

VI-29

土の締固め程度の測定技術に関する研究

—— 散乱型R I計器の開発 ——

三井建設（株）	正会員	高田知典
建設省土木研究所	正会員	嶋津晃臣
建設省土木研究所	正会員	見波 潔
三井建設（株）	正会員	中川良文

1. 研究概要

本研究は、締固め程度をリアルタイムに測定できるR Iを利用した測定技術の開発を目的とした。締固め程度をリアルタイムに、自動あるいは遠隔に把握して施工にフィードバックするためには、次の基本的条件を満たす必要がある。

- ①連続測定が可能であること
- ②非破壊試験であること
- ③定量的な測定が可能であること

現在、一般的に普及している透過型密度計の測定方法では、上記の条件①、②を満足することは原理的に不可能であることから、研究対象を散乱型密度・水分計による測定方法とした。

なお、本研究は建設省総合技術開発プロジェクト「エレクトロニクスを利用した建設技術高度化システムの開発」の中の共同研究の一環として行っているものである。

研究課題としては、次の2項目があげられる。

①測定範囲（深度方向）の拡大を図る

従来の研究（参考文献(i)）では、測定範囲が表層部に集中するなどの問題が生じ、実用化に至らなかった。この問題に対し、施工管理上適切な深度までの測定を可能とする散乱型計器の構成、測定方法について検討することとした。

②計器底面と地盤の空隙の影響の検討

従来の研究からも、地盤と計器の底面の間に生ずる空隙が測定値に与える影響が大きいことが知られている。そこで、連続移動測定を精度良く行うため、空隙の影響度合の把握と対応策の検討を行った。

また、測定方法は従来の研究および、透過型計器で行われている全エネルギー計数（積分）法ではなくガンマ線のエネルギーごとの計数（微分）法で行い、散乱線のエネルギー分布を得る方法とした。図-1にエネルギー分布曲線の一例を示す。

2. 基礎実験

(1) 室内実験

密度が均一な材料（ガラス板、アクリル板）を対象に、計器の構成条件（線源と検出器の距離、線源の高さ等）を変えて、深度方向の作用範囲、空隙の影響、密度依存性について検討した。実験結果をまとめると、次のとおりである。

①分析方法について

深部を通過したガンマ線ほど散乱回数が多くエネルギーが小さくなるということより、高エネルギー部のデータをカットすることによって、浅部の散乱線の比率を相対的に低くできる可能性があると言える。そこで、低いエネルギー範囲での散乱線のカウント数を抽出し、深さ方向の作用範囲について検討した。

②深さ方向の測定範囲と空隙の影響について

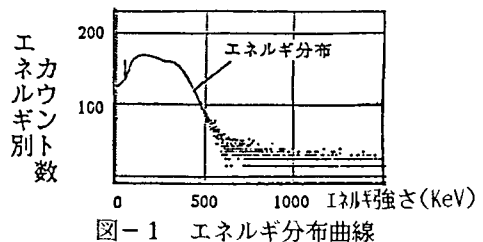


図-1 エネルギー分布曲線

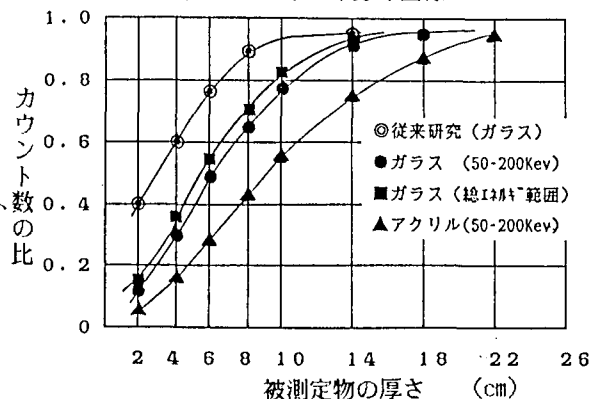


図-2 深さ方向の作用範囲

計器の構成条件と測定範囲の関係は、被測定物の厚さが、最大（26cm）時の計数率（カウント数）を基準とした各深さごとの計数率の比で表すことができる。室内実験で得られた結果を図-2に示す。深さ方向の測定範囲は従来方法と比べて20～30%拡大しており、明らかな改良効果が得られている。空隙の影響についても、計器の配置を工夫したり、遮蔽材を部分的に設置することにより軽減されるという結果を得た。

（2）フィールド実験

室内実験の結果より、計器の構成を固定し実際の締固め地盤への適用性に関する実験を行った。ここでは、透過型密度計の測定値を基準として、散乱型密度計の計数率を比較、検討した。透過型密度計による測定値（湿潤密度）と、散乱型密度計の計数率比（R）の関係を図-3に示す。透過型と散乱型の測定領域の相違（深さ方向の密度の不均一さなど）などを考慮すると、測定結果を一意的な関係とすることはできないが、今後、基準箱による室内較正実験を行うことにより、実用に供する較正曲線を得るよう努力したい。

3. 移動連続測定のための散乱型計器

以上の実験を通じて、散乱型Ri計器による締固め程度測定の可能性は確認された。今後は、実際の締固め地盤に適用できる移動連続測定装置の検討が残されるが、必要な基本的構成および機能として、次が考えられる。

（1）構成

装置の基本仕様を表-1に、概要とその構成を図-4に示す。

（2）計器の特徴

- ①検出器（シンチレーションカウンタ）を複数配置し、測定感度、測定精度の向上を図る
- ②測定結果のリアルタイムな出力機能を有する
- ③地盤との空隙を遮蔽材等で接地充填し、空隙の影響を軽減しつつ走行できる機構を有する。

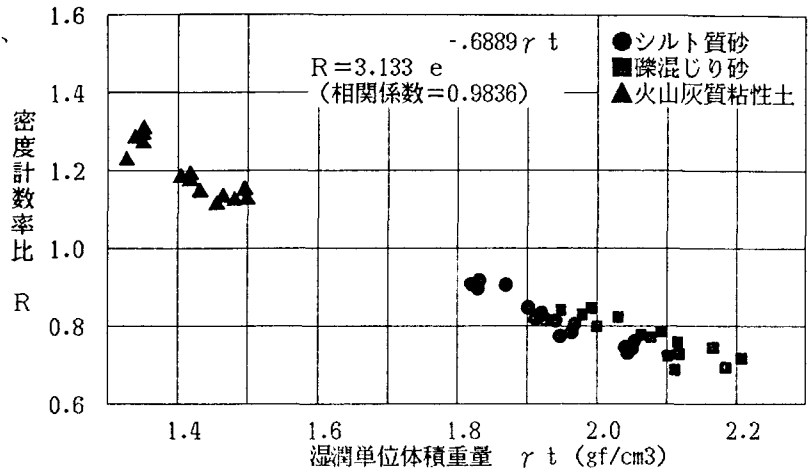


図-3 現場計数率比と湿潤単位体積重量

表-1 散乱型計器の基本仕様

	密度計	水分計
線源	Co-60 70 μ Ci	Cf-252 3 μ Ci
検出器	シンチレーションカウンタ×2	熱中性子検出管 (HE-3)×3
外形寸法	430×400×300 mm	
重量	約 25 Kg	

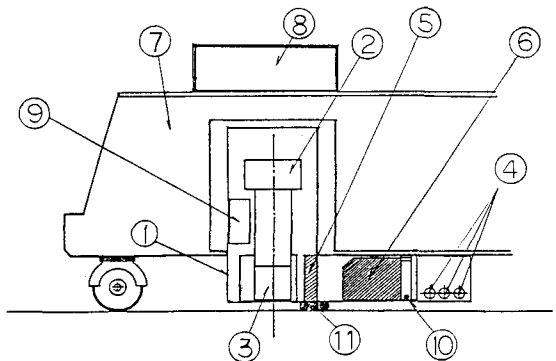


図-4 散乱型計器の概要

- ⑦ 計測台車
- ⑧ 演算・表示器
- ⑨ 加算器
- ⑩ 線源
- ⑪ 空隙遮蔽板

④計器を自動昇降させるなど、計測条件を一定とする機能を有する

<参考文献>

- (i) 建設省土木研究所資料 第434号（1969年）、第580号（1970年）：「Ri利用による土の現場密度・含水量の測定」