

自走式散乱型 RI ロボットの開発とその測定精度に関する検討

(株)大林組 正会員 ○松崎 晃 正会員 古屋 弘 正会員 稲川 雄宣
前田建設工業(株) フェロー会員 石黒 健 正会員 平田 昌史
ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 谷口 龍

1. はじめに

近年、労働人口の減少を背景に国土交通省は i-Construction を推進しており、土工事でも ICT を活用した新技術の導入が検討されている。筆者らは、土工事における効率のかつ面的な締めめ品質管理を目的として自走ロボットに散乱型方式の RI 水分計（以下、散乱型 RI と称す）を搭載した自動走行式散乱型 RI 水分計（以下、自走式散乱型 RI）の開発を行っている¹⁾。散乱型 RI は測定器底面から測定地盤までに離間距離（以下、クリアランスと称す）があると測定精度が低下することが知られており²⁾、走行速度によっても測定精度が低下することが懸念される。本報告では、自走式散乱型 RI の測定精度確保を目的に、散乱型 RI の測定精度に及ぼすクリアランスおよび移動速度の影響について検討した結果について述べる。

2. 実験概要

実験はL2.0m×W1.0 m×H0.4mの土槽を用いて行った。実験用地盤は、岐阜珪砂6号と黒ボク土を目標含水比 $w=20, 30, 40\%$ となるように混合し、それぞれ締めめ度90%となるように作製した。散乱型RIの測定精度に及ぼすクリアランスの影響に関する検討（検討1）では、写真-1に示すように散乱型RIと測定対象地盤のクリアランスを0mm~30mmまで3mmごとに変化させ測定を行った。

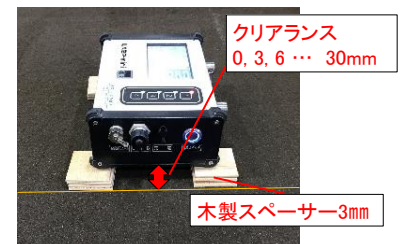


写真-1 実験状況(検討1)

測定終了後、測定箇所の土を採取し、炉乾燥法により含水比の測定を行った。散乱型RIによる測定は、サンプリング速度1Hzで1分間測定を行った。移動速度の影響に関する検討（検討2）では、検討1で使用した散乱型RIを写真-2に示す自走ロボットに搭載し、速度3.8, 5.0, 7.5, 10.0cm/sで直進走行させ、それぞれサンプリング速度1Hzで測定を行った。自走ロボットの散乱型RI搭載部にレーザー距離計を2個設置し、測定距離の平均値をクリアランス値とした。なお、含水比 w の算出にあたっては既往の文献¹⁾を基に、式(1)により算出した。

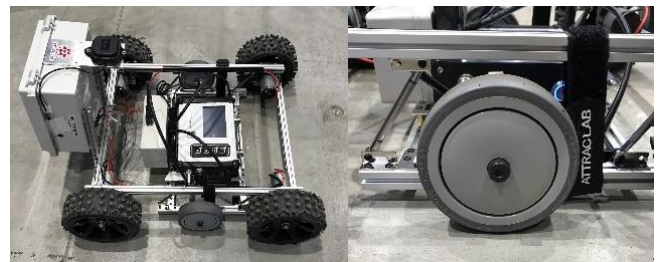


写真-2 自走ロボット概観図

△ $w=20\%$ 地盤RI ◆ $w=20\%$ 地盤RI(補正後) 炉乾燥法含水比($w=19.5\%$)
△ $w=30\%$ 地盤RI ◆ $w=30\%$ 地盤RI(補正後) 炉乾燥法含水比($w=28.0\%$)
△ $w=40\%$ 地盤RI ◆ $w=40\%$ 地盤RI(補正後) 炉乾燥法含水比($w=40.1\%$)

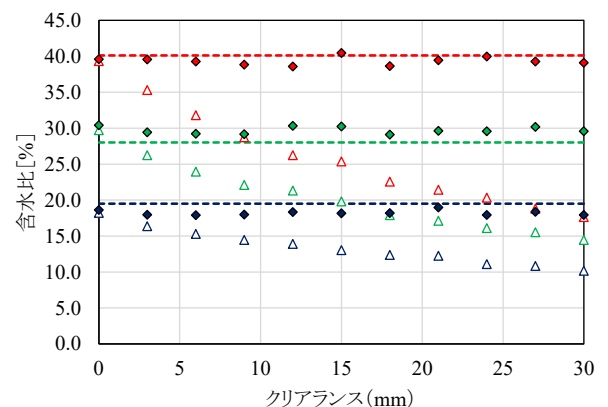


図-1 クリアランスの影響

3. 散乱型 RI の測定精度に及ぼすクリアランスの影響（検討1）

実験により得られた計測含水比、補正後の含水比とクリアランスの関係を図-1に示す。図中には炉乾燥法により得られた含水比を破線により併せて示している。散乱型RIで得られた計測含水比に着目すると、全ての地盤でクリアランスの増加に伴い、測定される含水比が減少していることが分かる。これはクリアランスの増加に伴い検出できる熱中性子の数が減少することが原因であると考えられる。

キーワード 含水比、散乱型 RI 水分計、クリアランス、移動速度、自走式散乱型 RI ロボット

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 株式会社大林組 技術研究所 TEL042-495-1015

クリアランス n mm での計数率比の補正率 r (式 (2)) を定義し、それぞれのクリアランスに対する補正率 r を算出した。得られた補正率 r とクリアランスの関係を図-2 に示す。クリアランスと補正率には正の相関があることが分かる (式 (3))。この結果より各地盤の単回帰直線から、クリアランス n mm での補正率 r_n を各地盤で算出し、式 (4) から補正計数率比を算定することで補正含水比を算出した。図-1 より補正後の含水比は一定となり、炉乾燥法による含水比に対して相対誤差 10%以下となった。

$$r = (R_{m0} - R_{mn}) / R_{mn} * 100 \quad (2)$$

$$r_n = a n + b \quad (3)$$

$$R_m = R_{mn} (1 + r_n / 100) \quad (4)$$

ここで、 R_{mn} : クリアランスが n mm の時の補正計数率比、 R_{m0} : クリアランスが 0 mm の時の計数率比、 r : 補正率、 r_n : クリアランスが n mm の時の補正率

4. 散乱型 RI の測定精度に及ぼす移動速度の影響 (検討 2)

検討 1 において得られた補正式により散乱型 RI 測定に及ぼすクリアランスの影響を排除し、移動速度による影響について検討を行った。また散乱型 RI は自走ロボット部材に含まれる水素原子に起因する熱中性子の影響を受ける。検討に先立ちコンクリート上で自走ロボットに散乱型 RI を搭載した状態と散乱型 RI のみを静置した状態で測定を行った。両測定の計数率比を比較することで自走ロボットへの搭載に起因する計数率比への影響を算定し、各測定の計数率比から減じて含水比を算出した。各走行速度における移動距離 50cm あたりの含水比及びその平均値を図-3 に示す。図中には破線により炉乾燥法により計測した含水比を併せて示している。移動速度に関わらず炉乾燥法によって得られた含水比よりも、測定される含水比が最大で 5%程度高いことが分かる。これは散乱型 RI を自走ロボット搭載したことが主な要因であると考えられるが、引き続き検討が必要である。各地盤で得られた含水比と炉乾燥法による含水比の相対誤差を図-4 に示す。移動速度 3.8, 5.0cm/s では相対誤差が最大で 6%程度、移動速度 7.5, 10.0cm/s では最大で 22%, 13%となった。以上より自走ロボットに散乱型 RI を搭載して測定を行う場合は、移動速度を 5cm/s 以下にすることで、相対誤差の低減が可能であることが確認された。

5. まとめ

自走式散乱型 RI の測定精度確保を目的として、散乱型 RI の測定精度に及ぼすクリアランスおよび移動速度の影響について検討した。クリアランスに関する検討では、計数率比を補正率によって割り増すことで散乱型 RI の測定精度を確保した。また散乱型 RI を自走ロボットに搭載して測定を行う場合、移動速度を 5cm 以下で計測を行うことにより、相対誤差の低減が可能であることが分かった。

参考文献

- 1) 谷口龍, 池永太一, 稲川雄宣, 森俊行: 自動走式散乱型 RI 水分計による含水比の面的測定, 土木学会第76回年次学術講演会, VI690, 2021.7
- 2) 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

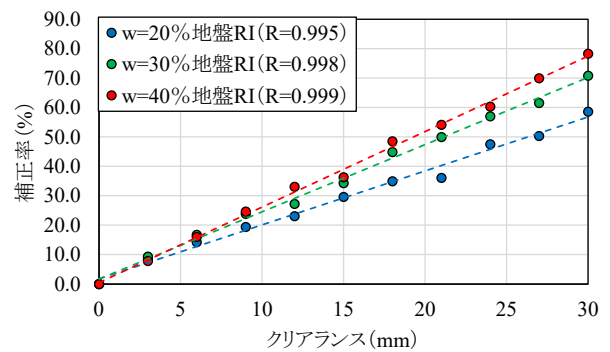


図-2 クリアランスに対する補正率の関係

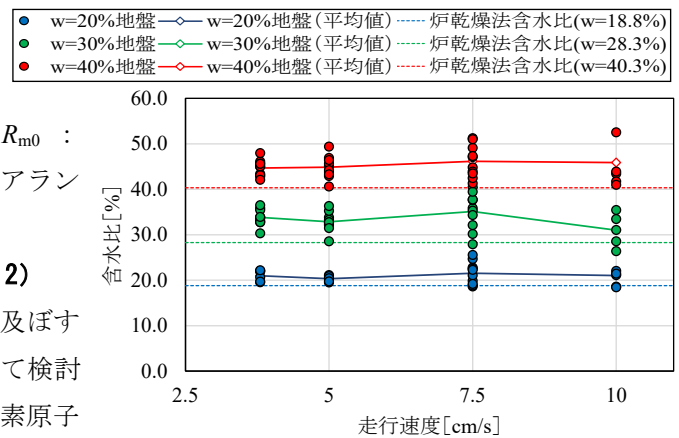


図-3 散乱型 RI の精度に及ぼす移動速度の影響

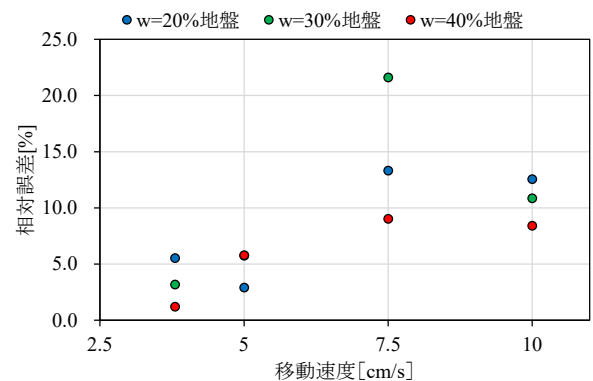


図-4 移動速度と相対誤差の関係