

Ⅲ-A419

岩盤地下水開発における比抵抗探査結果の評価システムの検討

清水建設(株) 正会員 ○西 琢郎・竹中 久
応用地質(株) 坂下 晋・吉田 堯史

1. はじめに

岩盤内の地下水は、水量が気候条件に左右されにくく安定した水供給が期待できるため、人口集中などに伴って河川水資源が大幅に減少する渇水頻発地域に対しては有効な水資源になり得ると考えられる。ここでは、岩盤内地下水の開発を効果的に行うにあたっての重要なポイントの一つである帯水性の評価について、花崗岩質岩盤を対象に比抵抗探査結果を用いる評価システムについて検討した。

2. 評価システムの内容

評価システムは、地表からの探査結果を用いる一次評価と、ボーリングによる実地盤データを用いる詳細評価に分けられる。

1) 一次評価

図1に一次調査段階での評価のフローを示す。ここではまず文献調査、空中写真判読、地質踏査などにより対象地域の概略水文地質モデルを想定する。そして比抵抗探査を実施して、地質モデルと比較しながら比抵抗値の分布状況を把握する。次に比抵抗値を帯水性の評価に結びつけるため、例えば Archie の式などに代表される比抵抗と岩石の間隙率・飽和度との関係式を用いて比抵抗値を間隙率などへ換算しその分布を把握する。ただしこの段階の評価では、実際の岩盤内のデータが得られないため、換算式に用いる係数などは岩石コアの室内試験から定められている一般的な値を代入する。

一般に岩石の比抵抗は、間隙率・飽和度の他に、導電性物質の含有量、間隙水の水質・温度等によって左右されるので、比抵抗値そのものが岩盤の帯水状況を一意的に示すものではない。しかし、例えば花崗岩のように岩質が均質で地質構造も比較的単純な岩盤を対象とすれば、比抵抗値は岩盤の間隙率と飽和度とに左右される要素が大きいと想定される。

そこで、諸文献²⁾ならびに資料から様々な地域の花崗岩質岩と火山岩における Archie の式の地層係数と間隙率の関係を整理した(図2)。この図より地層係数と間隙率にはある程度の相関がみられ、陸域の岩盤においても Archie の式が適用できることがわかる。そこで得られた換算間隙率が通常の花崗岩質岩盤のものとして妥当と判断されるなら、その間隙率の分布形状と想定地質モデルを参考に、風化部や亀裂の発達した部分などの概略区分を行って取水可能性の一次評価を行う。しかし、図2に示されるように、岩石に変質などの影響が見られると Archie の式は成立しなくなる。このような場合の換算間隙率は、通常の花崗岩質岩盤としては適正ではない値を示すと考えられる。そこで、このような部分は換算式による評価が困難と判断し、詳細調査が必要な領域としてグループ化し詳細調査へ引き継ぐ。

キーワード：比抵抗探査、間隙率

〒100-0011 東京都千代田区千代田 2-2-2 富国生命ビル、Tel: 03-3508-8101

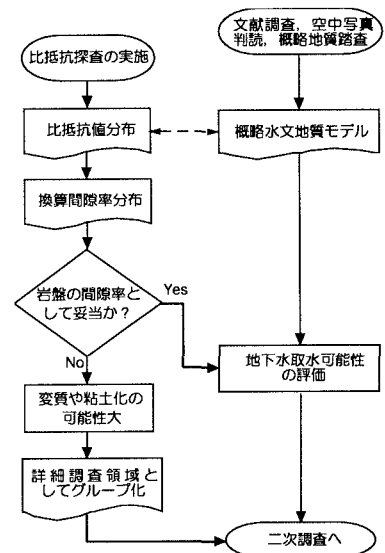


図1 評価システムにおける一次評価の流れ

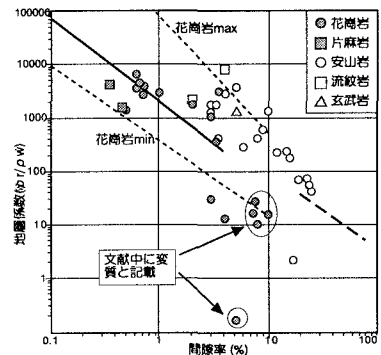


図2 地層係数と間隙率の関係

(図中の直線は文献にある Archie 式の一般的な係数を用いた)

2) 詳細調査

詳細調査段階ではボーリングを実施し、地質の確認を行うと共に、コアの比抵抗・間隙率、間隙水の比抵抗を測定する。そして一次評価で用いた換算式の適用性を確認すると同時にその係数を補正する。また必要に応じて松井²⁾や岩本³⁾が行っているように岩石の表面伝導を考慮した間隙率換算も行う。また電気検層と孔壁の観察を行って、現位置岩盤の比抵抗値を測定し地表探査結果を補正すると同時に、岩盤状況との対応を考慮して間隙率分布を補正しより精度の高い帯水性評価を行う。

3. 数値モデルによるアウトプットの例示

以上の評価システムにおけるアウトプットを例示するため、花崗岩質岩盤の仮想的な比抵抗モデルを設定し、間隙率への換算、グルーピングによる補正などを行った。

図3に設定したモデルを示す。ここでは岩盤モデルは地下水面下の部分とし、風化部と堅岩部の2層構造中に粘土を伴う変質帯部と亀裂が集中した亀裂帯部が存在すると想定した。これに対し、FEMによる順計算および2種の逆解析¹⁾から比抵抗値分布を得た（図4）。この比抵抗値を元に花崗岩における Archie 式の一般的な係数と一般的な岩盤地下水比抵抗値を用いて得た間隙率分布を図5に示す。これより、風化帯と変質帯の付近で間隙率が30%以上となり、通常の花崗岩質岩盤の間隙率としては適正とは考えにくい。そこでこの部分は詳細調査領域としてグルーピングする。図6はこのグルーピングした部分の係数を、図2に示した花崗岩で最も小さいものに変えたものである。これにより、風化帯部分はある程度妥当な換算間隙率に補正できた。

4. おわりに

比抵抗探査結果を土木工事の設計・施工に直結する物性に変換し評価する方法として筆者らの検討はまだ端的なものであるが、今後は他の岩種における適用性を検討すると共に、他の探査手法も併用してより多次元の尺度から探査結果を評価する手法も検討して行く予定である。

参考文献

- 1) 島 裕雅ほか(編): 比抵抗映像法, 古今書院, 1995.
- 2) 松井 保・朴 三奎: 比抵抗と弾性波速度による山岳トンネルの定量的評価手法とその適用, 土木学会論文集, No. 547/III-36, 117-125, 1996.
- 3) 岩本 宏ほか: 岩石コア試料の比抵抗値と孔内検層結果に基づく間隙率分布の推定, 岩盤力学シンポジウム講演論文集, vol. 27, 331-335, 1996.

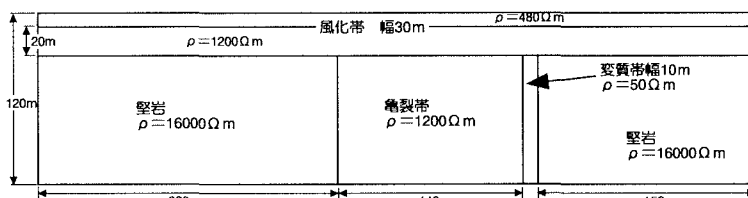


図3 想定花崗岩質岩盤モデル

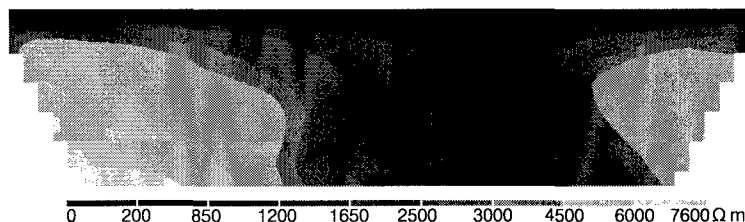


図4 モデルより得られる比抵抗値分布

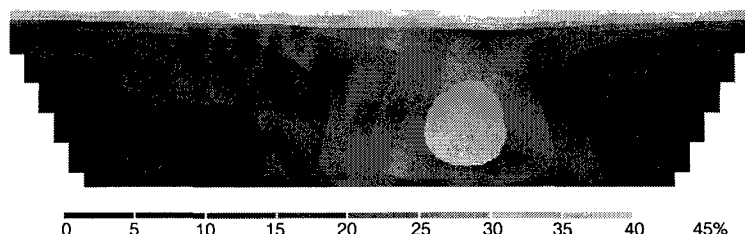


図5 Archie の式を用いた換算間隙率分布。迂回率係数 (a): 1.4, 膠着係数 (m): 1.58, 間隙水の比抵抗: 70 Ω m

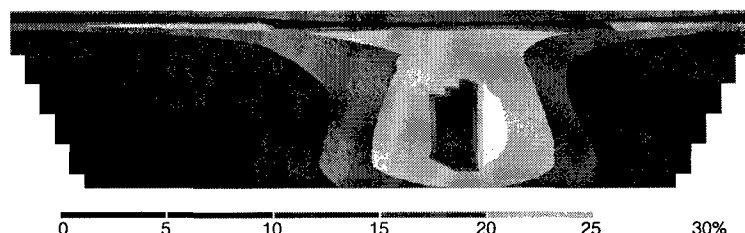


図6 補正換算間隙率分布 (グルーピング化した部分: a = 0.6, m = 1.4, $\rho_w = 70 \Omega m$)