

III-88 調査・施工管理へのR I の新しい利用法について

鹿島建設技術研究所 正員 有 泉 昌
正員 ○山 本 毅 史

I. はじめに

R I がその特性上非破壊的な測定手段として使用できるため、土木の分野においてもトレーサとして、また線源として調査・施工管理の面で多く利用されている。特にトレーサの使用は調査を簡易化し、解析を容易にする場合が多く、既存の方法に比べてR I の長所を顕著に利用したものである。

しかしながら非密封放射性トレーサによる野外調査に対しては多くの問題点（放射線障害防止他）があり、特に都市付近では使用不可能な現状である。一方R I の密封線源を利用することは現在ではほとんど問題はない。

そこで我々はR I トレーサの代りに安定元素をトレーサとして用い、R I の利点を活かした方法について研究している。

ここに紹介するのは、ほう素をトレーサとして使用しこのほう素を中性子水分計で検出する方法である。

この新しい計測方法の現場への応用については、色々研究しているが、今回はこれらのうち薬液注入施工管理への応用、層別沈下計への応用、泥水中におけるトレミーコンクリートの移動状況追跡への応用および地下水追跡への応用例の4例を紹介する。

II ほう素濃度計の測定原理

ほう素濃度計は中性子水分計の測定原理を応用したものである。中性子水分計は、中性子線源（ $Ra-Be$ 、 $Am-Be$ など）から放出された速中性子（エネルギーの高い中性子、数MeV）が地盤を構成している原子の中でも特に水素原子への原子核と弾性衝突して散乱され、減速されて熱中性子（エネルギーの低い中性子、 $0.025eV$ 程度）に変換されたものを計数することにより、含水量を測定するものである。

一方、核種によっては熱中性子を捕えて他の核種に変わる性質を持つものがある。熱中性子吸収断面積の大小がこの性質を示している。これら核種のうち、カドミウム（ Cd ）やほう素（ B ）などは熱中性子吸収断面積が特に大きい核種である。

中性子水分計を用いれば、地盤中の含水量を求めることができるが、この地盤の間げき水中に熱中性子吸収断面積の大きいほう素を混入してやれば、中性子水分計のカウント数は、ほう素混入前のカウント数に比べて著しく低下することになる。これがほう素濃度計の測定原理である。

III ほう素濃度と計数率の相対比との関係

ほう素濃度と計数率の相対比との関係を図-1に示した。

ここに示した実測値は、イ、水溶液 ロ、砂（ $n = 40 \sim 50\%$ の飽和砂、相模川）の二種類について求めたものである。ただし、横軸は、間隙水のほう素濃度×間げき率として表わした。また理論値は水溶液について Fermi の年令方程式から求めたものである。

この結果から、ほう素濃度を变化させると、中性子水分計の計数率が指数函数的に変化していることがわかる。また理論値も実測値と比較的よく一致しているとみなされるが理論値を求めるにあたって、かなりの仮定をおいたため、実測値と理論値とが多少くい違っている点がある。この理由として二・三考えられるが、ここでは省略する。

IV 現場応用例

1. 薬液施工管理への応用

現在 一般に実施されている薬液注入の施工管理方法は イ、掘削による肉眼判定 ロ、注入前後の強度の比較 ハ、注入前後の透水性の比較、ニ、ケミカルトレーサによる方法 ホ、電気抵抗による方法 ヘ、弾性波探査による方法などがあり、これらはいずれも薬注の目的により使い分けられる。しかしながら、これらの方法は、技術的な困難さや、煩雑さを伴い、注入効果を定量的に求めることがむずかしいものである。

そこで、ほう素濃度計を使用すれば、比較的簡単に薬液注入状況ならびに注入量の定量的測定が可能であることがわかった。

a. 単位体積あたりの注入薬液量を定量的に求める場合

一般薬液の場合は水溶性のほう素化合物を、また懸濁液の場合は粉末度を考慮したほう酸ガラスを使用すればよい。注入対象地盤の間隙を熱中性子吸収断面積の大きいほう素を含む水溶液で完全飽和させ、ほう素濃度と中性子水分計の計数率の相対比との関係をあらかじめ求めておき（砂地盤では図-1のマスターカーブから求めればよい）。注入薬液中にほう素を一定量混入し、これを地盤に注入した場合、注入薬液のほう素濃度を $A \text{ g/l}$ 、地盤中におけるほう素濃度を $B \text{ g/l}$ とすれば、地盤に対する薬液注入率 $n \cdot d$ は次式から求めることができる。

$$n \cdot d = n \cdot \frac{B}{A} \quad (\%)$$

但し、 n :地盤間隙率

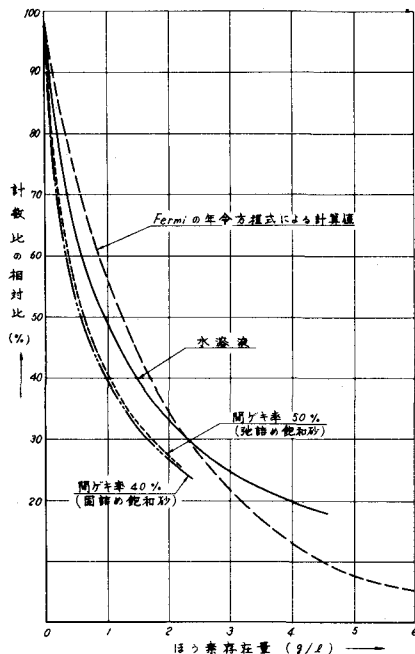


図-1 ほう素存在量と計数比の相対比との変化曲線

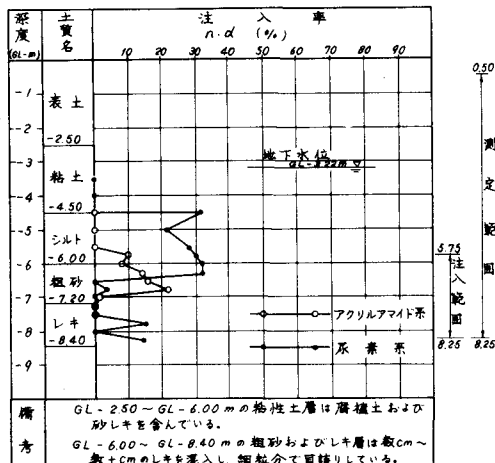


図-2 ほう素濃度計による薬液注入率の測定結果
砂質土層対象

b. 薬液の注入範囲を求める場合は、

注入前後の中性子水分計のカウント数の差から、ほう素を含んだ薬液の注入範囲を求めることができる。

薬液の注入施工管理実施例を図-2に示した。

2. 軟弱地盤を対象とした層別沈下計としての応用

現在一般に使用されているスクリー型式の層別沈下計は、二重管構造となっているため、沈下計を深く設置した場合、内管が曲って外管と接触したり、軟弱な地盤では内容と外管との間から、軟弱な粘土が流入し、外管と内管とが一体となって沈下するなどして正しい沈下量を示さないことが多い。そこでほう素やカドミウムなど熱中性子吸収断面積の大きい核種を含む沈下リングを地盤中に設置し、中性子水分計でその位置を計測して沈下量を測定する方法を開発した。

沈下リングは、ドーナツ型塩ビ製容器にほう素化合物を充填したもので、地盤に設置したアクセスチューブがドーナツ型沈下リングの中央に位置するよう埋設できる構造となっている。

沈下リングの大きさ、型状などは使用用途によって適当に選べるが、特にドーナツ型沈下リングの場合はアクセスチューブの外径に比ベドーナツの内径をできるだけ大きくする必要がある。また中性子水分計の計数率が沈下リングの中央の位置に向って急激に低下するため、沈下リングの位置を正確に求めることができる。その測定精度は±1cmである。ヘドロ層での沈下計の位置と計数率との関係を図-3に示した。なおドーナツ型沈下リングの形状および現場実施例は、Ⅲ-1/1“極めて軟弱な地盤の改良における2・3の施工管理法について”を参照して下さい。

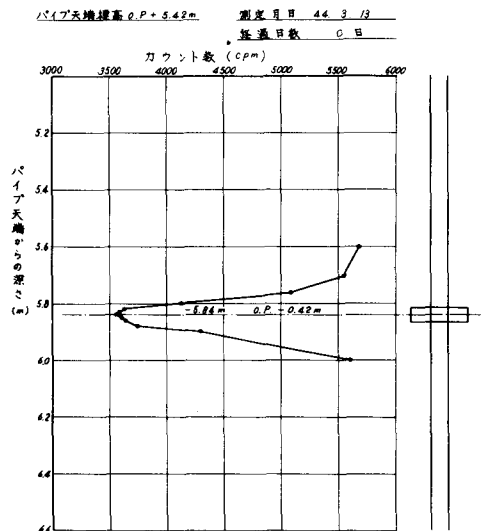


図-3 中性子水分計によるNO.3沈下板位置測定結果

3. 泥水中におけるトレミーコンクリートの移動状況追跡への応用

最近建設工事現場において泥水を用いてトレンチ掘削し、トレミー管を用いてコンクリートを打設して地中連続壁を造る工事が多くみられる。このコンクリート連続壁については多くの問題点が残されており、これらの問題点を解決するため種々の実験的研究がなされている。これらの問題点のうち特に泥水中におけるコンクリートの移動状況を調べるにあたって、カラーセメントを用い、ボーリングによるコアの肉眼判定による方法などがとられている例がある。ボーリングによる判定方法は、コンクリートの養生時間が必要なため、打設と同時に調査できないことやボーリング経費が高くなることなどの欠点がある。これらの欠点を補うためほう素を混入したコンクリートを打設して中性子水分計で測定したところ、施工中のコンクリートの移動状況を簡単にしかも正確に把握できることがわかった。

た。

現場実施例を図-4に示した。これについての詳しい内容および現場実施例については、 $\gamma-103$ “ベントナイト泥水中におけるトレミーコンクリートの性状”の項を参照して下さい。

4. 地下水追跡への応用

地下水追跡へのトレーサ利用は、色素、ケミカルトレーサ、アクチバブルトレーサおよび放射性トレーサなどのかなり多くの実施例がみられる。

しかしながらこれらはいずれも地下水を一定間隔ごとにサンプリングしなければならないため、試料数が多くなり煩雑になること、時間を要することあるいは危険性を伴うことなどの欠点がある。これらの問題点を解析する方法として、ほう素を地下水中に混入し、これを中性子水分計で検出すれば、地下水の流速・流向が測定できるとの見通しを得た。実施例を図-5に示した。

5. あとがき

以上述べたように非破壊調査法として、ほう素をトレーサとした中性子水分計は、R.Iの長所を活かした有効な方法であることがわかる。今回報告したものは、ほう素をトレーサとした中性子水分計の応用のうちの数例であるが、今後更に応用分野を拡げ、従来測定困難であるものの簡易化をはかりたいと考えている。

最後に現場実験に際して、鹿島建設土木部中島保氏、大阪支店田中豊氏、技術研究所中原康氏、ケミカルグラウト(株)小林俊夫氏の諸氏にお世話になりましたので、こゝに深く感謝の意を表します。

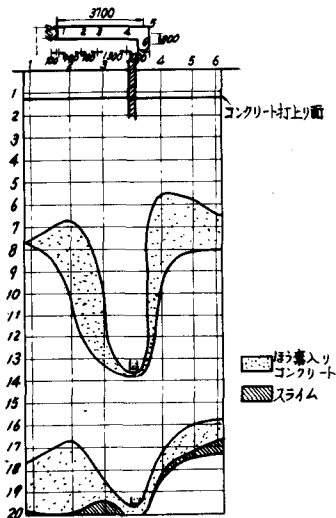


図-4 移動状況測定結果

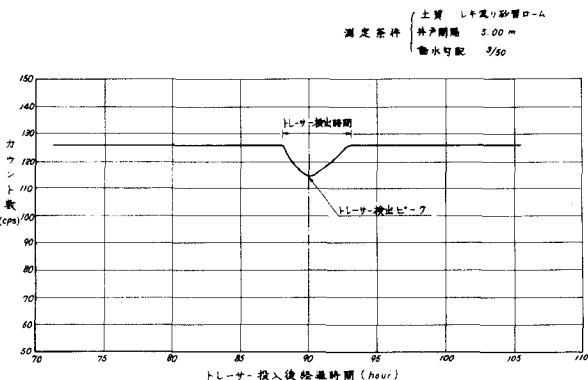


図-5 ほう素をトレーサとした中性子水分計測定結果