

Ⅲ-34

2次元比抵抗探査の分解能予測

九州大学工学部 正会員 佐々木 裕

1 はじめに

比抵抗探査はかなり古くから知られている地下探査法であるが、最近になって地盤工学の分野での適用性が積極的に検討されるようになった¹⁾。この背景には、高密度計測および逆解析手法の発達によって、地盤の比抵抗を2次元断面像として視覚化できるようになり、調査結果の信頼性が向上したことが挙げられる。比抵抗分布の視覚化は、わかりやすい地盤情報を提供することになり、探査結果の評価、利用を円滑にする役割がある。しかし反面、探査の全プロセスが適切に実施されなければ、比抵抗像だけが一人歩きをする可能性も否定できない。比抵抗探査の成果は地盤工学的解釈を経てはじめて有用な情報になる。比抵抗分布の解釈にあたっては地質学的・地盤工学的知識が必要であることは言うまでもないが、使用した電極系で達成しうる分解能、逆解析スキームの特性、偽像の出現可能性等について理解しておくことも大切である。本研究では、代表的な3種類の電極配置を用いた2次元比抵抗探査の数値シミュレーションを行い、電極配置と分解能の関係について考察した。

2 実験モデルとデータ

実験で用いた2次元モデルを図-1に示す。比抵抗が $100\Omega\text{m}$ の地盤中に $10\Omega\text{m}$ の低比抵抗帯が縦方向に多数発達し、その上部が $200\Omega\text{m}$ の表土層で覆われている。地表には51点の電極が配列されている。図のスケールは最小電極間隔を単位長さとして表示している。見掛け比抵抗データの計算は有限要素法を用いて行い、計算値には標準偏差5%の正規乱数（ノイズ）を加えた。検討した電極配置はダイポールダイポール（4極）法、3極法、2極法である。ダイポールダイポール配置では、ダイポール長は $a=1$ と $a=2$ の2通りとし、最大隔離係数は $n=10$ とした。データ数は620となった。3極法配置では、ダイポール長は $a=1$ と $a=2$ 、最大隔離係数は $n=11$ であり、データ数は891である。2極法配置においては最大電極間隔を24としたので、データ数は924となった。

3 逆解析の方法

逆解析では、地盤を多数のセルで分割した離散化モデルを設定し、各セルの比抵抗値を逐次修正して観測値に最も良く合ったモデルを探索する。モデル計算には有限要素法を用い、非線形最適化計算は平滑化制約付き最小二乗法により行う²⁾。

4 実験結果

4極法、3極法、2極法の解析結果を図-2に示す。いずれも反復回数は5回である。最終の平均残差はそれぞれ0.050、0.051、0.051であり、与えたノイズのレベル5%にいずれも収束している。図-1と図-2を比較すると、モデルの再現性は4極法が最も良く、続いて3極法、2極法の順である。4極法と3極法の結果は類似しており、いずれも深度5ユニットあたりまでは低比抵抗帯が分離されている。一方2極法では相対的に分解能が低く、縦構造が明瞭に現れていない。このような分解能の違いは、各電極配置の感度分布の特性で説明できる。すなわち、4極法や3極法では感度の高い領域がダイポールの下方に比較的限定されるのに対し、2極法ではより広い範囲にわたって感度が分布し、より広い範囲の平均化効果を受けるためと考えられる。

逆解析結果はデータの品質によっても大きく影響される。上記のモデルに対する（単位電流あたりの）測定電位の頻度分布を図-3に示す。測定電位は2極法が最も大きく、ダイポールダイポール法が最も小さい。測定電位の平均値（図中の矢印）は、大きい順に0.25、0.10、0.05V/Iである。ダイポールダイポール法は分解能では優れているが、より小さい電位を扱わなければならない。従って電極配置の選定にあたっては、測定器の性能（主に最大送信電流と受信精度）も考慮する必要がある。

5 調査計画におけるシミュレーション

比抵抗探査の目的は断層調査や地滑り調査等様々であり、また対象となる地質構造やノイズ環境も多様である。従って上記のようなシミュレーションから直ちに電極配置の優劣を結論することはできない。しかし、調査計画の段階ではシミュレーションは特に有効である。予想地盤モデルを基にシミュレーションを事前に行えば、調査目的に最も合致した調査仕様を予測することができる。

シミュレーションのもう一つの意義は、使用する逆解析スキームの特性を知ることができる点にある。モデルと再構成された比抵抗像を比較することにより、偽像の出現可能性やそれを低減するためのパラメータ設定条件を把握できる。

6 おわりに

2次元比抵抗探査は地盤工学分野での適用が進むにつれ、より高い信頼性が求められるようになった。今回取り上げた電極配置だけでなく、複合型等の他の電極配置、さらにCSAMT法等の電磁探査についても分解能・精度の比較検討を進めていきたい。

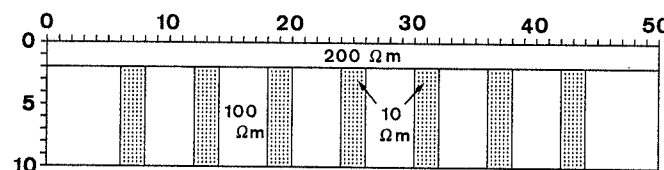
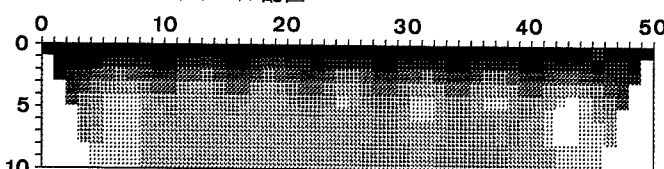
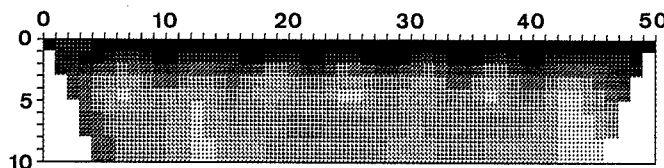


図 - 1 比抵抗モデル

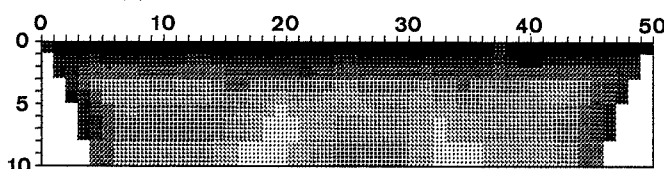
a) ダイポールダイポール配置



b) 3極法配置



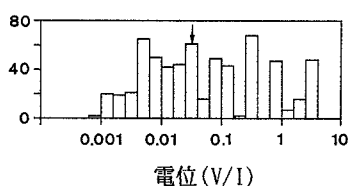
c) 2極法配置



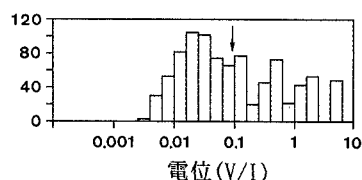
比抵抗 15 28 53 100 190

図 - 2 逆解析結果

a) ダイポールダイポール配置



b) 3極法配置



c) 2極法配置

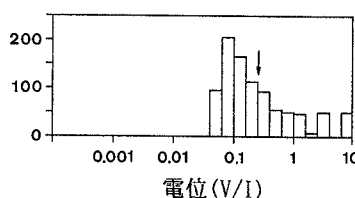


図 - 3 測定電位の頻度分布

《参考文献》 1) 松井 保 : 高密度電気探査技術とトンネル地盤調査への適用性、地下空間利用シンポジウム論文集、1993.6. 2) 佐々木 裕 : 比抵抗法2次元インバージョンの改良、物理探査、Vol.41、1988