

III-776

薬液注入固結砂強度の推定方法（その2）

－電気比抵抗法の適用について－

（株）青木建設 技術本部研究所 正会員 ○小谷野康之
 " " 森川 義人
 中央開発（株） 探査計測部 正会員 徳丸 哲義
 " " 鈴木 丙午

1. はじめに

薬液注入工法は、シールド工法や開削工法において、地盤の透水係数の低減による止水性の向上と、軟弱地盤の強度増加による地盤の安定性確保のため、よく用いられる補助工法である。そこで、都市部の土木工事においては、注入箇所が他の構造物と隣接したり幅輻する場合が生じるが、このような場合には施工管理が重要な課題となってくる。ところが、注入範囲に未固結部が残存しているにもかかわらず、工事が進み出水・崩壊事故が発生しているのが現状で、薬液注入工法の信頼性が問われる原因の一つとなっている。そこで、最近電気比抵抗法を用いた注入効果の判定法が注目されており、改良範囲を定量的に判定する方法が報告されている¹⁾。ところが、改良効果の判定は改良範囲と改良物性値を知る必要がある。電気比抵抗法は薬液の浸透範囲や充填率を定量的に判定する上で最も優れた方法と思われるが、改良物性値を直接判定することはできない。

そこで筆者らは、薬液注入固結砂強度の推定方法の研究を進めているが、前の報文その1に示した評価方法に対して、電気比抵抗法の適用を検討した結果、電気検層を利用することにより、ある程度可能であることが分かった。本報文では、電気検層実験を通して注入固結砂強度の推定における電気比抵抗法の適用性の検討を行ったので報告する。

2. 固結砂の動水半径と電気比抵抗について

報文その1では、注入固結砂の粘着力Cが、動水半径 R_{Hg} の指数関数として評価できることを示した。ここで、固結砂の動水半径 R_{Hg} を(1)式に示す。

$$R_{Hg} = \frac{1}{\lambda} \cdot (e_g / 6) \cdot D_{20} \quad -(1)$$

λ : 係数 e_g : 固結砂間隙比 D_{20} : 20%粒径

ここで、係数 λ や20%粒径 D_{20} はボーリング調査による粒度分析の結果から容易に求めることができるが、間隙比 e_g は容易に求めることができない。そこで、G.E. Archie が比抵抗と土・岩の物理定数に関する関係を実験により求めた地層比抵抗係数 $F^{2)}$ ((2)式)により検討してみる。

$$F = \rho_o / \rho_w^{\frac{1}{\alpha}} \rho_s / \rho_w = \alpha \cdot n^{-\beta} \quad -(2)$$

ρ_s : 地盤の見かけ比抵抗 ρ_w : 間隙水の比抵抗

α, β : 地盤の性状より決定される定数

各種砂に対して図-1に示すような関係が調べられている³⁾ことから、浸透注入された固結砂に対しても、調べてみた。注入固結砂に対しては(3)式のようにになると考えられる。

$$F = \rho_s / \rho_g = \alpha \cdot n^{-\beta} \quad -(3)$$

ρ_s : 固結砂の見かけ比抵抗 ρ_g : 固結砂間隙水の比抵抗

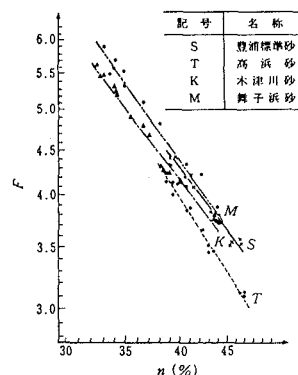


図-1 砂の間隙率 n と地層比抵抗係数 F

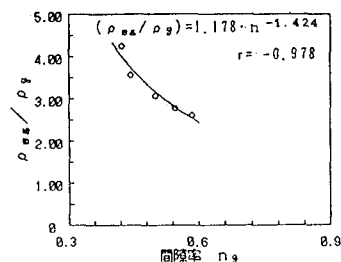


図-2 固結砂の間隙率 n と地層比抵抗係数 F

図-2に注入固結砂の間隙率 n と地層比抵抗係数 F の結果を示す。これより、注入固結砂に対しても、G.E.Archieの実験式が適用されることが分かった。そこで、 $e=n/(1-n)$ より間隙比が求まるので、図-3に示すように、 e_s は電気比抵抗法で、 λ 、 D_{20} は粒度分析によりそれぞれ求めることができ、固結砂の動水半径 R_{Hs} を得ることが可能であると考えられる。

3.電気検層の適用について

図-2に示す結果は、固結砂供試体をLCRメーターにて測定した結果であり、得られる見かけ比抵抗は真値に非常に近いものと推察される。しかし、実際の土中の固結砂を測定した場合、地盤の不均質性等から一般には数倍の値を示す場合⁴⁾が多い。このような目的から電気比抵抗を測定する方法は、電気検層が考えられるが、本報文では2極ノルマル法ではできないので、4極ウェンナー法による注入固結砂の電気検層実験を、室内土槽を用いて行った。見かけの比抵抗 ρ_{ss} は(4)式のようになる。

$$\rho_{ss} = 4\pi a (V/I) \quad (4)$$

a : 電極間隔

実験は、絶縁材よりなる土槽を用いて、各検層電極の組み合わせよりなる測定球面を包含するように、注入固結体を作成し、電気比抵抗を測定した。測定の概念図を図-4に示す。測定結果は、試料砂（珪砂5号）を緩詰め（間隙率 $n \approx 0.5$ ）と密詰め（間隙率 $n \approx 0.4$ ）にした場合の固結砂見かけ比抵抗 ρ_{ss} と、注入前後の比抵抗変化率 $P (= \rho_{ss}/\rho_a)$ を図-5に示し、電極間隔を変えた測定分布の7号珪砂による比抵抗変化率 $P (= \rho_{ss}/\rho_a)$ を図-6に示す。

測定の結果、図-5に示すように砂の密度により前述図-2に示したような比抵抗の違いが見られたが、密詰めの場合でも緩詰めと同じような比抵抗値を示す部分もあり、注入により、砂の間隙が部分的に大きくなっていることも考えられる。また、比抵抗変化率 P は図-5、6に示すように、ほぼ1/100程度の値を示しているので均一浸透状態と考えられるが、図-6において測定域の注入口に近い部分（左側）と測定域下部（下側）は比抵抗変化率がやや高く、測定域上端部（上側端部）は比抵抗変化率がやや低くなっていた。やや低くなった原因として、注入により砂の間隙が僅かに大きくなったことと、割裂浸透や土被りの影響が考えられる。

4.おわりに

以上より、固結砂の間隙比が大きく異なる場合には、電気検層による電気比抵抗の測定が可能であることが分かった。

【参考文献】

- 1) 小峯秀雄：電気比抵抗による薬液注入改良部の充填率の評価方法
- 2)、3) 佐々、他：建設・防災技術者のための物理探査：pp.211~213
- 4) (社)土質工学会：薬液注入工法における注入効果の予測確認手法に関するシンポジウム：pp.115~116

$$R_{Hs} = (1/\lambda) \cdot (e_s/6) \cdot D_{20}$$

ボーリング調査・粒度分析

図-3 固結砂動水半径の求め方

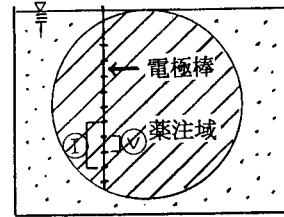


図-4 電気検層実験測定概念図

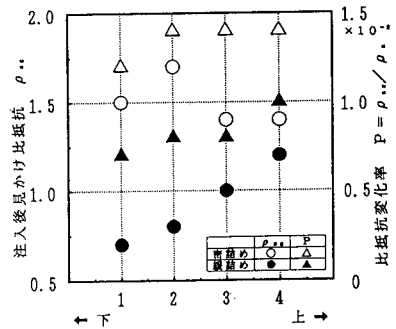


図-5 見かけ比抵抗 ρ_{ss} と比抵抗変化率 P （珪砂5号）

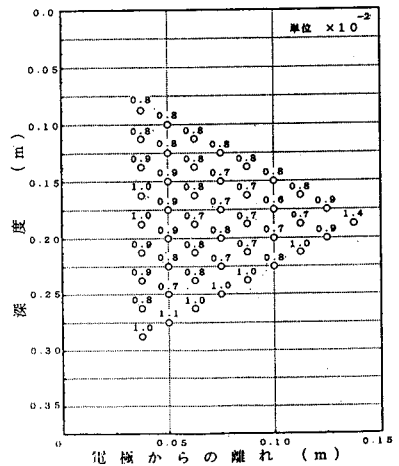


図-6 比抵抗変化率 P （珪砂7号）