

Ⅲ - A 303

電磁波トモグラフィによる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

鹿島技術研究所 正会員 塩 釜 幸 弘

1. はじめに

地下深部岩盤の利用に際しては、設計・施工上、岩盤の水理地質構造を精度良く評価することが必要とされる。特に、岩盤の透水特性については“マクロ的な透水係数を把握すること”や“ミクロ的な透水経路（水みち）を把握すること”が望まれる。筆者らは、これまでに花崗岩サイトにおいて水みちになる可能性の高い、変質度の大きい部分を電磁波トモグラフィから算出した比抵抗（導電率の逆数）の低下域として検出できることを確認した。¹⁾ 今回は、同サイトでより多くの原位置試験データを蓄積・整理すると共に室内試験における岩石試料でも同様の傾向を把握できたので、その結果について報告する。

2. 原位置試験

2.1 試験方法

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4本のボーリング孔で実施した。孔長は7mであり、岩種は花崗岩で亀裂頻度が平均5本/m程度の堅硬な岩盤である。実施した原位置試験は図-1に示す電磁波トモグラフィと電気検層であり、各々の概要を以下に示す。使用した電磁波トモグラフィのシステムは、アンテナの中心周波数が80MHzであり、各ボーリング孔の深度1～7m区間で発受振間隔を0.5mとした。また、孔内試験としてボーリング・コア観察と比抵抗検層を実施し、コア観察では、一般的な亀裂頻度（本/m）やRQDの他に母岩や個々の亀裂に関する変質程度を観察した。具体的には、野口ほかの手法²⁾も参考にして未変質を0%、全体変質を100%として母岩及び亀裂の変質度を%表示した。また、比抵抗検層では堅硬な岩盤中に存在する個々の亀裂の性状を知る必要があるため、電極間隔を短い5cmとするマイクロ法を採用した。

2.2 試験結果

電磁波トモグラフィの測定結果からは、電磁波速度 V と導電率 σ の逆数としての比抵抗 $(1/\sigma)$ を算出した。これらの結果と共に、前項で示した孔内試験結果を整理した一例が図-2である。また、表-1は原位置で別途実施したトレーサ調査から得られた水みちと電磁波トモグラフィから求めた V や $1/\sigma$ 及び比抵抗検層結果による見掛け比抵抗 ρ の関係を整理したものである。これらより、以下の知見を得ることができた。

●水みちとなっているのは、①母岩の変質度が大きい区間、②変質亀裂の密集部、③捕獲岩部のいずれかである。

●上記①では、 ρ 、 V 、 $1/\sigma$ のいずれも小さい値を示すが、②、③では、 ρ や V が小さくても $1/\sigma$ は小さい。すなわち、水みちでは必ず $1/\sigma$ が小さくなる。

3. 室内試験

上記の原位置試験結果を検証するために、岩石試料を利用した室内試験を実施して電磁波特性を把握した。

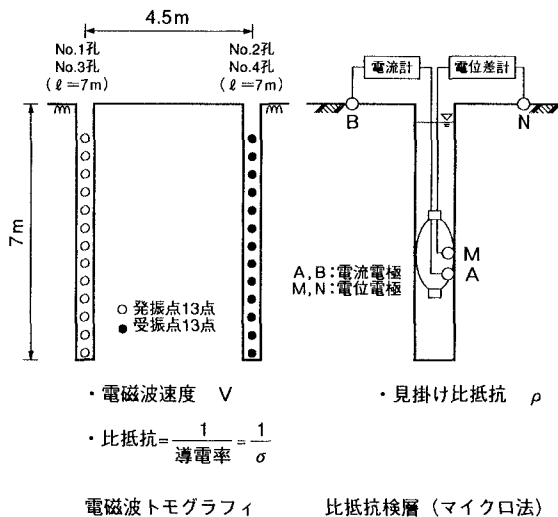


図-1 原位置試験方法

キーワード：岩盤、トモグラフィ、電磁波、水理地質

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

3.1 試験方法

測定用試料は、図-3に示すように岩石コアを直径25mm、厚さ4mmの円柱形に整形して表面を銀ペーストでコーティングした。測定機器は、インピーダンス／ゲイン・フェーズ・アナライザーにテストフィクスチャを取付けたものを使用し、測定した周波数範囲は1～40MHzである。今回の検討では、試料を強制湿潤（72時間）させた状態のデータで、原位置で使用したアンテナの周波数に最も近い40MHzの測定値を用いた。

3.2 試験結果

表-3は、室内試験結果を岩石試料の変質度別に整理したもので、間隙率が同程度の試料について速度Vと比抵抗 $1/\sigma$ を比較している。これより、変質度が大きくなっても電磁波速度はほぼ同じだが、比抵抗は小さくなることがわかる。すなわち、水みちとなるような変質度が大きい部分では電磁波トモグラフィから求めた比抵抗 $1/\sigma$ が小さくなるという原位置試験結果と整合する室内試験結果が得られた。

4. おわりに

本論文では、花崗岩サイトにおいて実施した電磁波トモグラフィ・比抵抗検層等から、水みちとなるような変質度の大きい部分では、電磁波トモグラフィ測定から算出した比抵抗 $1/\sigma$ が必ず小さくなる傾向にあり、室内試験の岩石試料でも同様の傾向が見られることを確かめた。今後は、岩種の異なるサイト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、升元：電磁波、比抵抗、弾性波による岩盤の水理地質構造評価について、岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.303～307, 1997. 1.
- 2) 野口、岩崎、小池：深部花崗岩体における亀裂情報のデータベース化とその利用、岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.56～60, 1991. 2.

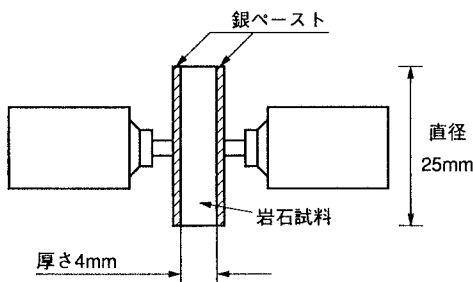


図-3 室内試験方法

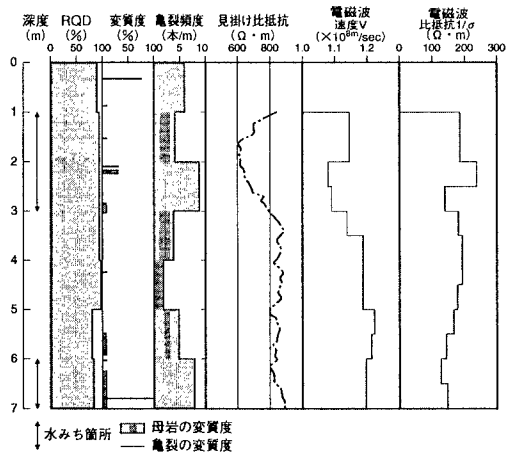


図-2 No.3孔電磁波トモグラフィ測定・比抵抗検層結果

表-1 水みちと電磁波・比抵抗特性の関係

ボーリング孔	水みちの深度	地質状況	比抵抗検層		
			比抵抗 ρ	電磁波トモグラフィ 速度V	比抵抗 $1/\sigma$ *
No.1	2.5～3.5m	区間として変質亀裂頻度大	小	小	小
	4.0～5.5m	区間として変質亀裂頻度やや小（捕獲岩あり）	大	大	小
No.2	2.0～3.0m	区間として変質亀裂頻度大	小	小	小
	5.5～6.5m	個別の変質亀裂多い亀裂頻度大	小	小	小
No.3	1.0～3.0m	個別の変質亀裂少ない亀裂頻度小	小	大	小
	6.0～7.0m	区間としてやや変質亀裂頻度大	大	小	小
No.4	4.5～6.5m	区間として変質亀裂頻度小	小	小	小

* 導電率

表-2 岩石試料の電磁波特性

変質状況	個数	間隙率（平均）	速度V（平均）	比抵抗 $1/\sigma$ （平均）
A. 未変質 微変質	6	0.42 ～0.84	1.09	518
B. 弱変質 小変質	2	0.44 ～0.85	1.07	327
B/A	—	—	0.98	0.63

・間隙率（%） ・速度V（ $\times 10^8$ m/sec） ・比抵抗（ $\Omega \cdot m$ ）