

## 散乱型 RI 水分計を用いたフレキシブルコンテナ内試料の判別技術の検討

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 正会員 ○熊原 郷介 池永 太一 塚本 雄士

### 1. はじめに

福島第一原子力発電所の事故で発生した除去土壌は、フレキシブルコンテナ（以下、フレコン）にて一時保管され、順次大型トラックで受入分別施設に輸送されている。輸送に際し、内部土壌を含んだ濁水流し、荷崩れが無いように、処理フローに従って、詰め替え、水切り、内袋中の帯水の処理等が行われているが、内部のセンシング技術が無く担当者の目視、触診に頼るところが大きい。

筆者らはこれまでに RI (Radio Isotope) 法を用いた、散乱型方式（以下、散乱型）の RI 水分計の技術<sup>1)</sup>の検討を行ってきた。本稿では、この技術を流用することでフレコン内の水分分布をスキャンし、土壌の含水率分布、土質判別を、非破壊、非接触で迅速に推定する手法の検討結果について述べる。

### 2. 散乱型 RI 水分計の測定概要

図-1 に散乱型 RI 水分計の測定概要を示す。中性子線源 ( $^{252}\text{Cf}$ ) からは、速中性子と呼ばれるエネルギーの高い中性子が放出されているが、速中性子が原子核と衝突すると、次第にその運動エネルギーを失い、熱中性子と呼ばれるエネルギーの低い中性子に変換される。水素原子核は中性子の反応断面積が飛びぬけて大きいので、土壌中に水素原子、すなわち水分が多く存在するほど、熱中性子線検出器 ( $^3\text{He}$  比例計数管) で検出される熱中性子数が多くなる（福島第一原子力発電所の事故では、中性子線を出す放射性物質は拡散していないため高線量地域でも問題なく使用可能）。散乱型 RI 水分計は、定点測定だけでなく、流れている対象や、計器を移動させながらのスキャン測定も実績<sup>2)</sup>があり、本検討では開発中であるポータブルタイプの散乱型 RI 水分計を適用した。

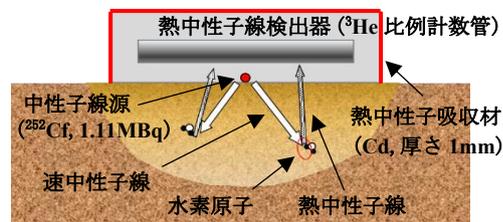


図-1 散乱型 RI 水分計の測定概要

### 3. 実験概要

土質判別方法の検証として、砂質土（自然状態）、砂質土（湿潤状態）、粘性土で試験盛土を作り散乱型 RI 水分計で計測を行った。比較対象とする含水率は土工現場で一般的に用いられている、地中への線源部の挿入が必要な透過型 RI 計器の測定結果を用い、散乱型 RI 水分計の応答にどのような差が出るかを観測した。

フレコン内の水分分布の計測は、フレコンに砂質土、粘性土をそれぞれ詰めて、散乱型 RI 水分計でフレコンの側面を秒速 1cm の速度でスキャンした。自然含水比状態で計測後、加水して再計測を行い、加水前後の応答の比較および、土質による含水率分布の傾向を比較した。材料、水分の偏りを考慮してフレコンの側面 4 方向で計測を行った（図-2）。

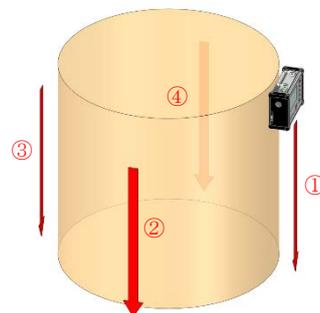


図-2 フレコンの計測方法

### 4. 結果と考察

散乱型 RI 水分計による砂質土と粘性土の計測結果を図-3 に示す。土質によって保水できる水分量

キーワード 散乱型 RI, 品質管理, 非破壊, 除去土壌

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) TEL06-6331-6031

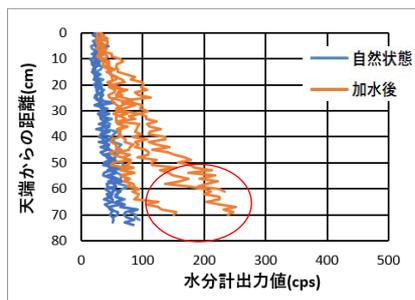
に差があるため、RIの応答（水分計出力値，cps）に明確な差が表れた。実際の土壌では砂質土と粘性土が混合された状態が多く見られることが予想されるが、しきい値を設けることで砂質土、粘性土、中間土程度を判別することができると考えられる。しかし、飽和した砂質土系のフレコンと、偶然同じ出力値を示す中間土、または粘性土系の試料が存在する可能性がある。感圧センサで表面固さを同時に計測することで、土質判別の精度を向上させることが期待できる。

フレコン（図-4）の側面4方向で計測した結果を図-5に示す。保水性能が低い砂質土は、加水後フレコン上面からの目視ではあまり変化が無かったが、計測結果を確認すると、底面から約20cmが高含水状態となっており、その傾向を的確に捉えることができた。移動計測に対する応答も非常に良く、数秒の測定時間で計測地点の含水状態が確認可能と判断できる結果が得られた。加水後の砂質土のように水分が分離した状態は、輸送時の水漏れや荷崩れの原因となり得るが、目視では判断が難しい。保水性能が高い粘性土は、本検討では加水後も水分の分離が生じず、4方向全てで同一の結果が得られた。高さ方向の含水率分布にも土質による傾向が表れている。

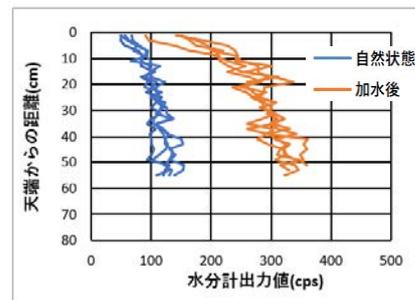
既存技術で同等の判定を行うには、フレコンの開封をした後、赤外線水分計計測で1袋に約30分程度の時間がかかる。一方、本技術は事前実験から、30秒の測定時間で相対誤差10%を達成できる見込みであり、30秒×4方向で、1袋を2分間で判定できる。



図-4 実際のフレコンの様子



砂質土



粘性土

図-5 フレコンの計測例

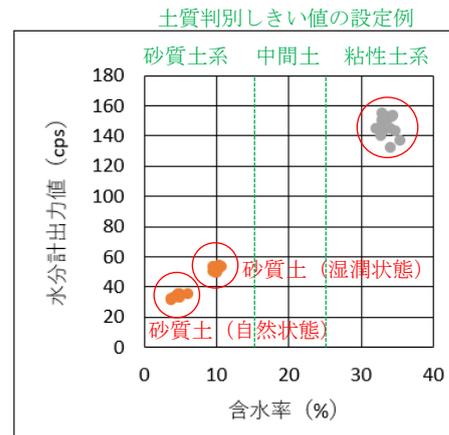


図-3 砂質土と粘性土の応答

## 5. まとめ

散乱型 RI 水分計を用いたフレコン内の土壌の含水率分布、および土質判別手法の検討を行った。未開封のフレコン内の土壌の含水率分布と土質判別を同時に行う計測器は他になく、従来の土質試験に比べると精度は及ばないものの、迅速に含水率の分布と土質の判別が可能である。本技術は除去土壌の運搬に限らず、最終処分事業や、周辺工事等、土を運搬する全ての復興事業で活用可能な技術であると考えられる。また、目視、触診による人の判断箇所に計測基準を追加することが可能であり、測定結果を後の工程（土質によって処理を変える等）で活用することなども考えられる。応用範囲を広げることにより、ICT化が進められている土工現場への貢献も大いに期待できる。

## 参考文献

- 1) 桑田岳治 池永太一他：散乱型 RI 水分計を用いた簡易含水比測定器の開発 土木学会第 74 回年次学術講演会 VI-1075,2019
- 2) 後藤政昭 池永太一他：非接触移動式 RI 測定器による盛土の品質管理手法の検討 土木学会第 73 回年次学術講演会 VI-733,2018