

透過型 RI 試験の自動計測に向けた計測方法の検討

(株)竹中土木 正会員 ○川田 竜輔, 千葉 力

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 中野 雄貴

1. はじめに

盛土工事の管理項目の一つである現場密度試験では、RI 法が多く使用されている。RI 法は、複数点を計測することにより、面的な管理が可能である。一方で写真-1 に示すような鉄ピンで孔をあける作業を 1 試験につき複数回行う必要があり、多大な労力を要する。そこで、著者ら



写真-1 (左)鉄ピン打込み状況 (右)測定器 (ANDES) での計測

は、RI 試験を省力化・省人化させるために RI 試験を自動で実施するロボット開発を行ってきた。従来の試験方法では、鉄ピンと線源棒はほぼ同径であり(図-1)、線源棒を計測孔に挿入するためには、孔壁が平滑な状態で、なおかつ、孔の鉛直精度を高くする必要がある。また、孔壁のわずかな傾斜等を考慮しながら孔壁を崩すことなく、線源棒を挿入する繊細な動きも必要となる。これを同様の条件で自動化するのは非常に困難であり、ロボットによる自動計測を実現するためには、孔径、孔長を拡大する等の削孔形状を変更する必要がある。

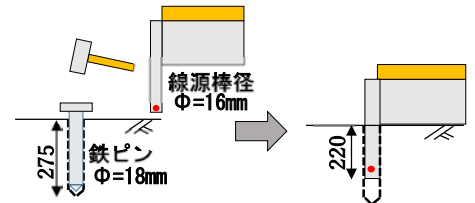


図-1 従来の透過型 RI 試験方法

そこで、本報告では、計測孔の孔径、孔長が透過型 RI 試験結果へ及ぼす影響を調査するための室内計測試験及び実現場における計測試験の結果について報告する。

2. 1. 試験概要

透過型 RI 試験において計測孔の孔径及び、孔長を変化させ、その影響を検証した。まず、定量的な評価をするために密度が均一な ABS 樹脂(密度約 1.0g/cm^3)、土質試料の順で室内計測試験を行った。その後、室内計測試験の結果から条件を選定し、実際の計測環境を模擬した現場計測試験を実施した。なお、計測には、ソイルアンドロック社製の ANDES を使用した。また、計測結果を評価する規格値として、従来試験方法の計測結果を基準とし、基準値の $\pm 3\%$ 以下(NEXCO 総研における較正・検定作業の規格²⁾)として検証を行った。

2. 2. 室内計測試験(ABS 樹脂)

図-2 で示すように供試体の外寸は、 $W630 \times B630 \times H300\text{mm}$ で、計測孔を模擬した部材(写真-2)を後から挿入できるように孔をあけた。試験条件を表-1 に示す。孔径 Φ は鉄ピンであけた孔とほぼ同等の 20mm を基準とし、 $20, 25, 30, 40, 50\text{mm}$ の 5 ケースとした。また、孔長は、線源棒の挿入深さ(220mm)、鉄ピン長(275mm)、 300mm の 3 ケースとした。線源棒挿入位置を図-3 に示す。線源棒挿入位置は、線源棒と孔壁との離隔が及ぼす影響を検証するために、孔壁に接するまで手前とした状態、孔中央の 2 ケースについて検証を行った。

室内計測試験の結果を図-4 に示す。孔径 $\Phi=20 \sim 30\text{mm}$ の範囲において線源棒挿入位置を手前とすることで、湿潤密度 ρ_w 、等価含水量 ρ_m もともに規格

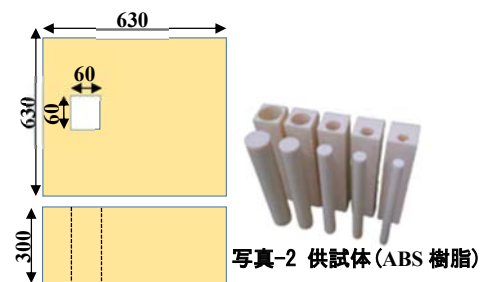


図-2 供試体寸法

写真-2 供試体 (ABS 樹脂)

表-1 室内計測試験(ABS 樹脂)試験条件

項目	特記
孔径 Φ (mm)	20,25,30,40,50
孔長 L (mm)	220,275,300
線源棒挿入位置	孔の手前、中心

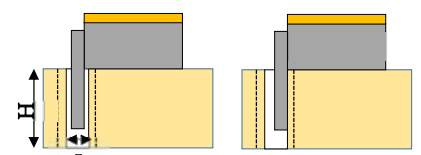


図-3 線源棒挿入位置(左:中央、右:手前)

キーワード 透過型 RI 試験, 現場密度試験, 省人化・省力化

連絡先 〒270-1356 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株)竹中土木 竹中技術研究所 TEL 0476-47-1700

値を満足する結果となった。また、孔長は計測結果に影響がないことを確認できた。

2.3. 室内計測試験(土質試料)

孔長 L は 2.2 で前述した通り、影響が見られなかったことから従来の試験方法と同じ 275 mm とした。また、孔径 Φ は規格値を満足した線源棒の挿入位置が手前の 20, 25, 30mm の 3 ケースとし、土質試料は、真砂土、関東ロームの 2 ケースで実施した。

室内計測試験の結果を図-5 に示す。土質試料を用いた室内計測試験においても、ABS 樹脂と同様に線源棒挿入位置が手前の孔径 $\Phi=20 \sim 30$ mm の範囲で規格値を満足する結果となった。

2.4. 現場計測試験

試験条件は室内計測試験で規格値を満足した条件の中から、ハンマードリルでの削孔や線源棒の挿入等の施工性を考慮し、孔径 $\Phi=25$ mm, 孔長 $L=275$ mm, 線源棒挿入位置は手前とし、土質試料は砂質土(山砂, 真砂土)の 2 ケースとした。試験ヤードは、層厚 10cm で土質試料の敷き均し・締めめを行い、40cm 厚の地盤を整形し、従来の透過型 RI 試験を行った。試験後、同じ孔に $\Phi=25$ mm のハンマードリルで削孔を行い、孔径を拡大させ、計測を行った(図-6)。

現場計測試験の結果を図-7 に示す。すべての計測結果で湿潤密度 ρ_t 及び透過含水量 ρ_m は規格値を満足しており、従来の透過型 RI 試験と相関がとれている。この結果より、室内計測試験と同様に現場計測試験においても孔径 $\Phi=25$ mm とした場合、線源棒挿入位置を手前とすることで従来試験方法と同等の精度を得られることが確認できた。

3. おわりに

削孔径を拡張した透過型 RI 試験方法を実施した結果、従来方法と同等の精度が確認できた。今後は、今回得られた知見を基に透過型 RI 試験の全自動化へ向けた開発を進めていく。

参考文献

- 1) 千葉 力, 大村 啓介, 千葉 俊二, 池永 太一, 桑田 岳治: 透過型 RI 台車の性能検証, 土木学会第 75 回年次学術講演会, VI-1132. 2020
- 2) 高速道路総合技術研究所: 土木施工管理要領, 令和 2 年 7 月 参-3

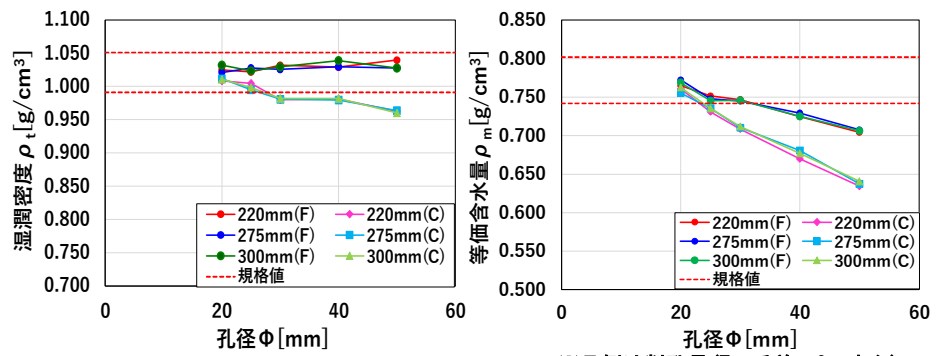


図-4 室内計測試験結果 (ABS 樹脂)

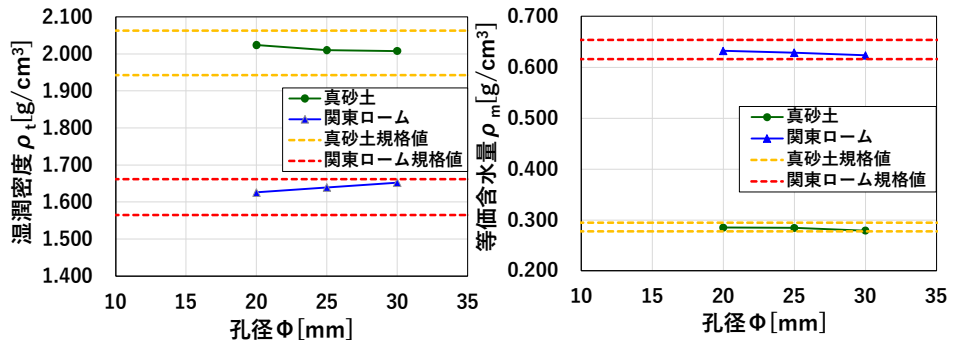


図-5 室内計測試験結果 (土質試料)

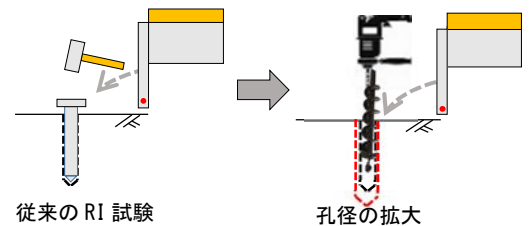


図-6 現場計測試験手順

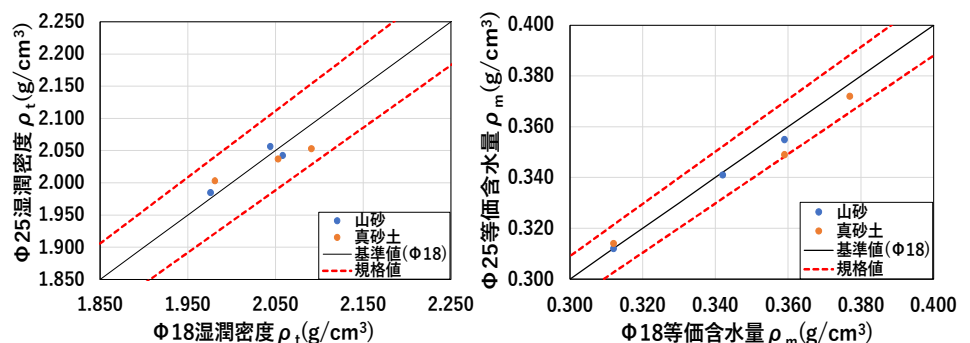


図-7 現場計測試験結果