S_m$  : 水分計標準計数率 (cpm)  $\alpha$  : 補正值 (%)

移動式及び散乱型（定点測定）の補正值は、炉乾燥含水比試験の結果を基準値として材料毎にそれぞれ設定した。補正值を表-1に示す。移動式はクリアランスの影響で補正值が大きくなっている。

#### 4. 結果と考察

実験の測定結果を図-3に示す。横軸は測定開始位置からの距離を示している。約0.5 km/hで移動しながらの測定のため、定点測定と比較して地点毎の測定時間は短い。各ヤードの含水比の状態を概ね捉えて測定できていることが確認できる。

移動式により測定した含水比と透過型の測定結果の相関を図-4に、散乱型の定点測定と透過型の測定結果の相関を図-5に示す。相関図における移動式の測定値は、透過型の測定点を中心とした1m分の区間平均値を用いた。各相関図の灰色の破線は散乱型 RI 水分計の目標精度である含水比の相対誤差10%の範囲を示している。

移動式でも概ね相対誤差10%以内に収まっているが、散乱型（定点測定）と比べて相関の傾きがずれている様子が分かる。傾きがずれた要因として移動式の放射線計数率が散乱型の定点測定に比べて8~9割に減少していることが挙げられる。これはクリアランスの影響によるものであり、今回は補正值によって計数率の減少を考慮したが、校正定数を移動式用に調整することにより傾きが是正され精度が向上する可能性がある。

#### 5. まとめと展望

散乱型 RI 水分計の含水比測定技術を用いた移動式の測定により、含水比の面的な連続データを得ることができている可能性が示された。移動式の技術が確立されると、より効率的で連続的な含水比データの測定が可能になり、転圧重機への搭載などによる品質管理の自動化への活用も期待できる。

課題としては高含水材料への適用可能性の検討、移動速度や移動式用の校正定数の検討を含む精度検証などが挙げられる。今後もデータを蓄積しながら移動式測定の実用化に向けて引き続き検討を継続していく。

#### 参考文献

- 1) 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
- 2) 桑田岳治, 池永太一, 谷口 龍, 中村洋丈 : 散乱型RI水分計を用いた簡易含水比測定器の開発, 土木学会第74回年次学術講演会, 2019.9
- 3) 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
- 4) 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

表-1 移動式・散乱型（定点測定）の補正值

ヤード	補正值	
	移動式	散乱型(定点測定)
破砕材ヤード(A, B)	2.4	0.7
トンネルずりヤード(C, D)	2.7	1.5

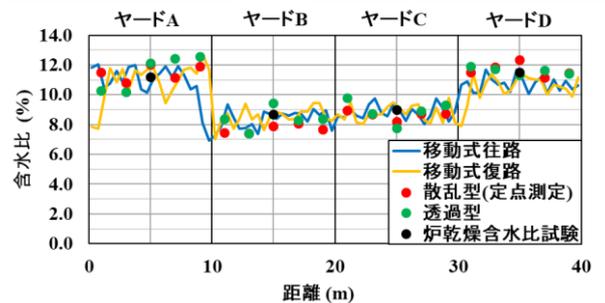


図-3 地点毎の含水比データ

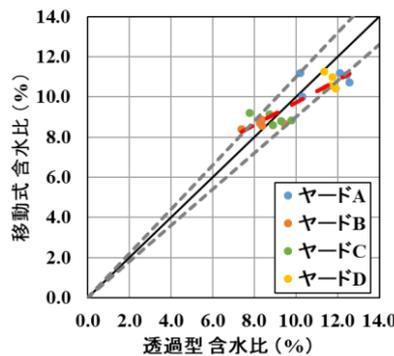


図-4 移動式と透過型の含水比相関図

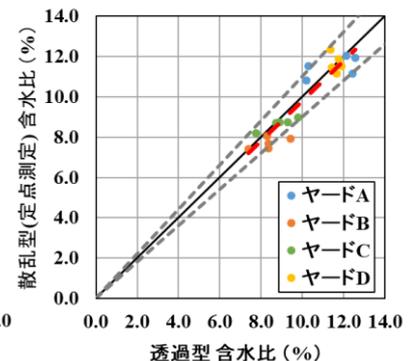


図-5 散乱型(定点測定)と透過型の含水比相関図