

## 転輪型 RI 密度・水分計の測定精度向上の検討

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 正会員 ○森 安弘, 池永 太一, 非会員 谷口 龍  
大成建設(株) 技術センター 先進技術開発部 正会員 青木 浩章, 後藤 洸一

### 1. はじめに

河川土工および道路土工における盛土の締固め管理は、砂置換法および透過型 RI (Radio Isotope) 法 (以下、透過型と記す) による測定が主流である。筆者らが開発中の転輪型の散乱型 RI 密度・水分計 (以下、散乱型と記す) は、砂置換法、透過型のように試験孔や線源挿入孔を必要とせず、連続的 (時間、位置) に密度と水分量の測定を行うことが可能である。しかし、測定に使用する線源 (密封放射線源) を地中に配置する透過型が密度計、水分計ともに測定面の不陸の影響をあまり受けない (受けないように測定面を整形することが容易) のに対し、線源を地表面より上に配置する散乱型は不陸による影響を受けやすく、その影響度合いは密度計と水分計で異なる。これまでの成果から散乱型の場合、水分計より密度計の方が不陸の影響を受けやすい特性があることを確認しており、2017 年度に実施した滑走鉄板を使う構造 (図-1) では碎石のように不陸が生じやすい粗粒な材料でその影響が顕著に表れた<sup>2)</sup>。



図-1 滑走鉄板を使う構造

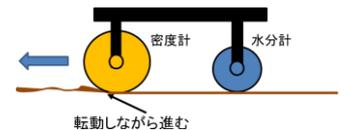


図-2 転輪構造

本稿では滑走鉄板構造での問題点を改善するため、測定面を転動しながら測定可能な転輪構造の密度・水分計 (図-2) を開発するにあたり、不陸の影響を受けやすい密度計を中心に行った実験結果について述べる。

### 2. 転輪型 RI 密度計構造検討のための予備実験

RI 法において一般的に測定精度向上のためには、計数率 (単位時間あたりに検出部で計数される放射線の数) を大きくすることが重要である。散乱型では、①線源や検出器と測定対象の隙間 (クリアランス)、②線源や検出器の筐体の材質・肉厚、③検出器の配置により計数率が変化することがこれまでの研究でわかっている。以下に密度測定に使用する  $\gamma$  線の検出効率に影響を及ぼす要因についての予備実験結果を述べる。

#### ①クリアランスの影響について

転輪構造は円筒内に検出部と線源部 ( $\gamma$  線源) を組み込むため、滑走鉄板構造と比較してクリアランスが大きくなる。このクリアランスが  $\gamma$  線検出効率にどの程度影響を及ぼすかを確認するための実験を行った。実験は検出部と線源部を測定面に接触した状態 (クリアランス 0mm) から、検出部と線源部それぞれについて段階的にクリアランスを大きくしたときの計数率を測定した。なお、計数率では比較しにくいいためクリアランス 0mm の計数率を 100% として比較した。実験結果を表-1、表-2 に示す。どちらもクリアランスが大きくなるに伴い計数率が低下することを確認した。

表-1 検出部クリアランス実験

クリアランス (mm)	計数率 (cpm)	検出効率 (%)
0	217492	100.00
5	207015	95.18
15	192538	88.53
25	175917	80.88

表-2 線源部クリアランス実験

クリアランス (mm)	計数率 (cpm)	検出効率 (%)
0	598621	100.00
5	598522	99.98
15	558576	93.31
25	461712	77.13

#### ②筐体材質について

$\gamma$  線の検出効率は、 $\gamma$  線が透過する筐体の材質やその厚み等に大きく依存する。使用するローラの材質はステンレス鋼 (肉厚 4mm) を使用すると、 $\gamma$  線計数率を増やす検討を行った。実験はステンレス鋼板 (以下、SUS 鋼板と記す)、パンチング加工 SUS 鋼板 (以下、PM 板と記す、開口率 6%)、パンチング加工 SUS 鋼板のパンチング孔を樹脂で埋めたもの (以下、孔埋め PM 板と記す) の 3 種類で行った。結果を表-3 に示す。SUS 鋼板にパンチング加工を施すことで計数率が增加することを確認した。また孔埋め PM 板は PM 板の計数率よりわずかに小さいが実用上問題ないと考えられる。

表-3 計数率比較

材料	計数率 (cpm)
SUS 鋼板	364275
PM 板	421677
孔埋め PM 板	421117

キーワード i-Construction, 散乱型 RI, 不陸影響

連絡先 〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 2-21-1 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部 TEL06-6331-6031

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター先進技術開発部 TEL045-814-7247

③ $\gamma$ 線検出部の形状とその配置について

適用する $\gamma$ 線検出部の形状（サイズ）とその適正配置を検討するため、検出部の形状が38mm×38mm×25mm（以下、直方体型と記す）、 $\phi 76\text{mm} \times h76\text{mm}$ （以下、長円筒型と記す）、 $\phi 110\text{mm} \times h25\text{mm}$ （以下、短円筒型と記す）と短円筒型を横向きにした4ケースで測定し検討を行った。各検出部はローラ内部に組み込むことが可能な方向で配置した。検出部の配置方法を図-3に示す。実験は同じ密度のガラス板を重ねたものを測定対象として実施した。実験結果を図-4に示す。計数率は大きい順に短円筒型、長円筒型、短円筒型横向き、直方体型であったが、 $\gamma$ 線検出部の容積は大きい順に長円筒型（344,600 $\text{mm}^3$ ）、短円筒型と短円筒型横向き（237,463 $\text{mm}^3$ ）、直方体型（36,100 $\text{mm}^3$ ）であった。計数率が $\gamma$ 線検出部の容積のみに依存するのであれば、長円筒型と短円筒型の計数率の大小関係に矛盾が生じる。そこで測定面に対する投影面積で比較すると、大きい順に短円筒型、長円筒型、短円筒型横向き、直方体型となり計数率と大小関係が一致した。散乱型密度計において測定精度向上には $\gamma$ 線検出部の容積も重要な要素であるが、測定面に対する投影面積も重要な要素であることを確認した。

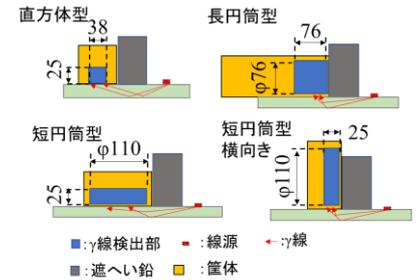


図-3 検出部の配置状態

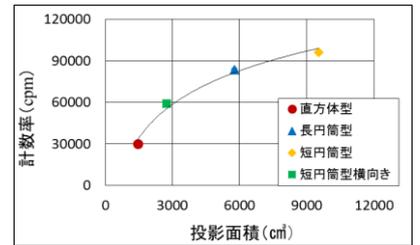


図-4 計数率と投影面積の関係図

3. 転輪型 RI 密度計の内部構造と校正試験結果

転輪型 RI 密度計は固定された主軸と主軸に対して自由に回転する外管の二重構造となっている。主軸には検出部と線源部が固定されており、外管には検出効率が高い孔埋め PM 板を採用した。転輪型 RI 密度計の構造の概略および外観を図-5、写真-1にそれぞれ示す。計数率増加させるとともに測定エリアを大きくするため、短円筒型の検出部を直列に2個搭載し、2個の検出部の間に $\gamma$ 線源を配置した。検出部と $\gamma$ 線源の間には直達 $\gamma$ 線（線源から検出部に直接到達する $\gamma$ 線）遮へい用の鉛を配置した。なお、クリアランスによる検出効率低下を抑制するため検出部を可能な限り測定面に近づけるようにした。この構造により、検出部の $\gamma$ 線検出部の最大投影面積が常に下方向、すなわち測定面方向に向くため、効率よく $\gamma$ 線を測定することが可能である。

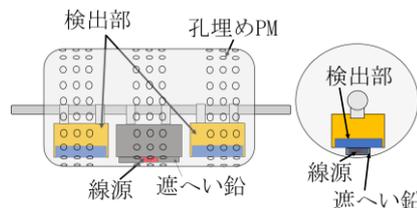


図-5 転輪型密度計構造概略図



写真-1 転輪型密度計外観

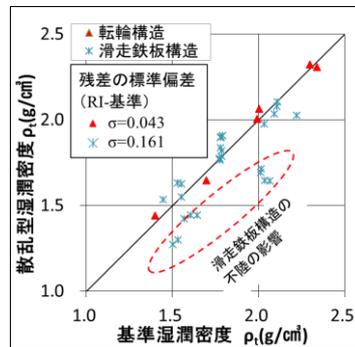


図-6 密度計試験結果

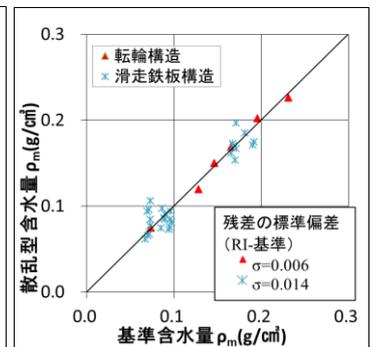


図-7 水分計試験結果

滑走鉄板構造と転輪構造の結果と基準値（供試体の密度と水分量）との関係を図-6および図-7に示す。滑走鉄板構造と転輪構造の試験結果を比較すると、転輪構造の場合、滑走鉄板で生じた不陸による密度の過小評価が少なく、さらに $\gamma$ 線検出部を増やしたことにより測定精度が向上した。また転輪が回転することで測定面を平滑化するため、不陸の影響を軽減する効果も得られたと考えられる。なお、転輪型 RI 水分計は昨年と同等の精度を有していた。

4. まとめ

筆者らは本試験器による現場試験を実施している。この結果については別稿にて示す。今後も実施工現場で活用可能な牽引速度の実現を目指して機器配置最適化と構造の改良等を行い、測定精度の向上を目指す予定である。

参考文献

- 1) 千葉力, 大村啓介, 池永太一, 塩見篤志: 自動現場密度試験ロボット開発のための改良散乱型 RI 試験器評価, 土木学会第 72 回年次学術講演会, VI-700, 2017
- 2) 青木浩章, 片山三郎, 池永太一, 越村聡介: 散乱型 RI 密度水分計による非接触計測の実験, 土木学会第 73 回年次学術講演会, VI-698, 2018