

チャンバー内掘削土砂を対象とした散乱型 RI 密度計の応答特性

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 ○塩見 篤志
鹿島建設(株) 正会員 森 嘉一 串田慎二 川野健一 永谷英基

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(以下、チャンバー)内の掘削土砂の密度を計測するための新たな方法が求められている。散乱型 RI 密度計によるチャンバー内の掘削土砂の密度計測が可能となれば、新たな密度監視システムの開発に繋がる。散乱型 RI 密度計の密度を求める校正曲線には図-1 に示すようなピーク(以下、ピーク密度)が存在し、ピーク密度より低密度側の傾き(以下、低密度校正曲線)と高密度側の傾き(以下、高密度校正曲線)の二つの応答特性を持っている。従来の散乱型 RI 密度計においては、適用密度を 1.0 g/cm^3 以上の高密度校正曲線の範囲に設定し利用されてきた。しかし、チャンバー内の土砂密度は気泡などの混入により、低密度な土砂が混在する可能性がある。したがって、測定対象の密度の校正曲線が高密度側か低密度側かを判別し、さらには低密度の測定を可能にする必要がある。そこで、チャンバー内を模擬した環境での散乱型 RI 密度計の応答特性を確認した上で、測定対象の密度判別と低密度の測定の可否について検証した。

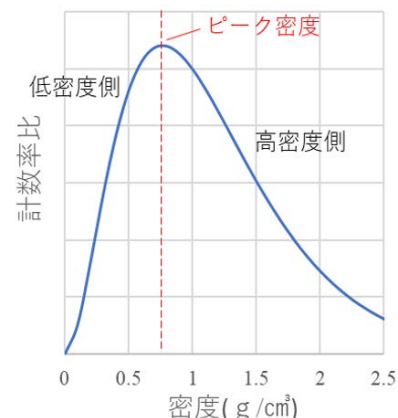


図-1 散乱型 RI 密度計の校正曲

2. 模擬チャンバー実験装置(散乱型 RI 密度計)

写真-1 に示す実験装置は、カッタースポーク内に散乱型 RI 密度計を内蔵することを想定して製作した。樹脂製の土槽(W600 mm×D400 mm×H200 mm)にスポークの鉄板を模擬した鉄製治具を設置し、線源部(γ線源)と検出部を配置した。なお、直接入射するγ線を遮へいするための鉛ブロックを検出部の周囲に配置した。測定対象となる試料には、空気、水、ベントナイト溶液+気泡、泥水を使用した。

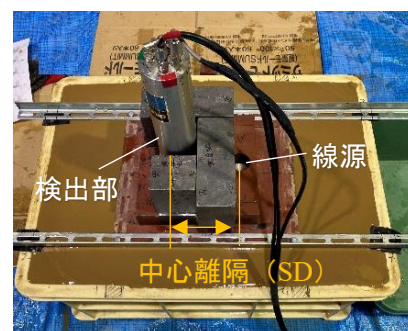


写真-1 実験装置

3. ピーク密度の確認

前述した校正曲線のピーク密度は、線源と検出部の離隔(以下、中心離隔(SD))等の幾何学的条件によって決まるとされている¹⁾。地盤の密度を測る散乱型 RI 密度計の場合は、ピーク密度が $0.7 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ になるように中心離隔(SD)を設計している。低密度を測定しようとした場合、ピーク密度を低くすることが望ましいが、中心離隔(SD)を長くする必要があり、低密度が測定可能な範囲まで中心離隔(SD)を長くすると密度を得るために必要なγ線の計数率が得られないことが推測される。本実験では密度測定に必要なγ線計数率が得られる範囲で中心離隔(SD)を変更し、土槽内の試料密度を $0.0 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$ の間で変化させて実験装置を用いた時のピーク密度の確認を行った。ピーク密度の確認実験結果である図-2 に示す

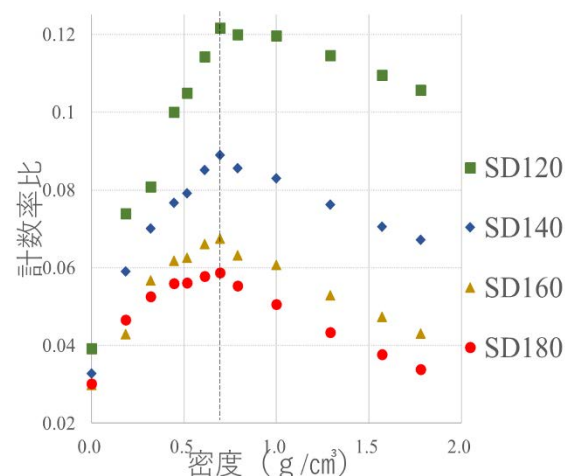


図-2 ピーク密度と SD の関係

キーワード 散乱型, RI 密度計, シールド工法

連絡先 〒561-0834 大阪府豊中市庄内2丁目21番1号 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) TEL 06-6331-6031

ように、どの中心離隔（SD）でも 0.7 g/cm³にピーク密度が確認できた。中心離隔（SD）の違いによるピーク密度の移動は確認できなかったが、中心離隔（SD）が長くなるにつれて低密度校正曲線の傾きが緩やかになることを確認した。

4. 散乱型 RI 密度計の密度判別と低密度測定の見計

中心離隔（SD）が長くなるとピーク密度よりも低い密度に対する散乱型 RI 密度計の計数率比の変動が緩やかになることに着目して、SD120 と SD180 を比較した。低密度校正曲線、高密度校正曲線を用いた中心離隔別の校正式を図-3 に示す。相関係数を評価した結果、低密度側の校正式では SD120 の校正式（以下、校正式 2-2）の方が密度との相関が良く、高密度側の校正式では SD180 の校正式（以下、校正式 1-1）の方が密度との相関が良いことが確認できた。このことからピーク密度より低い密度領域を測定する場合は校正式 2-2 を適用し、高い密度領域を測定する場合は校正式 1-1 を適用するのが良いと言える。なお、密度 0.0 g/cm³のデータは密度との相関関係から少しずれるため、校正式を求める際は除外している。

各校正式を用いて密度を計算した結果（密度計算結果が 0.0 g/cm³以下 2.0 g/cm³以上のデータは表示の都合により除外している）を図-4 に示す。高密度校正曲線側において、校正式 1-1 の密度結果と校正式 2-1 の密度結果を比較すると、測定試料の実測密度が 0.695 g/cm³以上の場合、密度計算結果の差が 0.1 g/cm³以内なのに対して、実測密度が 0.695 g/cm³よりも低い密度になると、計算値に 0.5 g/cm³以上の差が生じることが確認できた。これは、中心離隔（SD）の違いによる低密度側の散乱型 RI 密度計の応答の違いによるものであり、これを利用して測定試料の密度を判別することが可能と考えられる。つまり、SD120 に設定した検出部と SD180 に設定した検出部を設置し同時に計測することで、校正式 1-1 と校正式 2-1 の密度結果の差が例えば 0.3 g/cm³以上の場合、測定対象が低密度であると判断できる。また、低密度と判断した場合は、校正式 2-2 の密度結果を測定結果とすることで、ピーク密度よりも低い密度の測定も可能となる。表-1 に密度判別と密度判別の結果によって校正式を使い分けたときの密度測定結果を示す。実測密度と比較して最大で 0.042 g/cm³の差となり良い結果が得られた。

5. おわりに

チャンバー内掘削土砂の密度を計測する方法として散乱型 RI 密度計を用いて、測定対象の密度判別と低密度土砂の密度が測定可能であることが分かった。今後、チャンバー内掘削土砂を対象とした散乱型 RI 密度計の開発を行っていく。

参考文献

1) 日本道路公団試験所：RI 計器で土の密度・水分量をはかるしくみ，1984。

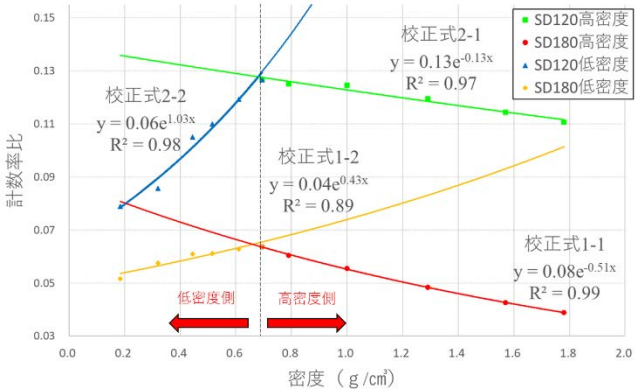


図-3 各校正式

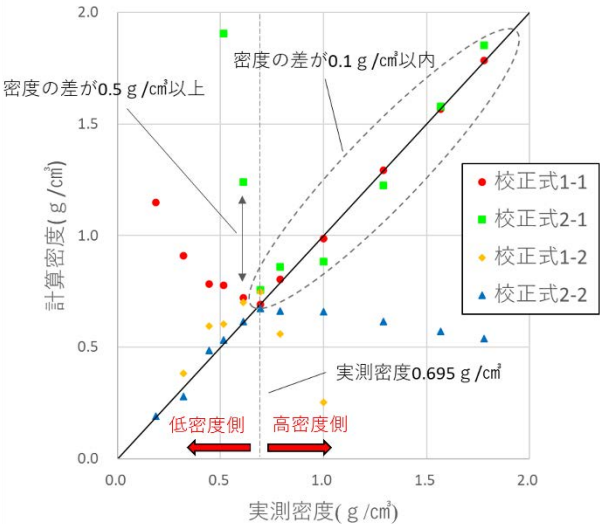


図-4 密度計算結果

表-1 密度判別後の結果

実測密度 (g/cm³)	密度測定結果	実測値との差
1.780	1.783	-0.003
1.570	1.567	0.003
1.290	1.293	-0.003
1.000	0.985	0.015
0.790	0.805	-0.015
0.695	0.692	0.003
0.610	0.614	-0.004
0.515	0.531	-0.016
0.445	0.484	-0.039
0.320	0.278	0.042
0.185	0.192	-0.007