

VI-18 スキンプレート背面の余掘り検知装置の開発

—— 散乱型 R I 水分計の開発 ——

三井建設㈱ 正会員 高田 知典

三井建設㈱ 正会員 林 寿夫

1. はじめに

近年、建設工事の安全性の向上、効率化、省力化、品質・精度の向上といった点から、建設技術の高度化が強く望まれている。とりわけ、施工管理の品質の向上、効率化は種々の機関で研究が進められており、中には、自動化、システム化を指向しているものも少なくない。本稿では、このような背景を踏まえて、シールド工事におけるスキンプレート背面の余掘りをラジオアイソトープ（以下 R I と称す）を用いて定量的に計測し、余掘りのない効率的な掘削を行うことを目標とした。従来、余掘りの確認は切羽での目視にたっており、筆者らは、非破壊で、しかもスキンプレートを通しての測定が可能な散乱型 R I 水分計を開発した。

本計器は、盛土の締固め程度の計測用に開発した散乱型 R I 密度・水分計を応用したものであり、今回は、同計器を用いてシールド工事やトンネル工事の施工管理への適用の可能性を検討した。本稿では、室内実験による校正式の作成と、現場での実測による精度の確認を行ったので、その一部を報告する。

2. 散乱型 R I 水分計

（1）概要

開発した余掘り検知装置は、シールド工事におけるスキンプレート背面の余掘り（地山とスキンプレート背面との空隙量）を自動的に検知することを目的としたものである。計測の概要を図-1に示す。開発に当たっては、放射線の解析方法、計器の構成などハード、ソフト両面の検討を行った。

原理は、散乱型 R I 水分計には中性子が利用され、中性子線源（Cf-252）より放射された速中性子が水素分子に衝突して熱中性子に変化することを利用している。この散乱する熱中性子の数（計数率と呼ぶ）が、地山と型枠の間の空隙の大小に依存することを利用して計測している。

（2）仕様

計器は線源に Cf-252 30 μ ci（法的制限：100 μ ci）を用い、熱中性子の計数率を検出器（He-3管）で計測するものである。検出器（線源内蔵）本体と演算・表示器が分離されており、電源はバッテリーで連続8時間計測が可能である。

装置の仕様を表-1に示す。

（3）計器の特徴

本計器の計測上の特徴を列举すると次のとおりである。

- スキンプレート（鋼製）ごしに背面の空隙や地山との間隔（余掘り）を定量的に検出できる。
- 連続的に非破壊、かつ定量的な自動計測が指向できる。
- 放射線源を使用するが、法規制の範囲内の強度であるため、どこにでも持ち運びができ、かつ誰でも使用することができる。

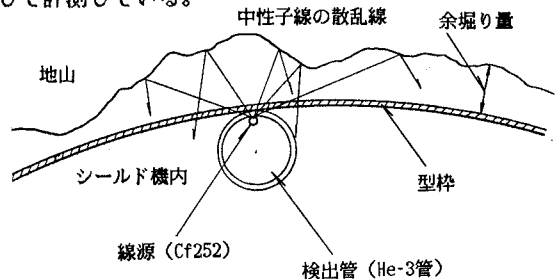


図-1 計測の概要

表-1 計器の仕様

項 目	内 容
中性子線源	密封線源 Cf-252 30 μ Cl
検出器	He-3管
高圧電源	1200V 0.5mA
測定時間	1~600秒
計数回路	デジタル 6桁
外部信号	アナログ信号 0~5V
バッテリー	6V 4.5A/H 充電器内蔵
使用時間	連続8時間

3. 室内実験結果

実際のシールドの現場計測に先立ち、基本的な測定条件と特性を把握し、空隙量と計数率との間の相関（校正式）を検討した。室内実験の仮想地山としては、現場と同様の含水比を持つロームを用いた。試験の結果、図-2に示すような余掘り量（空隙量： t (cm)）と計数率（1分間で検出される中性子線数）の関係を得た。また、室内試験より本計器の特性について次のことが把握された。

- 本計器の線源強度、検出管の数では、計測範囲（検出可能空隙量）は、0～5 (cm)程度に限られる。
- 放射線の統計的揺動による誤差を極力抑えるため、計測時間を3分間とした（統計的揺動誤差：1.5%）。

統計的揺動誤差 = $1 \div (\text{計数率} \times \text{計測時間})$

4 現場計測結果

室内試験で得られた校正曲線を基に、当社施工のシールド工事（手掘りシールド：覆工内径 ϕ 1150mm）において、切羽付近での余掘り量をスキンプレート（ $t=22\text{mm}$ ）の内側より、全周8ヶ所で計測した。計測結果の一例を図-3に示す。

計測の結果、実測値とよく合致した値を示したが、計測範囲がある程度面的に広がりを持つことや、地山の凹凸のばらつきなどから、計測値の精度の定量的な評価は難しいと考える。しかしながら、余掘りの有無の確認や、余掘り量の相対的分布は十分に把握され、目視できない地山の空隙状態が本計器により検知可能であることが確認された。

5. まとめ

試験結果より、切羽付近でのシールド全周の余掘りを面的、定量的に、かつ短時間に計測することができ、余掘り検知の分解能も実用可能な範囲であることが確認された。しかし、今回計測を行った地山は、均一でかつ含水比も小さい土質であり、測定条件も安定していたと言える。そこで、今後十分な実用的精度の確保と、適用範囲の拡大を図るためには、次のような課題がある。

- 計器の構成条件の検討……線源や検出器の強度、数量、ジオメトリなどの検討
- 測定条件の検討……地山の形状、含水比のばらつき、湧水の影響などの検討
- 校正式の検討……種々の地山の土質に適用できる校正式の検討
- 連続的な計測方法の検討……移動性、連続性を考慮したリアルタイムな計測方法の検討

今後、シールド、トンネル工事などの目視できない部分での、状況確認（湧水や空隙の有無、コンクリートの充填状況の把握）など、地下空間工事における施工管理のために有効な技術となると考える。

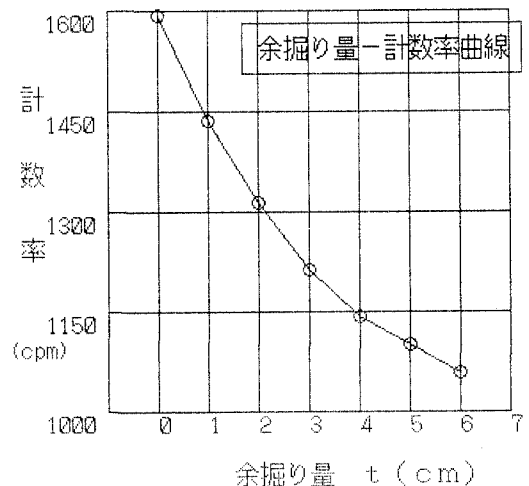


図-2 室内試験結果

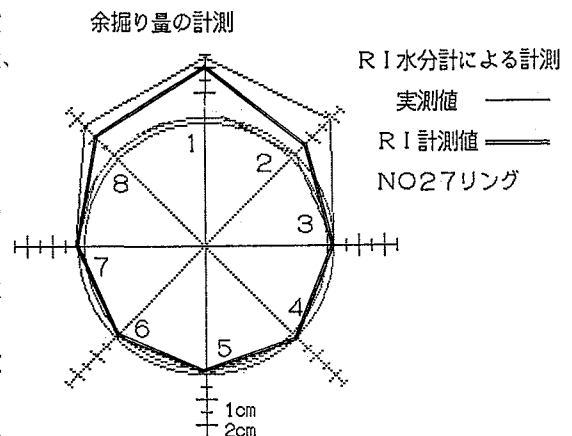


図-3 現場計測結果