

電磁波を利用した岩盤の水理地質構造評価について

鹿島技術研究所 正会員 戸井田 克 正会員 升元 一彦
鹿島技術研究所 正会員 日比谷 啓介 非会員 田中 真弓

1. はじめに

岩盤構造物の設計・施工に際しては、岩盤の構造や各種物性値を精度良く把握することが必要であり、特に、高レベル放射性廃棄物地層処分のように、事前調査段階では数少ないボーリング孔を利用して地下深部の岩盤を評価することが望まれるような場合、用いる探査手法の探査範囲・精度を十分把握した上で、調査計画を立案すべきと判断される。筆者らは、これまでに、3次元的な岩盤の水理地質構造評価に関し、原位置計測結果に基づく各種トモグラフィ手法による研究を進めてきた。とりわけ、電磁波は含水状態に対して鋭敏であり、弾性波や比抵抗等よりも分解能が高いため、水理地質構造評価に最適の手段と考えている¹⁾。今回は、トモグラフィ測定に用いる電磁波として、従来までのパルス波よりも伝播距離が大きいと言われる連続波タイプの電磁波²⁾を用いて原位置試験を行った。その結果、従来のパルス波と同程度の分解能を確保しつつ、より広い範囲を探査できる見通しが得られたので、これらの結果について報告する。

2. 測定方法

原位置試験は、土被り約 500m の岩盤中に掘削されたトンネルの底盤から鉛直下向きに削孔した 2 本のボーリング孔で実施した。孔長は 30m、岩種は花崗閃緑岩で亀裂頻度が平均 5~20 本/m 程度の堅硬な岩盤である(図-1 参照)。実施した原位置試験は、連続波タイプの電磁波を用いたトモグラフィと各種孔内試験であり、この他に岩石試料の比誘電率・導電率測定を実施した。使用したトモグラフィ測定システムは、アンテナからの発信周波数が 0.1~8MHz であり、各ボーリング孔の深度 2~30m 区間で発受信間隔を 2m とした。本システムは、時間軸上で段階的に発信する電磁波の周波数を変化させる方式を採用しており、具体的原理²⁾の紹介は割愛するが、パルス波よりも大きなエネルギーを岩盤中へ送り込めることが特徴である。また、孔内試験としては比抵抗検層(ノルマル法、マイクロ法)、温度検層、孔径検層、BTV 観察、孔内水電気伝導度測定、孔内微流速測定(B 孔のみ)を実施した。

3. 測定結果

トモグラフィ測定結果からは、伝播速度と振幅減衰を求めることができ、さらに、両者から導電率の算出も可能である¹⁾。振幅減衰や導電率の評価については現在検討中であり、本論文では、測定結果による速度分布と水理地質構造の対比を主体に考察する。

3.1 伝播距離について

図-2 は、トモグラフィ測定に先立ち、本システムの伝播特性を調べるために発信点を孔中に固定し、受信点をトンネル底盤沿いに移動して測定を行った結果である。図中には、従来のパルス波による測定結果も併せて示してある。これより、パルス波では 20m 程度で受信信号がノイズレベル以下になるのに対し、連続

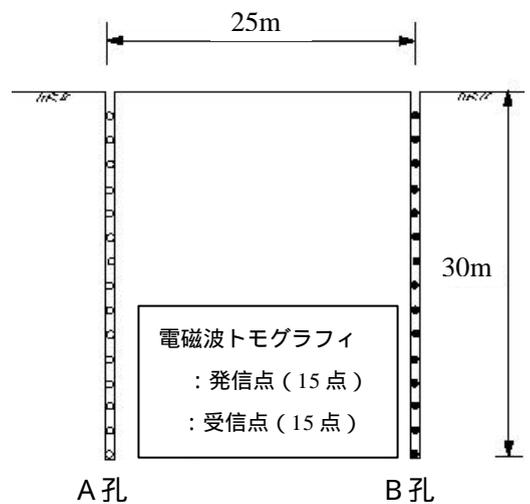


図-1 測定概要

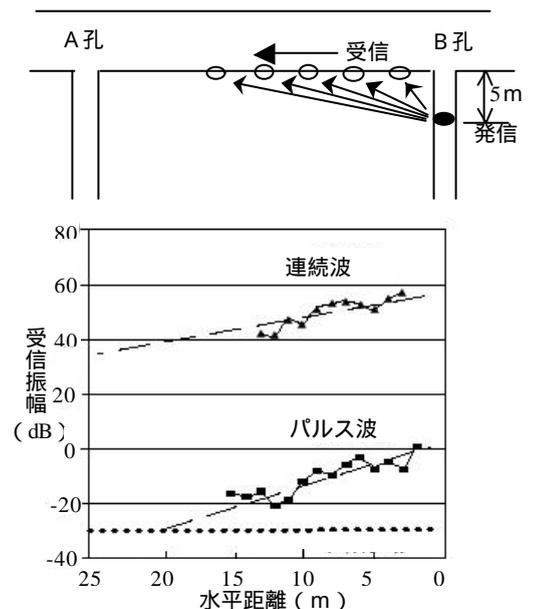


図-2 伝播能力試験結果

キーワード：岩盤，トモグラフィ，電磁波，水理地質

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL (0424)89-7081 FAX (0424)89-7083

波では2~3倍程度の距離まで信号が検出可能であると思われる。

3.2 水理地質構造との対比について

図 - 3 は、トモグラフィ解析結果（速度分布）と孔内試験結果を対比したものである。これより、電磁波速度の大きい部分は、ボーリング孔沿いの電気検層で比抵抗の比較的大きい部分や BTV 観察結果による亀裂分布が少ない部分と整合しており、連続波タイプの電磁波による探査能力に問題はないものと考えられる。但し、深度 5m 以浅に高速度帯がみられる点については、トンネル壁面の亀裂観察結果との食い違いがある。図 - 4 は、0.1~8MHz の周波数帯のうち、比較的低い特定の周波数領域（2~4MHz）のデータのみから算出した速度分布である。これより、ボーリング孔内よりも比較的大規模の大きい亀裂が見られるトンネル壁面状況との対比は良好であり、今後、このような周波数別の速度分布と水理地質構造との関係について詳細に検討する予定である。

また、図 - 3 には、湿潤状態の岩石試料を用いて算出した導電率（周波数 10MHz のデータ）を比抵抗値に換算したものを A 孔の比抵抗検層結果中に印で併記した。測定方法が異なるため絶対値としての対比は難しいが、相対的に深部の方が岩石試料の比抵抗が大きいのに原位置での比抵抗が小さくなっていることがわかる。一方、孔内微流速測定や別途実施した湧水圧測定から深度 15-20m 以深で高い水圧や湧水が確認されており（図 - 3 参照）、深部の方が岩盤中の飽和度が大きいことが、前述の、岩石試料の比抵抗が大きいのに対し原位置での比抵抗が小さい、という現象として現れていると考えられる。このように、原位置測定結果と室内試験結果の総合的評価も数少ないデータからの解釈・評価には不可欠と考えられる。

4. おわりに

本論文では、花崗閃緑岩サイトでの電磁波トモグラフィ・孔内試験結果等から、連続波タイプの電磁波を利用した場合の探査能力確認、及び解析結果と水理地質構造との対比について検討した。今後は、岩種の異なるサイト（軟岩も含む）での実績を積み重ねると共に、より定量的な評価を目指した検討を進める予定である。

【参考文献】

- 1) 戸井田他：ボーリング孔を利用した電磁波トモグラフィによる水理地質構造評価，第 10 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.737 - 742，1998.1
- 2) 鈴木他：ステップ式連続波レーダー探査装置を用いた地中探査，地質ニュース，537 号，pp.44 - 52，1999.5

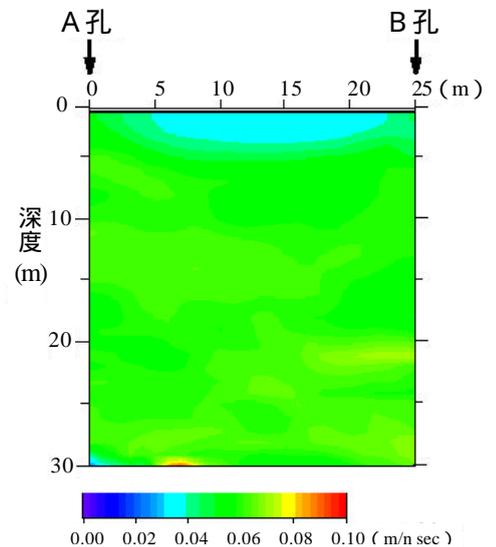


図 - 4 速度分布（低周波域）

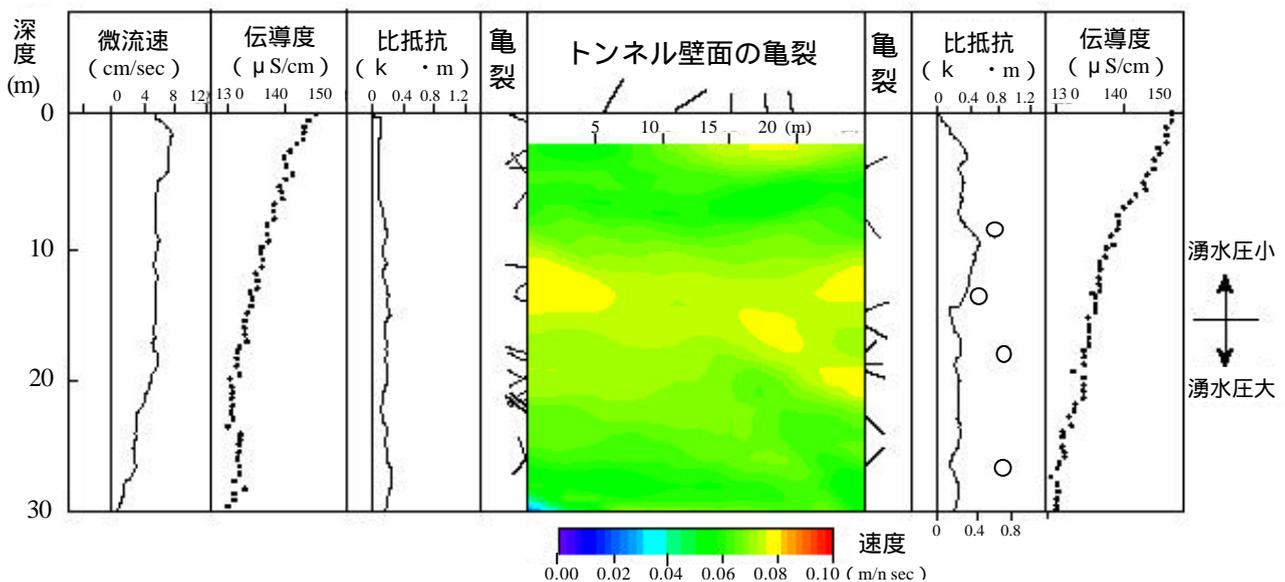


図 - 3 トモグラフィ測定結果