

Ⅲ-94

塩水化地盤の比抵抗の逆解析手法について

大阪工業大学大学院 学生員 山上隆行, 木村高啓
大阪工業大学 正会員 青木一男, 福田 護

1. はじめに

海岸近傍の掘削工事等において、地下水を低下させる場合に地下水の塩水化がたびたび発生する。このような場合、帯水層への塩水の進入状況を把握しながら地下水の揚水量をコントロールして塩水化を防ぐ必要がある。しかし、大規模な工事などでは広域的な塩水化状況を把握しなければならない。その方法として、比抵抗法を用いた場合の適用性についてはいくつかの報告がされている¹⁾。しかしながら、これらの方法を用いた場合、比抵抗値の相対差から塩淡水境界面の概略の推定を行っており、その地盤の比抵抗の検討についてはあまり行われていない。また、その評価については客観性の点での問題を有している。そこで本論文では、地盤の比抵抗を逆解析的に推定する方法として、比抵抗法に基づく FEM 解析を用いた同定手法について検討を行った。

2. 解析手法

本解析では、縦 20m、横 100m のモデル領域を対象とした鉛直 2 次元解析を行い、FEM 順解析の出力を模擬観測データとして同定解析を行った。各接点の電位分布を FEM で計算するために、次のような方程式

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + F = 0 \quad (1)$$

と境界条件を満足する解 ϕ を求める問題を取り扱った。解析条件として、 K_x, K_y は x 軸および y 軸方向の比抵抗値の逆数、 ϕ は任意の点における電位より

解析領域の最も外側の接点の電位を $\phi = 0$ とし、 F は接点から強制的に負荷される電流値として 5mA を与えた。また、対象モデルの比抵抗値の空間分布を表現する手法として、観測値の質的・量的な不十分さから生ずる推定値の不安定さの除去のために有効な方法であるゾーン分割法²⁾を用いた。この手法は、基準点を設定し、各接点と各基準点との距離を比較し、各接点とその距離に近い基準点に属するものと見なすことによりゾーン分割を行い、基準点の位置を種々移動させることにより、ゾーン分割の全てのパターンを表現するものである。ここでは、図-1 に示すように、接点 26 を固定点とし接点 511~561 まで基準点の位置を順に移動させることによりゾーン分割を行った。

次に、同定手法には、直接法と間接法があるが、本論文では定式化の容易さなどから間接法による同定問題として定式化を行う。すなわち、電位に関する観測値とゾーン分割およびパラメータを仮定して得られた解析値との残差二乗和式(2)を最小にするパラメータを推定する。残差二乗和を最小にする手法として、種々の方法が提案されているが、ここでは Gauss-Newton 法³⁾である式(3)を用いる。

$$E = \sum_{i=1}^L (\phi(\lambda) - \phi_{ob})^2 \quad (2)$$

$$\lambda_{k+1} = \lambda_k + (G^T G)^{-1} G^T (\phi(\lambda_k) - \phi_{ob}) \quad (3)$$

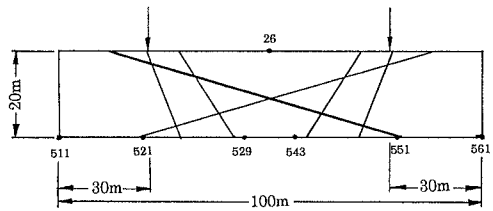


図-1 解析モデル

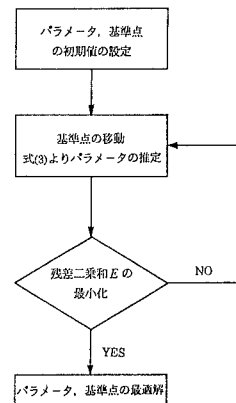


図-2 解析手順

ここに、 E :残差二乗和、 λ :パラメータ、 ϕ :電位の解析値、 ϕ_{ob} :電位の観測値、 G :感度行列である。これらの同定手順をまとめたものを図-2に示す。ここでは、以上の手法を用い、真の比抵抗値と基準点を仮定し、それとは異なる比抵抗値を初期値として与え、初期値がどれだけ仮定した真値に近づくかということで逆問題解析への適用性を評価した。

3. 解析結果と考察

本研究では、図-1において矢印を中心とした2個所で Wenner 法を適用しその解析値を観測値として見なした。表-1 に比抵抗値の真値および初期値を示す。この真値と初期値から得られた見掛けの比抵抗値を図-3に示す。このような比抵抗値の初期値から出発して逆解析によりいかに真値に近づくかを解析値と観測値の残差二乗和で示したものが図-4である。残差二乗和は真値として与えた基準点に近づくにつれ小さくなり、その近傍では極めて小さな値を示している。これらの結果から、本手法を用いることにより十分な精度で地盤の比抵抗値の同定が可能であると思われる。

表-1 解析に使用した値

設定値	真値	初期値
淡水層	3000	300
塩水層	300	30
基準点位置	26, 533	

(単位: Ω cm)

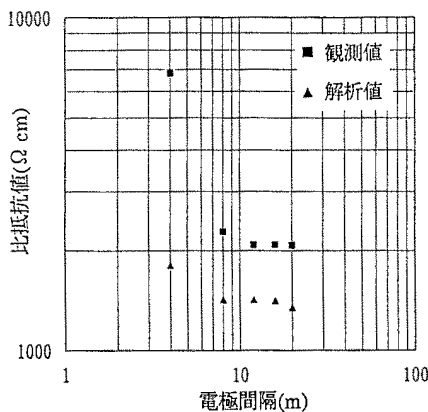


図-3 真値,初期値から得られた見掛け比抵抗値

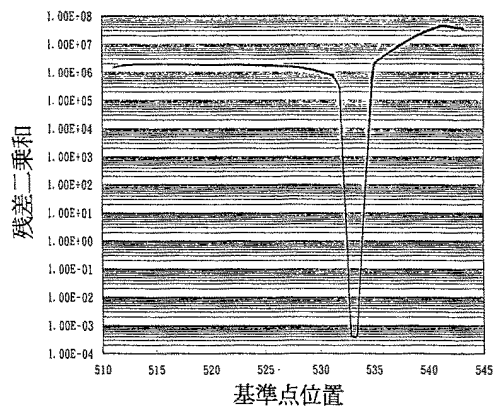


図-4 解析値と観測値の残差二乗和

4. おわりに

本論文では、地盤の比抵抗を逆解析的に推定する手法として、FEM 解析を用いた同定手法について検討を行ってきた。今回のモデル解析の結果から、観測値と初期値を与えることによって、地盤の比抵抗および比抵抗の異なる境界面を十分な精度で同定することができた。しかし、今回用いたのはモデル地盤であるため、今後は、実際の現場計測結果に用ることにより本手法の適用性についても検討を行っていきたい。

《参考文献》

- 1) 青木一男, 福田 護, 山上隆行: 比抵抗による塩水化調査の FEM 解析, 日本地下水学会 1994 年秋季講演会講演要旨, pp.132-133
- 2) 青木一男, 福田 護, 今西 肇, 西頼和之: 電気探査法による地下水への塩水侵入状況の把握, 第 37 回土質工学シンポジウム発表論文集, pp.105-108
- 3) 中川徹, 小柳義男: 最小二乗法による実験データ解析, 東京大学出版会, pp.95-99, 1982.