

RI 測定器を用いたシールドチャンバー内土砂の空気量測定手法の検討（その2）

(株)大林組 正会員 ○武田 厚

(株)立花マテリアル 富田正文

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 桑田岳治

1. はじめに

気泡シールド工法は、掘削土砂に気泡を混合して塑性流動性を確保したうえで、チャンバー内圧力を保持することで切羽の安定性を確保している。ただし、地盤の透水係数が高い場合やボーリング調査孔跡が掘削断面の近傍にある場合には、添加した気泡が周辺地山や地表面に漏出することがある。気泡が漏出すると掘削土砂の流動性が保持できないばかりでなく、地表面へ漏出した場合には円滑な工事進行の妨げとなることもある。このため、切羽へ添加した気泡が漏出することなく掘削土砂に混合されていることを確認するために、加圧条件下にあるチャンバー内土砂の気泡混合量（空気量）測定手法の確立が課題となっている。

こうした中、筆者らは、チャンバー内土砂の湿潤密度と含水量を直接計測し、その結果から気泡混合土の空気量を算定する目的で、RI 計測装置による計測技術の開発を行っている¹⁾。本稿では、実機での計測試験に先立って実機取り付け条件を再現した装置を作製し、RI 計測装置の計測性能を確認するとともに、実機計測へ向けた校正式の作成を目的に実施した室内試験の結果について報告する。

2. 実験概要

RI 測定器としては、透過型のガンマ線密度計と散乱型の中性子水分計を使用し、これら装置をシールド機の隔壁部に設置する計画である。これら装置の実機取り付け計画を図-1 に示す。昨年までの試験結果から¹⁾、ガンマ線密度計の線源部と検出部は直角位置に配置し、相互の離隔として 200～300mm 程度の斜距離を確保する配置とした。この時、検出部は隔壁面からチャンバー内へ張り出し配置するため、隔壁に筒状金具を設置したうえで棒状の検出部を格納するものとした。また、各装置取り付け部の鋼板厚は、線源部を 25mm、検出部を 22mm とし、鋼材種類としては SS400 材を使用するものとした。中性子水分計については、ガンマ線線源と同様に 25mm 厚の鋼板に設置するものとした。これら実機への取り付け条件を再現した試験装置を写真-1 に示す。

試験対象試料には、粒径分布の異なる三種類の模擬土（粘性土、砂質土、礫質土）を使用し、気泡量を 5～35% の範囲で調整したうえで写真-1 に示す試験装置内へ投入した。それら各々の気泡混合土に対して、RI 計測装置で湿潤密度と含水量を計測し、その結果から空気量を算定した。なお、

RI 計測結果の評価を目的に、湿潤密度は単位容積容器を用いた質量計測（以下「実測湿潤密度」と称す）、含水量については赤外線水分計による計測（以下「実測含水量」と称す）をあわせて実施した。

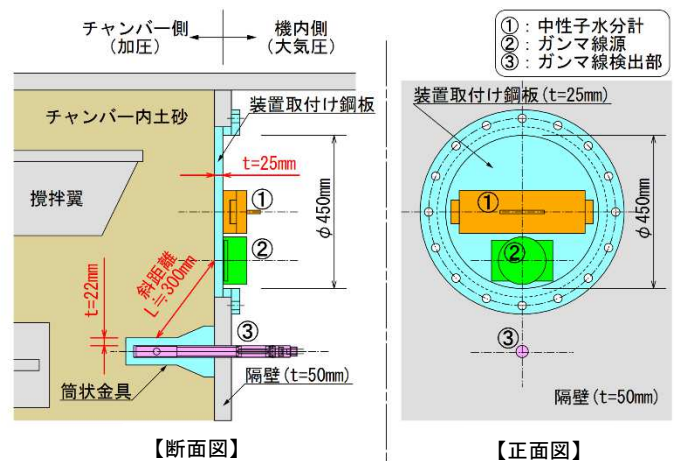
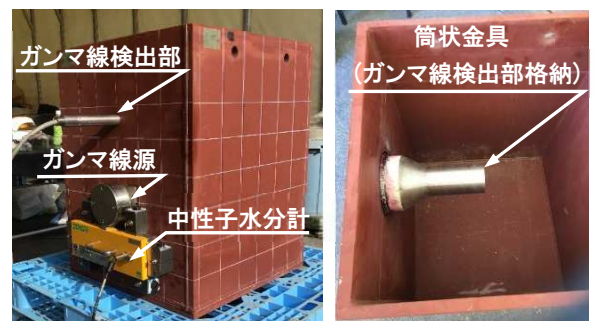


図-1 RI 計測装置の実機取り付け計画



【正面より撮影】

【上方より撮影】

写真-1 試験装置

キーワード 加圧条件下、チャンバー内、空気量、RI 計測、ガンマ線密度計、中性子水分計

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 株式会社大林組生産技術本部シールド技術部 TEL 03-5769-1318

3. 実験結果と考察

試験装置内に投入した土砂の計測結果のうち、実測湿潤密度とガンマ線密度計の計測結果（放射線計数率比）との関係を図-2に、実測含水量と中性子水分計の計測結果（放射線計数率比）との関係を図-3にそれぞれ示す。これらいずれの場合も、両者の関係は特定の校正式で近似することが可能であり、非常に高い相関性を確認できた。次に、これら校正式から計算される RI 装置による計測結果と実測結果とを比較するため、実測湿潤密度と RI 計測による湿潤密度との関係を図-4

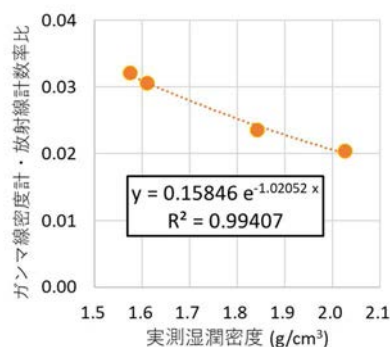


図-2 実測湿潤密度と密度計計測結果

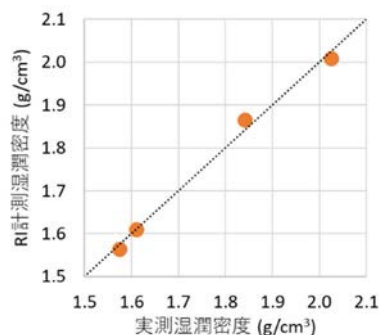


図-4 実測湿潤密度と RI 計測湿潤密度

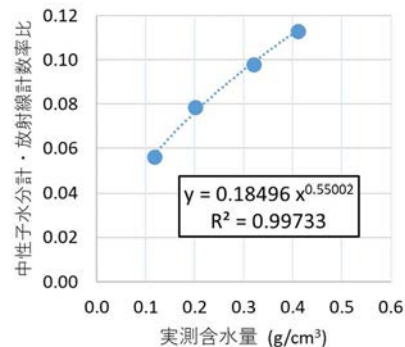


図-3 実測含水量と水分計計測結果

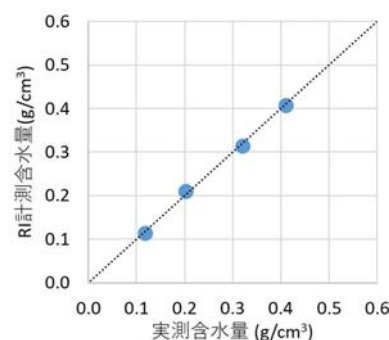


図-5 実測含水量と RI 計測含水量

に、実測含水量と RI 計測による含水量との関係を図-5にそれぞれ示す。実測値に対する RI 計測値の差分は、湿潤密度で $-0.015 \sim 0.025 \text{ g/cm}^3$ 、含水量で $-0.005 \sim 0.009 \text{ g/cm}^3$ の範囲に留まっており、高い精度での計測が可能であることを確認できた。さらに、これらから、実測結果にもとづく空気量算定結果（「実測空気量」と称す）と RI 計測結果にもとづく空気量算定結果（「RI 計測空気量」と称す）との関係を図-6に示す。ここで、空気量の算定は(1)式に示す理論式により行い、同式中の土粒子密度 (ρ_s) は 2.65 g/cm^3 を使用している。図-6の結果にも示される通り、計測方法の相違による空気量算定結果の差分は非常に小さく、空気量値で $\pm 0.8\%$ の範囲にあることを確認できた。

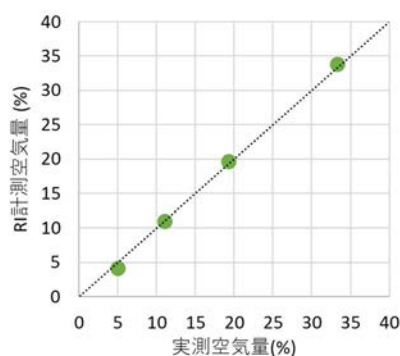


図-6 実測空気量と RI 計測空気量

$$\frac{V_a}{V} [\%] = (1 - \rho_m - \frac{\rho_t - \rho_m}{\rho_s}) \times 100 \quad (1) \text{式}$$

ここで、 V_a/V : 空気量(%) ρ_t : 湿潤密度 (g/cm^3)
 ρ_m : 含水量 (g/cm^3) ρ_s : 土粒子密度 (g/cm^3)

4. まとめ

実機取り付け条件を再現した RI 計測装置によって気泡混合土の湿潤密度と含水量を計測し、それらの結果から空気量の算定を行った。その結果、非常に高い精度で空気量の評価を行えることが確認できた。実施工においては、当該算定結果と実際の気泡添加量とを比較することで、気泡の漏出量を把握することができると考える。また、当該計測装置により、加圧条件下にあるチャンバー内気泡混合土砂の湿潤密度が計測可能となれば、従来よりも正確な掘削土量管理を実施できる可能性がある。すなわち、気泡シールド工法の掘削土量管理は、大気圧下のトンネル坑内に排出され、気泡の膨張作用により体積変化を生じた気泡混合土砂の体積や質量計測によって実施されるのが通常であった。当該装置による湿潤密度計測結果は、気泡の膨張作用による体積変化を排除しての掘削土量管理に活用することが期待できる。今後は、当該装置を実機に搭載することで、加圧条件下での計測データを収集・分析し、問題点の有無や評価結果の妥当性について検証を行う予定である。

参考文献

- 1) 桑田, 武田, 富田 : RI 測定器を用いたシールドチャンバー内土砂の空気量測定手法の検討, 土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会, 2022