

散乱型 RI 水分計を用いた地山含水比の計測実験

前田建設工業（株） 正会員 ○出口 資門 正会員 野本 康介
正会員 鶴巻 慎也 正会員 鈴木 大夢

1. はじめに

シールド工事において、掘削土量をリアルタイムで精度良く把握する手法の確立が望まれている。排土量から掘削土量を推定するためには、地山密度が必要となる。飽和地盤では密度は含水比から算定されることから、掘削土量の推定は使用する含水比の精度に左右される。このため、含水比を従来のボーリングデータによる離散的な土質調査の値ではなく、シールド掘進時に連続的に得られる値にすることが重要であると考えた。そのため、掘削部で含水比を計測することができる散乱型 RI 水分計を用い、シールド機内から地山の含水比をリアルタイムに計測する方法を考案し、実験を行いその計測性能を確認した。

2. 散乱型 RI 水分計について

RI には透過式と散乱式がある。透過式は線源と検出管で試料を挟み込み計測する。散乱式は線源と検出管が近接しており、線源から出て試料に衝突して散乱した放射線を計測する。シールド機から地山へ線源を突出させることは困難であるため、散乱型をシールド機内に設置して計測する方法を採用した。今回用いた散乱型 RI 水分計は図-

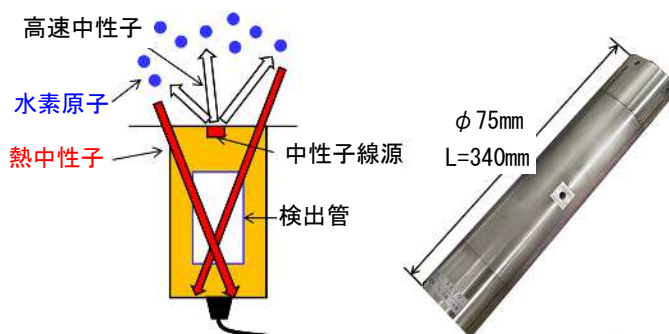


図-1 散乱型 RI 水分計の概念

図-2 今回開発した散乱型 RI 水分計

1に示すように、線源から高速中性子を発し、水素原子との衝突により変化して戻ってきた熱中性子の個数（以下、カウント数と呼ぶ）を計測するものである。カウント数は1分当たりの平均（cpm：count per minutes）で表す。図-2にシールド機内に装備できるように開発した小型の散乱型 RI 水分計を示す。

3. 散乱型 RI 水分計による計測実験

散乱型 RI 水分計は、近くからの散乱はカウント数を取得しやすいが、遠くからの散乱は微弱となる。そのため計測範囲は、遮蔽物がない状態でも数百 mm の近傍に限られる。そこで、遮蔽物としてシールド機のスキンプレートを挟んでも計測が可能か、可能であればその範囲はどの程度かを確認した。次に、含水比が既知な模擬地山を作製し、地山および余掘りをモデル化した計測を行った。

3.1 計測範囲の確認

実際のシールド機のスキンプレートを加工した厚さ 20mm の部分で、ゴム板をスキンプレートの直接当たったケースと、20mm の余掘りを想定したケースについて計測を行った（図-3）。ゴム板は散乱型 RI 水分計が反応する水素原子を多く含んでいる。厚さ 5mm/枚のゴム板を用い、10mm 間隔で厚さを変えて 80mm まで計測した。ゴム板が厚くなるにつれてカウント数が上昇するが、計測



図-3 ゴム板の計測状況

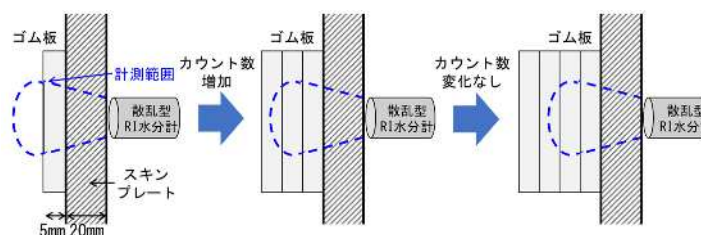


図-4 計測範囲の確認方法の概念

キーワード シールドトンネル、掘削土量、含水比、散乱型 RI 水分計、中性子

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 前田建設工業株式会社 TEL 03-3265-5551

できる厚さ以上になった場合には中性子が届かなくなる。そのゴム板の厚さを散乱型 RI 水分計の計測可能な範囲とした。計測の概念を図-4 に示す。

3.2 計測範囲の確認結果

カウント数の計測結果を図-5 に示す。グラフよりゴム板が厚くなるにつれてカウント数が上昇しており、スキンプレートの内側からでも計測が可能であることがわかった。カウント数の上昇が顕著でなくなる厚さを計測範囲の限界とすると、スキンプレートに直接ゴム板を当てたケースは 60mm、余掘りを想定したケースは 50mm であった。

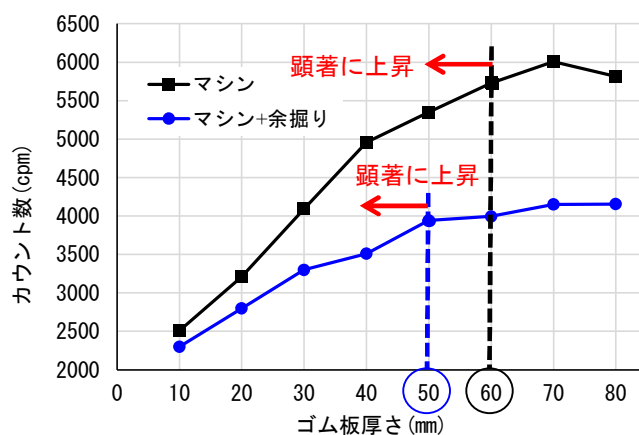


図-5 ゴム板の厚さとカウント数の計測結果

3.3 地山および余掘りをモデル化した計測

模擬した地山については、含水比を 5 ケース (5%, 16%, 23%, 32%, 41%) にて計測した。まず、スキンプレートに直接当ててカウント数を計測した。次に、スキンプレートと模擬地山の間の余掘りを栈木により 20mm に設定し、その余掘り部には空気または水を挟んだケースについて計測した。計測概要と計測状況を図-6, 7 に示す。

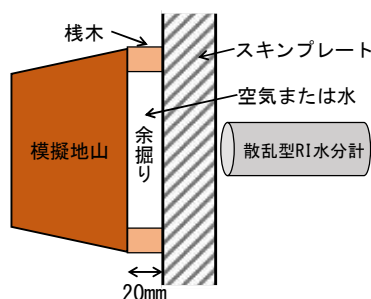


図-6 模擬地山の計測概要



図-7 模擬地盤の計測状況

3.4 地山および余掘りをモデル化した計測結果

カウント数の計測結果を図-8 に示す。各条件下において含水比に応じてカウント数が変化した。含水比が大きいとカウント数も上昇したが、含水比が大きくなるにつれ勾配は緩やかになり、直線的ではなく曲線的な関係となった。

このことから、散乱型 RI 水分計によりシールド機内から地山の含水比を計測可能であると考えられる。計測されたカウント数から地山の含水比を推定するにはカウント数と含水比の関係が正確に把握されていることが重要であり、曲線の形を精度よく求めるためには、今回の 5 パターンよりも細かく含水比を変え、多数のデータを基に最適な近似曲線を設定する必要がある。

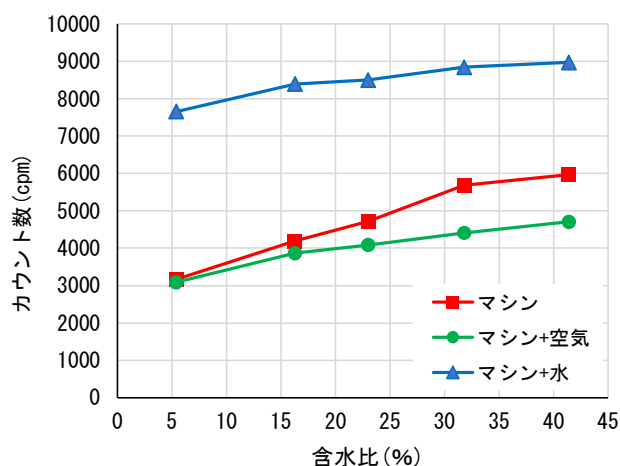


図-8 含水比とカウント数の計測結果

4. おわりに

今回の結果から、散乱型 RI 水分計を用いることでシールド機内から地山の含水比を計測可能であると考えられる。

今後は、より細かく含水比を変化させた模擬地山で余掘り量をパラメータとした室内試験を行いデータを蓄積した後、シールド機に装備し地山の含水比の連続的な計測を行い適用性を確認するとともに、掘削土量の推定に活用する予定である。

最後に、シールド機用の散乱型 RI 水分計の製作に際し多大なご協力をいただきましたソイルアンドロックエンジニアリング株式会社殿に感謝申し上げます。