

## 物理探査法による浅部地盤の透水性状の可視化技術

## Imaging techniques of near surface permeability using geophysical exploration

# 鈴木 浩一[1]

# Koichi Suzuki[1]

[1] 電中研

[1] CRIEPI

<http://criepi.denken.or.jp/index-j.html>

物理探査法は情報処理技術の向上とともに測定・解析技術の高精度化が図られているが、土木建設分野における地点の水理地質構造や力学強度など工学的な物理特性の評価に対しては、解析断面の解釈に客観性がなく、概略的な地質構造を把握するための補助的な手段に過ぎないとの評価にとどまっている。

近年、石油探査分野では、泥質砂岩を対象とし粘土粒子による電気伝導現象（過剰伝導現象）を考慮した電気伝導モデルに関する研究が数多く行われている（Waxman and Smits, 1968；Sen et al., 1981；Bussian, 1983など）。また、地盤の電気比抵抗と透水性との相関性を解明するため、連続性のある間隙を水と電流の共通の通り道と考え、間隙の屈曲性を考慮した電気伝導モデルが提案されている（Goode and Sen, 1988；Sen et al., 1990など）。さらに、de Lima（1995）は水理的屈曲性および過剰伝導現象を考慮した電気伝導モデルに基づき、複数の物理検層結果から透水係数に変換する理論を提案している。一方、結晶質岩にも粘土粒子以外の過剰伝導現象があることが実験的に確認されており（千葉・熊田, 1994）過剰伝導現象を考慮して複数の物理検層結果から透水係数を導く経験式が提案されている（Katsube and Hume, 1987）。これらの研究から、地盤の透水性を考慮した比抵抗モデルは、土質地盤や新第三紀以降の堆積岩など粒子間隙に透水性が支配される多孔質地盤と、新鮮な結晶質岩や先第三紀の堆積岩など主として割れ目に透水性が支配される硬質地盤に大別するのが妥当と考えられる。本報では、複数の物理検層データを組み合わせる透水係数のプロフィールを求める手法を国内の調査地点に適用し、室内試験や他の手法によるデータと比較してその有効性を検討した。

地盤の比抵抗値から透水係数を導くには間隙の水理的な屈曲性を考慮するとともに、帯電した細粒分あるいは微細な間隙表面で起こる表面伝導現象を除去する必要がある。まず、de Lima（1995）による泥質砂岩を対象とした電気比抵抗モデルに基づき、複数の物理検層データ（電気、自然ガンマ線、中性子検層）から透水係数を算出する手法を提案した。この手法を新第三紀の泥岩、砂岩を主体とする堆積性軟岩での検層データに適用した結果、層厚の大きい細粒砂岩、泥岩部で得られた透水係数は、コア試料による室内透水試験結果と調和的な値が得られた。ただし、物理検層の空間分解能（例えば電極間隔）より薄い幅数 10cm 以下の薄層（凝灰岩類）については計算値と室内試験による透水係数との差が大きくなった。

次に、Katsube and Hume（1987）の割れ目系岩盤を対象として、原位置透水試験による透水量係数と2つの地層比抵抗係数の比（中性子検層より求まる地層係数と電気検層より求まる地層係数との比）の相関式に基づき、電気検層、泥水検層、中性子検層結果から透水係数を求める手法を、先第三紀の花崗岩類よりなる硬岩地点での検層データに適用した。その結果、得られた透水係数プロフィール中の高透水性の一部は、孔井冷却後の光ファイバー温度検層による温度回復時の異常部より確認された水みちの深度と整合した。この高透水性は、比抵抗は小さく、間隙率が大きい部分、すなわち花崗岩中に存在する割れ目に対応するものと考えられた。ただし、水みちの深度以外にも高透水性が見られるが、これは水みちとはならない連続性のない割れ目をとらえたものと推定できる。なお、安山岩よりなる幅数  $m$  の貫入岩も高透水性として解析されたが、水みちとは対応しておらず、岩石マトリックスの間隙率の異なる岩種を対象とした場合は一つの相関式では問題があることが明らかとなった。

今後は、様々な岩種に対する地盤物性値間の相関性および電気伝導モデルなどを解明することが重要な研究課題とで考えられる。また、ボーリング孔では多種の物理検層が行えるのに対し、地表面から地盤を3次元的可視化できる物理探査法として、電気探査法及び弾性波探査法による比抵抗断面、弾性波速度の数値断面しか得られないのが現状である。しかし、将来的に、地盤の粘土分の分布が探査できる手法（例えば電気探査 IP 法）が実用化されれば、これら地表面からの物理探査結果からおおよその透水係数の空間分布を求めることは可能であると考えられる。