

III-722 亀裂性岩盤における電磁波トモグラフィ結果について

ハザマ技術研究所 (正) 稲葉秀雄、(正) 塩崎 功
(正) 小林 晃、(正) 山下 亮

1. はじめに

亀裂性岩盤をモデル化するためのデータのの一つとして岩盤の電磁波伝搬特性を用いるという目的で、原位において電磁波トモグラフィ調査を行った。その結果を紹介し、岩盤の水理特性と電磁氣的物性の関係について簡単な考察を行う。

2. 調査概要

調査地点は日鉄鉱業保有の釜石鉱山550mレベル大峰南480坑道である。本坑道は土被り約500m、岩質は花崗閃緑岩である。調査は長さ30m、傾斜角60°の試錘孔A、Bを使用して行った。孔間距離は15mである。使用したアンテナは中心周波数80MHzのボアホール型アンテナで、520本の測線について電磁波の伝搬時間と受信振幅を測定し、調査範囲を0.5×0.5mのセルに分割してトモグラフィ解析を行った。この地点では他に、孔間弾性波調査、ボアホールテレビ観察、透水試験、および透気試験を実施¹⁾している。

3. 調査結果

電磁波の伝搬時間データを用いた速度トモグラフィと、受信振幅データを用いた減衰トモグラフィをそれぞれ図-1、2に示す。トモグラフィ解析によって得られた電磁波速度、減衰係数の分布それぞれについて全セル（1530セル）の平均値、標準偏差を計算し、平均値、および平均値±標準偏差によって色分けをしている。

速度トモグラフィの特徴としては、深度12～13m付近に速度の高い部分があり、試錘孔内で観測された地下水面（深度はA孔18.0m、B孔15.2m）を結んだ線を境界として、それ以深では全体に速度が低く、そして断面下部に特に低速度の部分がある。

減衰トモグラフィでは、地下水面を結んだ線に交差するように4～5mの幅で減衰係数の極端に低い部分があり、その部分の減衰係数の計算値は負の値をとっている。この原因として、飽和部と不飽和部の境界面において、両者のインピーダンス比により電磁波の振幅が何らかの影響を受け、受信波の振幅が境界面を通過しないときに比べ増加するという現象が起こっていることが考えられる。このことは、電磁波の振幅に関しては、媒質の透過特性以外にも影響を及ぼす要因があるということを示唆している。この件に関する詳細な検討は今後の課題としたい。

4. 考察

電磁波の伝搬速度は次式で表される。

$$V = C / \sqrt{\epsilon_r} \quad (1)$$

ここで、 V ：電磁波伝搬速度、 C ：真空中の電磁波伝搬速度（ $=3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ ）、 ϵ_r ：媒質の比誘電率である。したがって(1)式を用いることにより、速度トモグラフィ

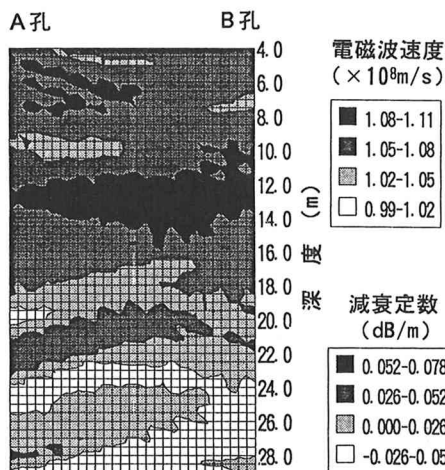


図-1 速度トモグラフィ結果

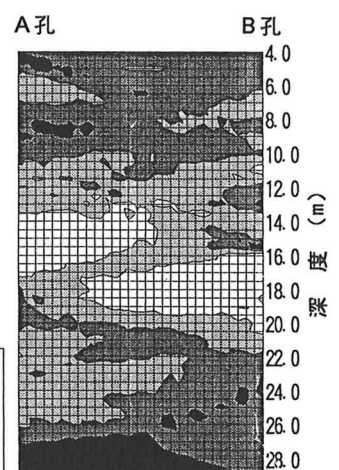


図-2 減衰トモグラフィ結果

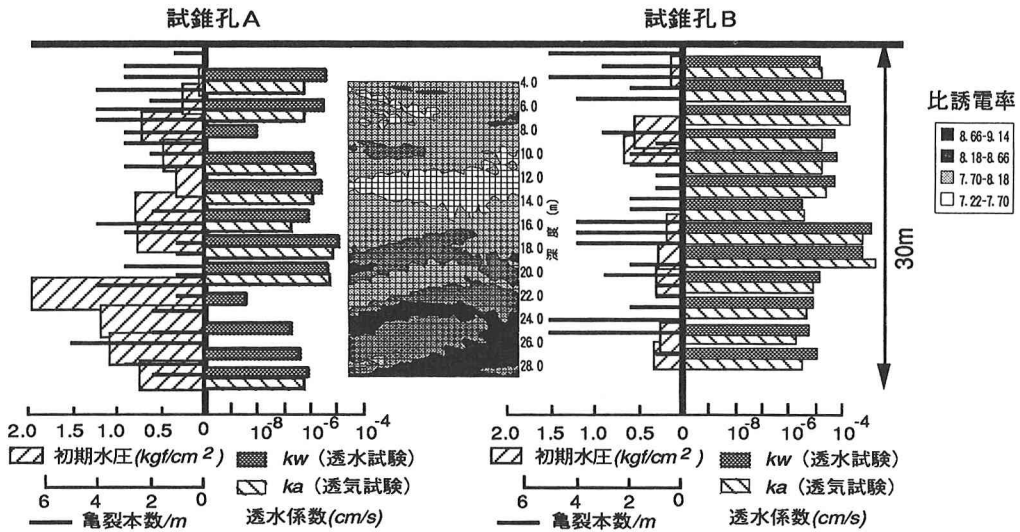


図-3 比誘電率分布と亀裂観察結果、透水試験、および透気試験結果

結果から比誘電率の分布が推定できる。ここで求めた比誘電率の分布をボアホールテレビによる亀裂観察結果、透水および透気試験結果と併せて図-3に示す。

岩石を不均質混合体として考え、岩石の比誘電率を理論的に求める式は数多く提案されている²⁾。岩盤内で比誘電率の平均則が成り立つとすれば、岩盤の比誘電率 ε は次式で表される。

$$f(\varepsilon) = (1 - \phi)f(\varepsilon_s) + \omega f(\varepsilon_w) + (\phi - \omega)f(\varepsilon_a) \quad (2)$$

ただし、 ε_s : 岩盤基質部の比誘電率、 ε_w : 間隙水の比誘電率(=81)、 ε_a : 空気の比誘電率(=1)、 ϕ : 空隙率、 ω : 体積含水率である。

(2)式から、岩盤の比誘電率はその基質部の比誘電率と空隙

率、あるいは飽和度によって決まることが分かる。ここでは、透水試験実施時に測定された初期水圧と、孔壁に沿う部分の比誘電率を散布図に示し(図-4)、その関係を調べた。

図-4を見ると、値のばらつきが大きく、A孔がB孔に比べ大きな値をとっているものの、比誘電率の大きい部分は初期水圧が高いという傾向がみられる。

5. おわりに

原位置における電磁波トモグラフィ結果から、比誘電率の分布を推定し、比誘電率と間隙水圧との間にはある関係が存在することを示した。今後、岩盤内を伝搬する電磁波の減衰特性が持つ情報について整理し、孔間弾性波、透水試験、および透気試験の結果などと併せて詳細な検討を進める予定である。

最後に、透水試験、透気試験に関して協力して頂いた日鉄鉱業横井氏ほか関係各位に感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 千々松他：土木学会第48回年次学術講演会（投稿中）、1993
- 2) 例えば、横山他：岩石の誘電率の算定について、日本鉱業会誌NO. 1083、pp. 317~322、1978

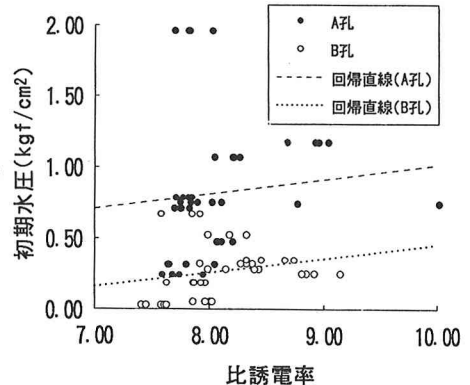


図-4 比誘電率と初期水圧の関係