

RI 水分計を利用したチャンバー内掘削土砂の含水比監視システムの開発

鹿島建設(株) 正会員 米沢 実 串田慎二 永谷英基 ○川野健一 劉 偉晨
 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 塩見篤志

1. はじめに

近年、気泡シールド工法の採用が増加しており、シールドマシンチャンバー内の掘削土砂の密度や含水比を精度よく管理することが求められている。チャンバー内土砂の含水比をリアルタイムで計測できれば、排土量・排土率の正確な管理やシールドの安定掘進に繋がることから、ソイルアンドロックエンジニアリング社製の散乱型骨材表面水量計（以下、RI 水分計）を利用したチャンバー内含水比監視システムを開発し、その精度を室内実験で評価した。

2. 実験装置

図-1 に示す攪拌翼型チャンバー内含水比計測システムを室内で模擬するために、写真-1 に示すように矩形の土槽を使用した。土槽上に設置したレールに沿って、RI 水分計内臓攪拌翼を移動させた。また、RI 水分計内臓攪拌翼の板厚の影響を評価するために、写真-2 に示すようにザグリ加工で RI 水分計の線源部板厚を 25 mm から 18.5、12 mm に薄肉化した治具を製作した。

3. 実験方法

移動速度が計測精度に及ぼす影響を評価するために、人力あるいはウインチで RI 水分計内臓攪拌翼を 6、12、24 m/min の速度（実機は 18 m/min）で動かせるようにしたが、今回は静止状態の計測結果と、24 m/min の速度で移動しながら計測した結果を報告する。また、計測対象土が異なる場合の計測精度を検証するために、含水比 w が異なる 3 種類の泥水 ($w = 40, 67, 170\%$) を用いて実験を行った。なお、以下では実験ケースを「泥水 $w40\%$ 」のように含水比の数値で表す。計測は、計測結果の平均化処理の影響を調べるために、1 ケースあたり 5 分間計測（取得データ数 $n = 300$ ）し、15、30、60 秒間の移動平均を施した計測データを統計的に分析した。

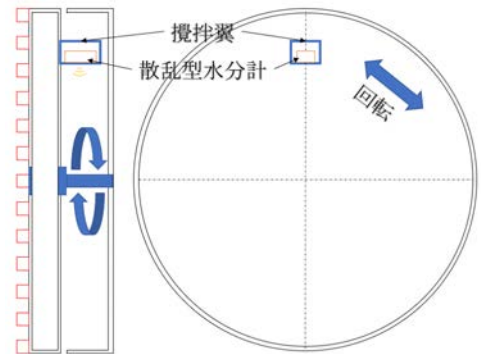


図-1 攪拌翼型チャンバー内含水比監視システム



写真-1 実験用土槽



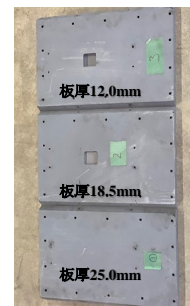
(a) RI 水分計本体



(b) RI 水分計装着状況



(c) 攪拌翼側面



(d) ザグリ加工

写真-2 RI 水分計装着状況とザグリ加工状況

キーワード 計測精度, RI 水分計, 排土量管理, シールド工法

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-1111

4. 実験結果

RI 水分計での計測精度は線源部板厚に依存するため、板厚別に事前にキャリブレーションを行った。校正曲線を図-2に示す。計測時間 60 秒の含水比の平均値に対する板厚別の偏差分布を図-3に示す。板厚が薄いほど計測精度が良く、最も薄い板厚 12 mm における平均値に対する偏差の最大値は泥水 w40% の 5.4% であり、3 種類の泥水の平均で 4.6% であった。これは、最も薄い泥水 w170% においても、含水比の差に換算して $w = 7.8\%$ であり、現場条件に合わせて校正すれば十分に現場適用が可能と判断した。

次に、板厚 12 mm、計測時間 60 秒において攪拌翼の移動速度が計測精度に及ぼす影響を図-4に示す。同じ計測対象にて移動速度 0 (停止) および 24 m/min における偏差の違いは最大 1.8% であり、移動速度は計測精度にほとんど影響しないことが確認できた。

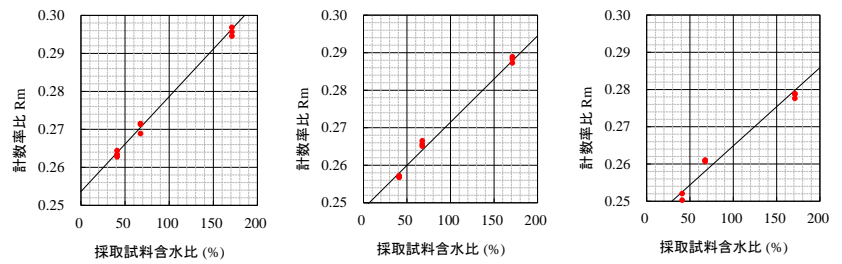
移動平均時間の影響を評価するために、移動速度 24 m/min、板厚 12 mm での測定データを 15、30、60 秒で移動平均処理したときの含水比の平均値に対する偏差分布を図-5に示す。60 秒での偏差は約 4% であり、移動平均時間が長いほどデータのばらつきが抑制されることが確認できた。

5. おわりに

チャンバー内掘削土砂の含水比をリアルタイムで計測するために、散乱型骨材表面水量計を用いる攪拌翼型密度監視システムを開発し、その計測精度を室内実験で検証した。今後、チャンバー内可視化システムの構築し、正確な排土量管理に活用していく。

参考文献

- 1) 国土交通省シールドトンネル施工技術検討会：シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン，2021。



(a) 板厚 12 mm (b) 板厚 18.5 mm (c) 板厚 25 mm
図-2 板厚別の校正曲線

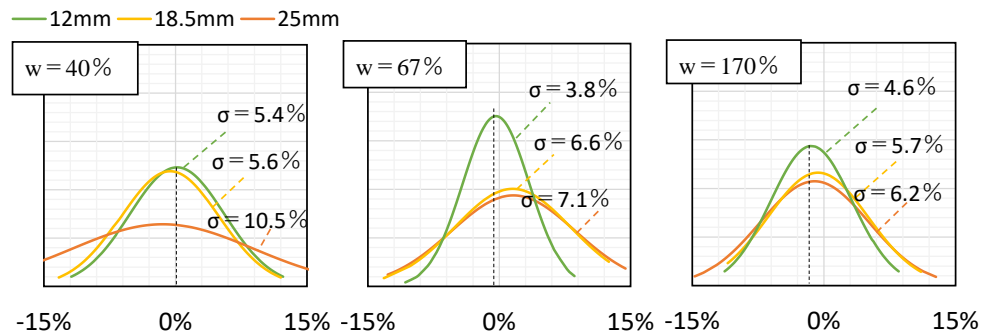


図-3 含水比のばらつき (板厚別)

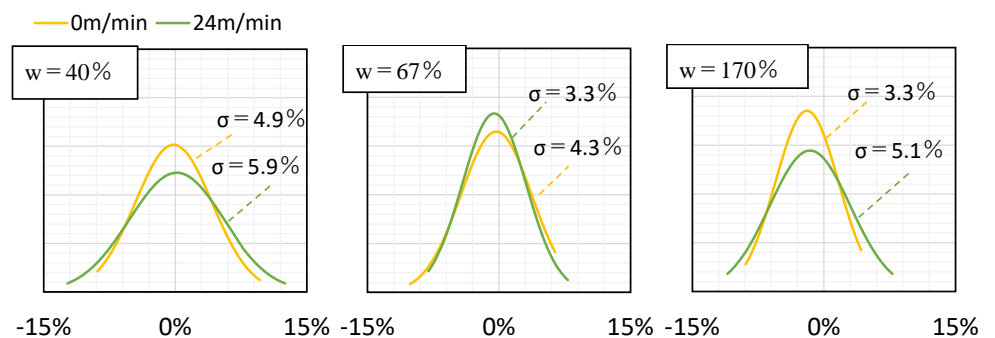


図-4 含水比のばらつき (移動速度別)

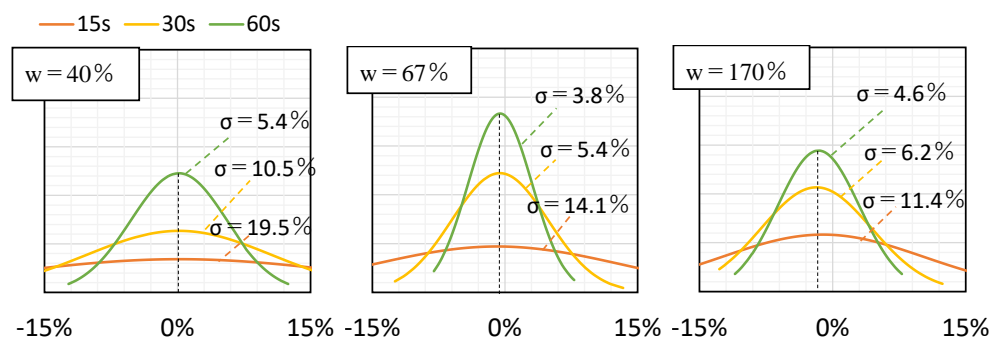


図-5 含水比のばらつき (移動平均時間別)