

自動 RI 試験台車の計測精度検証

(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

盛土工事の品質管理項目の一つである現場密度試験では、RI 法が広く用いられている。RI 法は、1 試験に複数点の計測を行うため面的な管理が可能である。一方、計測時には写真-1 に示す鋼棒を打込んで計測孔を空ける作業を伴うため、多大な労力を要する。そこで、著者らは RI 試験の自動化に向けたロボット開発を行ってきた¹⁾。これまでに人力試験と同様に鋼棒を打込み、計測孔を空け、計測を行う自動 RI 試験台車を製作した。しかし、削孔に要する時間が長く、試験時間が人力試験よりも長くなる問題が生じた。1 日に同じ箇所で複数層の盛土を行う場合、RI 試験の計測時間が次層の施工開始の待ち時間となるため、試験時間を短縮する必要がある。そこで、試験時間を短縮するため、ドリル式の自動 RI 試験台車の製作を行った。

本報告では、ドリル式の自動 RI 試験台車の計測精度実験結果について報告する。

2. 自動 RI 試験台車概要

人力試験は、鋼棒を計測面に打込み、計測孔($\Phi=18\text{mm}$)を空け、線源棒($\Phi=16\text{mm}$)を計測孔へ挿入し、計測を行う(図-1)。同条件で試験を行うと、線源棒と計測孔がほぼ同径で余裕が無く、計測孔の曲がりや計測面の僅かな荒れにより、線源棒と孔壁に引っかかりが生じる。人力であれば柔軟に対処し、線源棒を挿入することが可能だが、機械にその動きをさせるのは困難である。そこで、著者らは線源棒の挿入を容易にするため、計測孔を大きくし、計測精度が確保できる方法について検討を行ってきた²⁾。その結果、計測孔径を $\Phi=25\text{mm}$ とし、線源棒を孔壁手前に密着させ、計測することで計測精度が確保できることを確認した(図-2)。そこで、この要件を満足するドリル式の自動 RI 試験台車を製作した(図-3)。自動 RI 試験台車の計測フローを図-4 に示す。まず、ハンマードリルで削孔し、 $\Phi=25\text{mm}$ の計測孔を空け、計測孔に線源棒を挿入する。そして、RI 試験器を接地させた後、線源棒を孔壁手前側に密着させ、計測を行う。なお、使用する RI 試験器は、ソイルアンドロック社製の ANDES とする。



写真-1 RI 試験状況



図-1 人力での試験方法

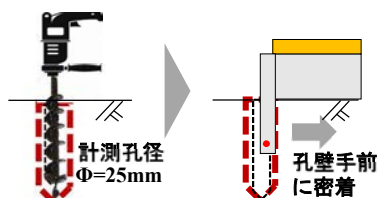


図-2 開発試験方法

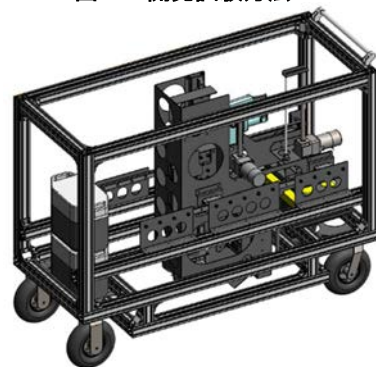


図-3 自動 RI 試験台車

3. 自動 RI 試験台車の精度検証実験

3-1. 実験概要

実験ヤードとして真砂土、山砂を用いて2種類の試験盤を整備した。実験は、まず、人力試験(計測孔径 $\Phi=18\text{mm}$)を試験盤で行った。次に、人

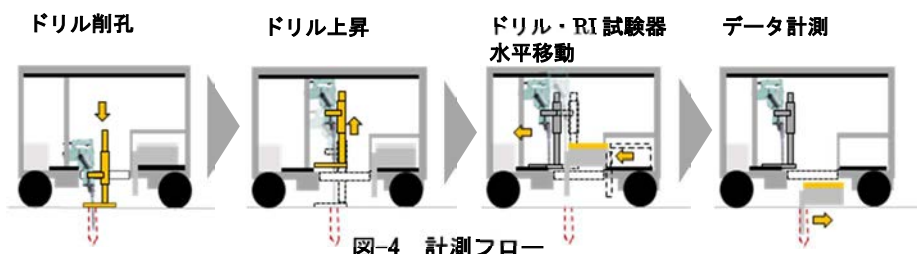


図-4 計測フロー

力試験と自動 RI 試験台車の計測結果を比較するため、人力試験で空けた計測孔を自動 RI 試験台車のドリル削孔で拡径し、同一箇所で計測を行った(図-5)。なお、本実験の計測精度の目標は、従来の人力試験(計測孔径 $\Phi=18\text{mm}$)の計測結果を基準値として、基準値の $\pm 3\%$ 以下(NEXCO 総研の RI 試験器の較正・検定作業の基準に準拠した値³⁾)とした。また、RI 試験台車での試験時間を計測し、人力試験に掛かる時間と比較した。

キーワード 透過型 RI 試験, 現場密度試験, 省人化

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

3-2. 実験結果

実験結果を図-6に示す。グラフの横軸には人力試験での計測結果、縦軸には自動 RI 試験台車での計測結果を示す。湿潤密度 ρ_t は目標の範囲内に収まっていることが確認できた。一方、等価含水量 ρ_m は基準線とほぼ同じ傾きではあるものの目標の範囲よりも一律に低くなった。過去の研究では線源棒と RI 試験器の間に空隙があると湿潤密度 ρ_t 、等価含水量 ρ_m ともに計測値が低くなることが確認されており、特に等価含水量 ρ_m がその影響が顕著であることが分かっている²⁾。そこで、実験時の線源棒と RI 試験器の間の空隙の有無を調査したところ、線源棒は孔壁手前側に密着していたが、RI 試験器と計測面の間に空隙が確認された。この

空隙が生じた原因は、RI 試験器が自動 RI 試験台車に平行に拘束されており、計測時に自動 RI 試験台車と計測面が平行な状態になっていないことであった(図-7)。そこで、自動 RI 試験台車で線源棒を孔壁手前に密着させた後、RI 試験器の拘束を外すことで、計測面に自重で接地させ、計測面と RI 試験器が平行な状態で計測を行った(写真-2)。その結果、湿潤密度 ρ_t 、等価含水量 ρ_m ともに目標の範囲に収まり、人力試験と同等の計測精度が確保できることが確認できた(図-8)。

自動 RI 試験台車での削孔から計測までの一連の試験時間は、人力試験とほぼ同等であった。

4. おわりに

RI 試験において、計測時に線源棒と RI 試験器の間の空隙を無くすることが計測精度を確保するための重要な要素であり、ドリル式の自動 RI 試験台車では計測時に RI 試験器を自重で接地させることで計測精度が確保できることを確認した。今後は、本実験で得られた知見を活かして、RI 試験の全自動化を目指す。

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) 川田 竜輔, 千葉 力, 中野 雄貴: 透過型 RI 試験の自動計測に向けた計測方法の検討, 土木学会第 77 回年次学術講演会, VI- 989.2022
- 3) 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

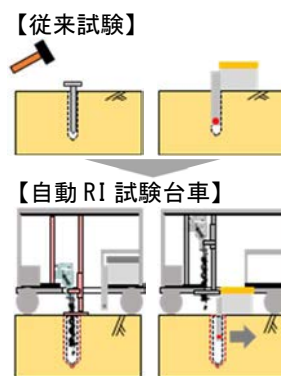


図-5 実験方法

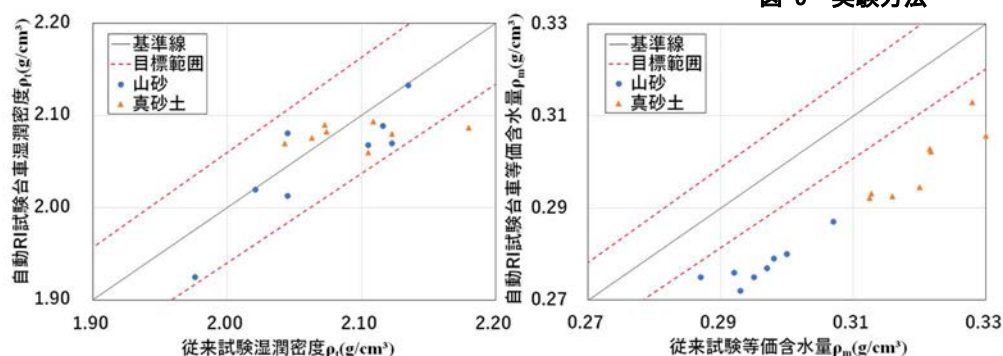


図-6 実験結果

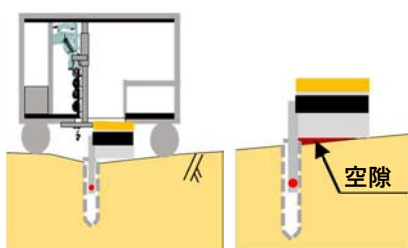


図-7 計測面の空隙による影響



写真-2 計測状況(固定治具取外し)

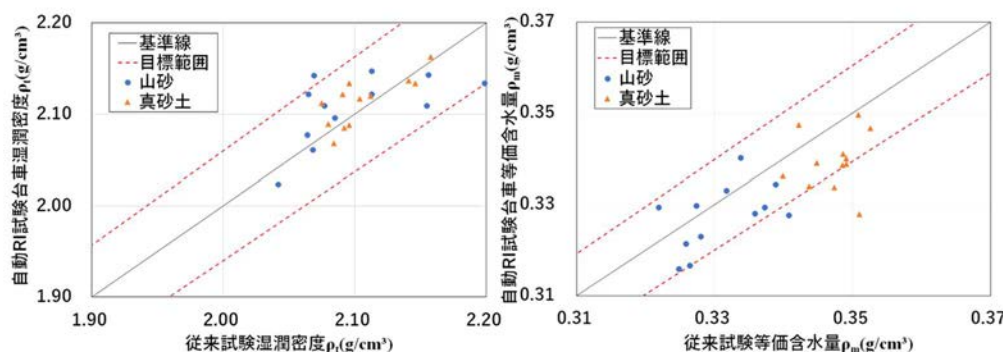


図-8 実験結果(固定治具無し)