

岩盤の比抵抗分布推定による不飽和域評価方法の検討

清水建設
日本地下石油備蓄
清水建設
清水建設

技術研究所
業務部
技術研究所
土木事業本部

正会員

正会員

○奥野哲夫
植出和雄
宮下国一郎
長谷川 誠

1.はじめに 比抵抗は岩盤の飽和度と比較的相関が強いと考えられ、岩盤内の不飽和域の生成を比抵抗の変化として捉えることで評価できる可能性がある。本検討では、既設作業トンネルから削孔したボーリング孔を用いて、飽和状態及び不飽和域を発生させた状態での比抵抗トモグラフィ計測により、その比抵抗分布の変化に基づいて不飽和状況の推定の可能性を検討した結果を示す^{1), 2)}。

2.実験現場と地下水状況 実験現場は水封式岩盤タンクに隣接する作業トンネル内であり、図-1にその断面を示す。不飽和域の形成は同図に示すNo.1孔及び排水孔を揚水することにより行った。この期間の実験準備作業等も含め、主な操作状況は図-2に示している。最終的に各ボーリング孔での水位制御範囲は、排水孔:EL-11m～-13m, No.1孔:EL-1m～-7m, No.2孔:制御なし（僅かな地下水位低下が観測されている）、である。結果的に、図-1に示すようにNo.1孔と排水孔の漸移帯付近までの地下水位が低下した。

3.検討方法 比抵抗トモグラフィ計測は図-1に示すNo.1孔とNo.2孔間で、地下水位を低下させる前、及び地下水位を低下させた状態で行い、両推定値分布の変化から不飽和域の推定を行った。比抵抗トモグラフィの電極配置は孔内での電極間隔を全て1mに設定し、No.1孔に電流電極32極を、No.2孔に電位電極32極をそれぞれ設置した。計測データの解析には、クロスホールで計測したデータを用いた。以下にその概要を示す。

解析には図-3に示す3次元FEM解析モデルを用いた。この理由は、既にある程度の情報が存在する施設の維持管理段階では、事前情報として既設構造物を適切にモデル化することでこれらの影響を除去し、評価対象である岩盤の比抵抗分布を適切に評価するためである。具体的には次のようなモデル化を行った。まず、トンネル空洞やボーリング孔の配置等の幾何形状は3次元モデルで表現し、ラス網はシェル要素(面要素)としてモデル化した。また、ロックボルトに関しては、それ自体の導電性は優れているが、各々は連結していないことから、その影響は小さいと判断してモデル化は行っていない。一方、ボーリング孔口元付近のケーシングについては同様に導電性に優れており、かつ、電極の一部と近接している。このためケーシングに関しては線要素としてモデル化した。さらに、孔内水は間隙水と異なり推定結果に独自の影響を与えることが知られており、孔内水の水質分析結果に基づきその比抵抗を求め、ボーリング孔に沿って線要素によりモデル化した。なお、測定は同一断面内の2本のボーリング孔を用いているため、基本的に3次元的な推定は困難と考えられ、ここでの3次元解析はあくまで既存のトンネルの3次元的な影響を考慮することを目的とした。また、図-3の3次元モデルの外周境界は、地下の半無限領域を考慮した境界条件を設定している。

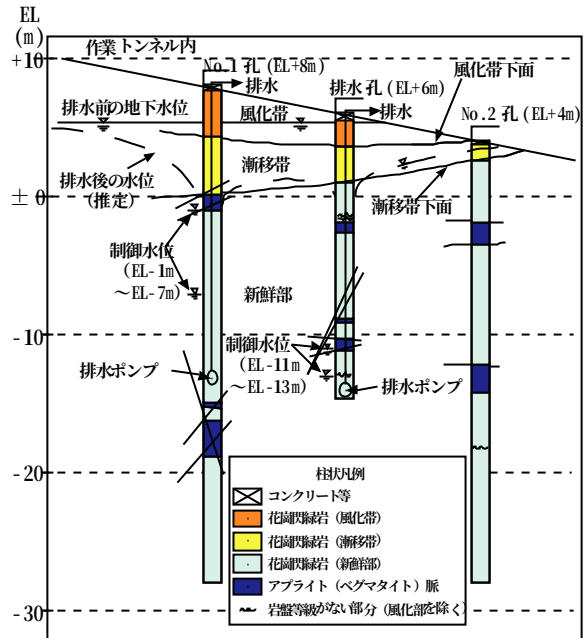


図-1 実験現場断面と孔内水位制御

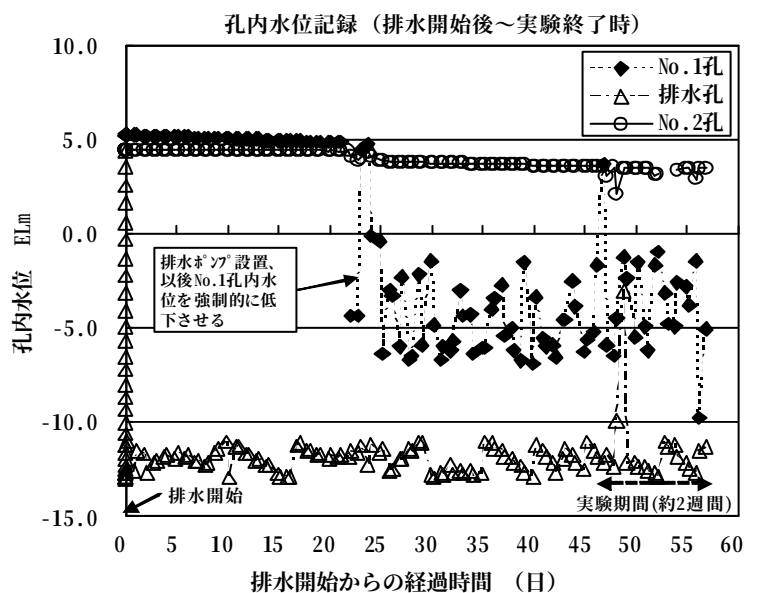


図-2 孔内水位の制御と観測結果

キーワード: トモグラフィ, 比抵抗, 飽和度, 水封式岩盤タンク, 逆解析, 岩盤

連絡先: 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17・電話03-3820-5128・FAX03-3820-5959

4. 比抵抗分布推定結果と考察

上記のモデルを用いて実施した比抵抗トモグラフィの推定結果を図-4に示す。比抵抗値の増分は地下水位低下後の推定値から地下水位低下前の推定値を差引いて求めた増分である。これより以下のことがわかる。

地下水位の低下が生じているEL-1.0m以浅の風化帯や漸移帯では、数百 Ωm 程度の比抵抗値の増加が認められる。この領域の比抵抗値の増加は、地下水位低下に伴う不飽和域の発生と整合するものと考えられる。しかし、No.1孔のEL-1.0m以深については全領域に亘って比抵抗値が高くなっており、この範囲は概ね地下水位が存在することから不飽和域が発生することは考えにく

い。この比抵抗値の増加原因の一つは、No.1孔内に設置した排水ポンプの稼動に伴う電氣的ノイズが測定データに混入していることが考えられた。No.2孔周辺に見られる比抵抗値の増減は、その影響を受けたNo.1孔沿いの比抵抗値の乱れに対して、結果的に測定データにフィッティングするようにNo.2孔付近の比抵抗値が変動している可能性が考えられた。以上のように、今回の測定条件として排水ポンプの電氣的ノイズの影響が考えられたが、No.1孔上部の風化帯および漸移部に関しては、地下水位低下に伴う不飽和域発生に整合する比抵抗値の増加が認められることから、本手法の適用可能性が認められる。

5. おわりに 岩盤内の不飽和域の推定に対する比抵抗トモグラフィの適用性検討について、実現場を用いての実験的検討を行った。その結果、モデル化において地下構造物に関する既知情報(事前情報)を適切に考慮することで、岩盤の不飽和域の発生を比抵抗の変化として捉えることができる可能性があることがわかった。

参考文献 1)奥野ら, 水封式岩盤タンク周辺の比抵抗分布推定による岩盤の健全性評価方法の検討, 第37回地盤工学研究発表会, pp.1263-1264, 2002., 2)物理探査学会: 物理探査ハンドブック, pp.270-275, 1998.

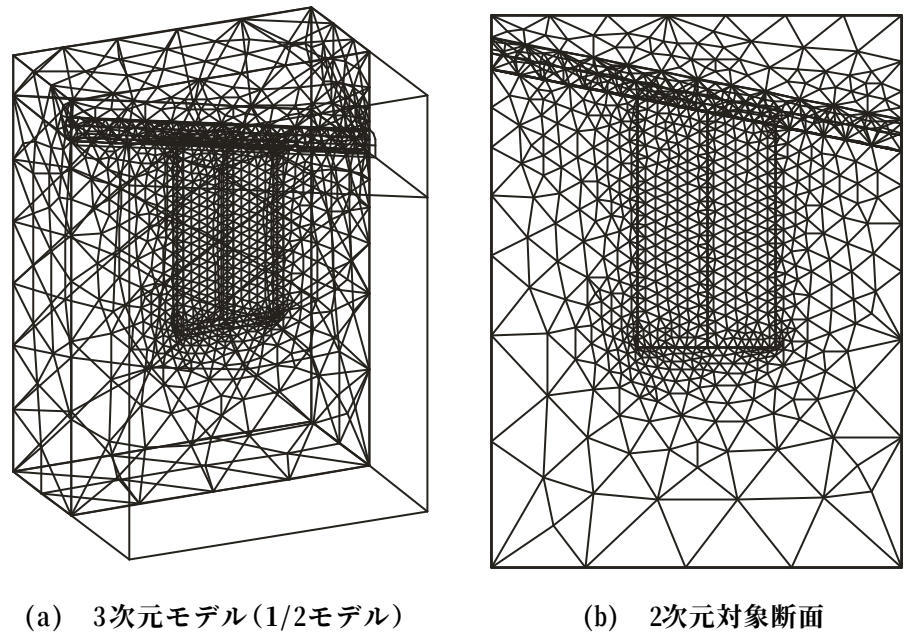


図-3 解析モデル(メッシュ図)

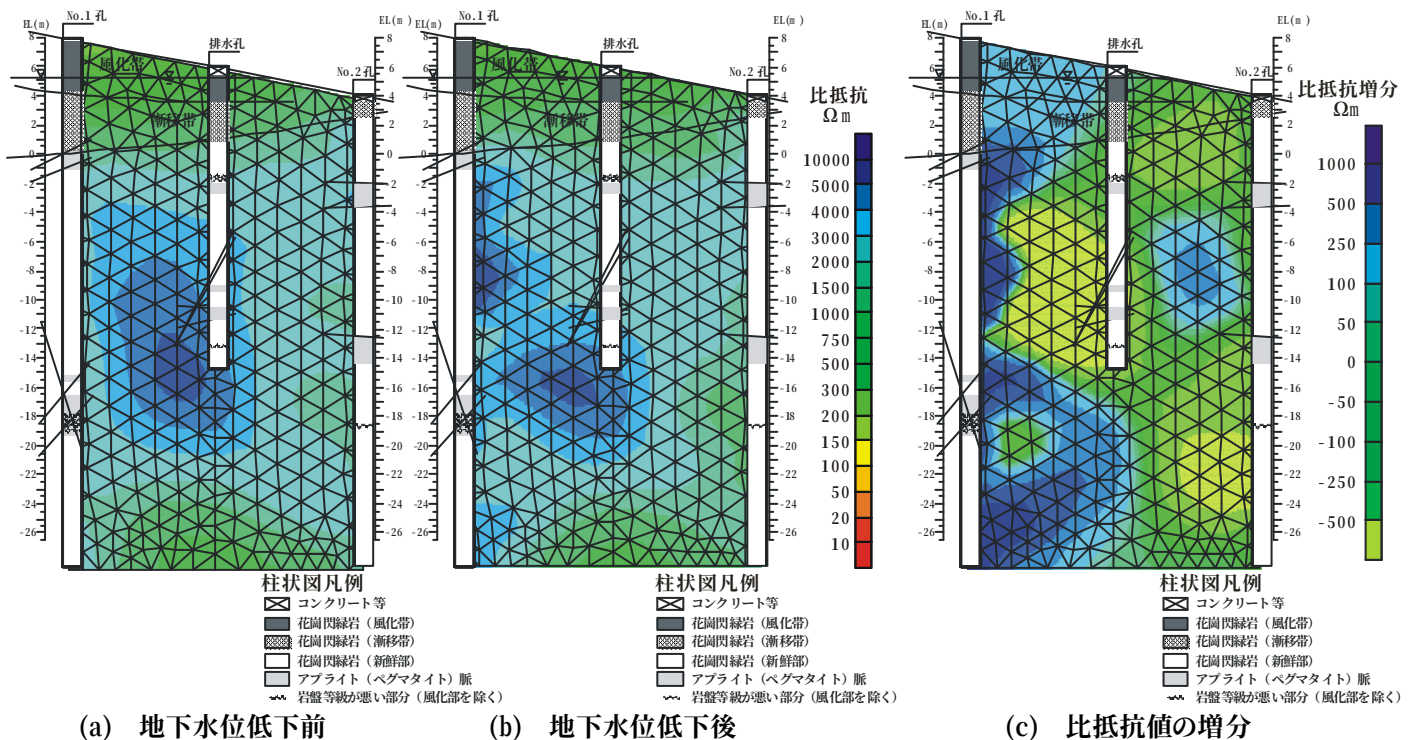


図-4 比抵抗トモグラフィによる推定結果