

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○藤澤 一
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 桑原 清
 応用地質株式会社 正会員 谷瀬正寿

1. まえがき

注入工法、並びに各種注入管理値が、その地盤に適しているかどうかを調べるには、薬液がどのような注入形態によって注入されているかを確認すればよい。そのためには浸透注入形態か、あるいは割裂注入形態であるかを確認する必要がある。この確認方法として、2極法比抵抗法による薬液注入形態のモニタリング方法を考案したので、以下にその概要、及びFEM解析結果を報告する。

2. 測定概要

本研究に用いた比抵抗法による測定は、水ガラス系注入薬液に含まれる SiO_2 、 Na イオン等の電解質により注入地盤の見掛け比抵抗が低下することに着目し、その変化を測定することにより注入形態、及び注入範囲を確認しようとする方法である。測定系統図を図-1に示す。測定は二重管ダブルバッカー工法、二重管スリーブ工法等の外管を使用する工法に適用することを前提としている。電極(銅板)は外管に取り付ける。取り付け間隔は注入半径の約 $1/5 \sim 1/3$ 程度とし、取り付け範囲は注入範囲の外側までとする。

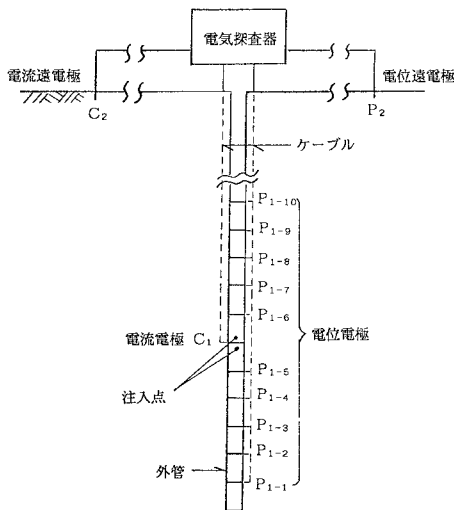


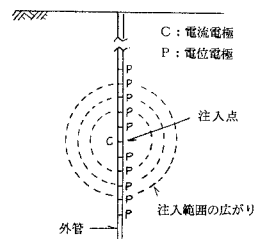
図-1 測定系統図

電極は外管に沿ったケーブルで地表の電気探査器に接続する。測定は以下に述べる方法で注入を行っている時に行う。電極配置は注入点に最も近い電極を電流電極とし、その上下の他の電極を電位電極となるように配線する。注入開始とともに電流電極に印加し、その時の電位電極の電位を測定し、見掛け比抵抗を求める。測定の時間間隔は、注入開始時は密(数十秒~1分程度)とし、注入範囲が拡大したら疎(数分~数十分)とし、注入終了時まで測定する。注入点を移し別の点で測定を行う場合は、上述のような電極配置となるように電気探査器の配線を変更する。

3. 見掛け比抵抗変化曲線

前述のような電極配置で注入時の見掛け比抵抗を測定した場合、浸透注入と割裂注入を示すそれぞれの注入形態においては各々の特徴ある見掛け比抵抗変化曲線が得られる。それぞれの注入形態を模した円柱状(浸透注入)と円盤状(割裂注入)の3次元軸対称のFEMモデルによる解析結果を以下に示す。解析モデルは注入範囲は $1\Omega\text{m}$ 、注入範囲外は $10\Omega\text{m}$ である。

(a) 浸透注入



(b) 割裂注入

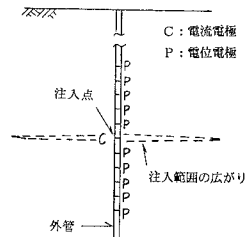
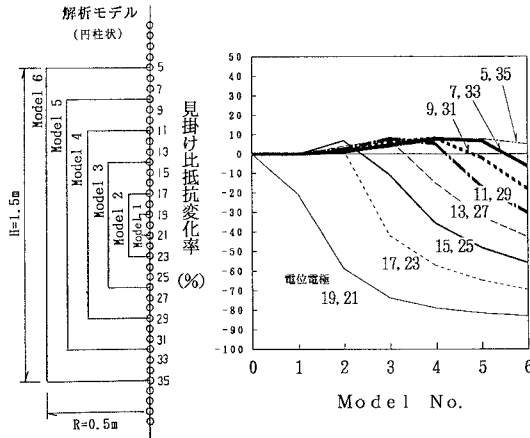


図-2 注入形態

浸透注入形態は図-2(a)のようになる。すなわち、浸透注入は注入点を中心として薬液が浸透し始め、薬液の浸透した低比抵抗領域が順次外方へ拡大していく。各電位電極に対しては内側が低比抵抗で外側が高比抵抗の境界面をもって浸透範囲が拡大していく。また、注入に伴い地盤内の薬液密度が高まるので内側の比抵抗は低下する。各電位電極に対しては比抵抗境界面が順次移動していく形となる。FEMモデルの解析結果では、見掛け比抵抗変化曲線は図-3(a)に示すように注入点に近い電位電極から低下し始め、遠い電極は遅れて低下してくる形となる。比抵抗境界面が電流電極と電位電極の間にある場合は、見掛け比抵抗が増加する測定値が得られる逆感度現象が顕著に表れるのも浸透注入形態の場合の大きな特徴と言える。

(a) 浸透注入



(b) 割裂注入

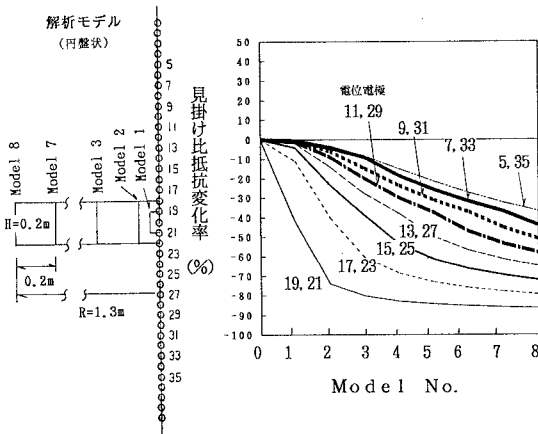


図-3 比抵抗変化曲線

これに対し、割裂注入は図-2(b)に示すように、薬液が板状、あるいは脈状に2次的に地盤内に広がり、低比抵抗領域は地盤内のある部分に限定される。各電位電極に対しては比抵抗境界面の移動は起こらないが、薬液密度の増加による注入範囲の比抵抗低下と注入範囲の2次的拡大は起こる。FEMモデルの解析結果では、見掛け比抵抗の変化は図-3(b)に示すように、各電位電極ともほぼ注入開始とともに低下し始める形を示す。このように注入点近傍の電流電極とその上下に配置した電位電極で注入時の見掛け比抵抗変化を動態観測することにより、薬液注入形態を注入中に判別することが可能と考えられる。また、図-4に縦軸を注入深度、横軸を見掛け比抵抗とした分布曲線を示す。電流電極、電位電極の配置は図-3(a)モデルと同様である。注入範囲の見掛け比抵抗は低下しており、注入範囲が容易に確認できる。

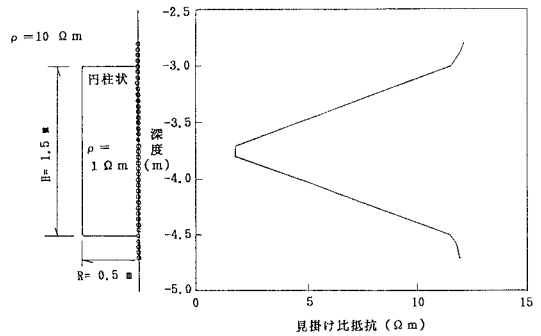


図-4 見掛け比抵抗分布曲線

4. あとがき

現段階では地盤内の注入状況を注入中に確認できない。そのため、注入工法や各種注入管理値がその地盤に適しているかを知るには、調査ボーリングや注入後の工事の進捗を待たなければならず、確認により知り得た情報も時間的遅れのため、その現場に反映する事は不可能であることが一般的である。今回考案した2極法比抵抗による薬液注入形態のモニタリングを行えば、注入を行っている時点で注入形態が確認できるので、その情報をただちにその現場の施工管理に反映でき、より高度な施工管理が可能になると考えられる。