

III-385 レーダー・トモグラフィによる岩盤探査実験(その2)

(株)大林組技術研究所 正員○仮谷幸吉
(株)大林組技術研究所 正員 上野孝之
(株)大林組技術研究所 正員 西林清茂

1. はじめに レーダー・トモグラフィにより地盤・岩盤の層構造および工学的特性を把握することを目
的として、著者らは、前回ボアホール・レーダーを用いて模擬地盤で孔間トモグラフィ測定実験を行い、地
盤の速度分布を求めて測定システムと解析システムの適用性を確認した。今回は、原位置岩盤においてボー
リング孔間の電磁波伝播時間データと受信波形の振幅データを基に速度分布構造と減衰分布構造を求め、実
岩盤におけるレーダー・トモグラフィの適用性を検討した。ここでは、実験方法と解析結果の概要について
述べる。

2. 原位置岩盤 探査実験地域は新第三紀グリーンタフ地域の
の石英安山岩質角レキ凝灰岩からなり、表層部分には厚さ1m~
3mの崩積土が分布している。地下水面はGL-1m~-3m程度である。
調査ボーリング孔は、深度32mで3本を一列に並べ孔間距離を8m,
12mとした。ボーリングコアでは地質観察、RQD測定、一軸圧
縮強度試験、ボーリング孔内ではボアホールスキャナによる孔
壁の亀裂調査、ルジオン試験、弾性波速度検層を実施した。調
査結果を図-1に示す。これらの結果から、地表からGL-10mまで
は亀裂の多い強風化帯、GL-10m~-18mまでは風化帯、GL-18m~
-27mまでは亜風化帯、GL-27m以深は風化帯の4層の成層構造と
なっていることが想定された。

3. 孔間測定 測定には、スウェーデンABEM社製の RAMACシ
ステムを用いた。RAMACシステムの送・受信アンテナの仕様を
表-1に示す。測定は、受信アンテナと発信アンテナを1mごと
に等間隔で下降させながら測定した。孔間距離 8m, 12mの断面
で共に発信点数 22点、受信点数 24点である。得られた受信波
形例を図-2に示す。これは、孔間距離 12mの断面で発信アン
テナの中心深度を GL-7mに固定して受信アンテナの中心深度を
GL-2mから GL-18mまで 1m間隔で移動させて測定した結果である。
受信波形は測定時に 300回スタッキングを行いノイズ処理して
いる。電磁波の伝搬時間の初動は波形記録の▽印を付した位置
を読み取り、振幅は●印で示す最大値と最小値の差とした。減
衰分布構造を解析するために振幅を(1)式より補正し、入力デ
ータとした。

$$\alpha r = \ln \frac{C \times a(\theta_t) \times a(\theta_r)}{r \times E_r} \dots (1)$$

ここに

αr : 各波線における相対減衰定数と送・受信点距離の積

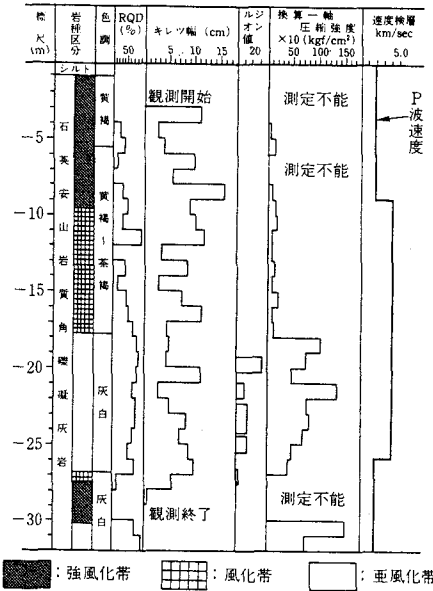


図-1 探査岩盤の地質柱状図

RAMACシステム	
発信周波数	20及び60MHz
発信出力	500W
パルス繰返し周波数	43.1KHz
受信周波数帯域	10-200MHz
発/受信プローブ外径	48mm
プローブ長さ	発信 5,100mm
	受信 5,400mm
プローブ重量	発信 16kgf
	受信 18kgf
ケーブル長さ	1,000m

表-1 アンテナの仕様

C：定数

$a(\theta_t)$ 、 $a(\theta_r)$ ：送信・受信アンテナ放射パターン

r：送・受信点距離

E_r ：振幅

4. 解析結果 トモグラフィの解析セルは、孔間距離 8m、12mの各断面とも $1\text{m} \times 1\text{m}$ の正方形とした。解析法は反復法の SIRT、CGと最小自乗法の DLST、SVDの4種類を用いた。解析の結果、各解法ともほぼ同様の結果が得られた。ここではSVD法（イテレーション20回）の結果について示す。解析で得られた速度分布構造および減衰分布構造を、図-3に示す。孔間距離 20mの間を2分割して測定した孔間距離 8mの断面では、GL-3m～-10mの範囲は相対的に低速度帯（0.052m～0.057m/ns）で減衰が大きくGL-10m～-13mの範囲は中速度帯（0.057～0.062m/ns）で中間的な減衰性を示し、GL-13m～-19mの範囲は高速度帯（0.062～0.067m/ns）で減衰は小さく、さらに GL-19m～21mは中速度帯（0.057～0.062m/ns）で中間的な減衰性で再構成されている。孔間距離12mの断面では、GL-3m～-9mの範囲は相対的に低速度帯（0.052m～0.057m/ns）で減衰が大きく GL-9m～-14mの範囲は中速度帯（0.057～0.062m/ns）で中間的な減衰性を示し、GL-14m～-23mの範囲は高速度帯（0.062～0.067m/ns）で減衰は小さく、さらにGL-23m以深は中速度帯（0.057～0.062m/ns）で中間的な減衰性で再構成されている。孔間距離 8mと12mの断面は若干異なるものの層の連続性が認められる。地質調査結果と対比させると、地下水に飽和された亀裂が比較的多い強風化帯は低速度帯で減衰性が大きく、亀裂の比較的小ない風化帯は中速度帯で中間の減衰性、亜風化帯は高速度帯で減衰性が小さいという相関が認められる。

5. まとめ 地下水で飽和された 比較的多い亀裂が多く、また減衰性の大きい石英安山岩地山におけるボーホール型レーダーによるトモグラフィ探査実験で速度分布、減衰分布は地質調査で得られた層構造と比較的良好な相関が得られ、現位置岩盤でのレーダートモグラフィの適用性が確認できた。なお、RAMACシステムによる測定に尽力いただいた物理計測コンサルタント（株）の関係各位に謝意を表します。

（参考文献）1）上野，他：レーダー・トモグラフィ探査実験，第45回土木学会年次学術講演会

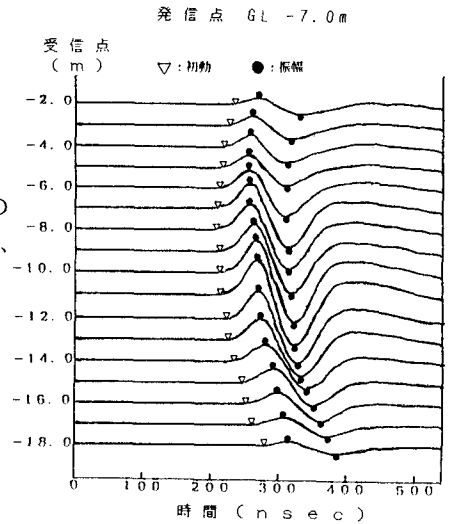


図-2 受信波形例

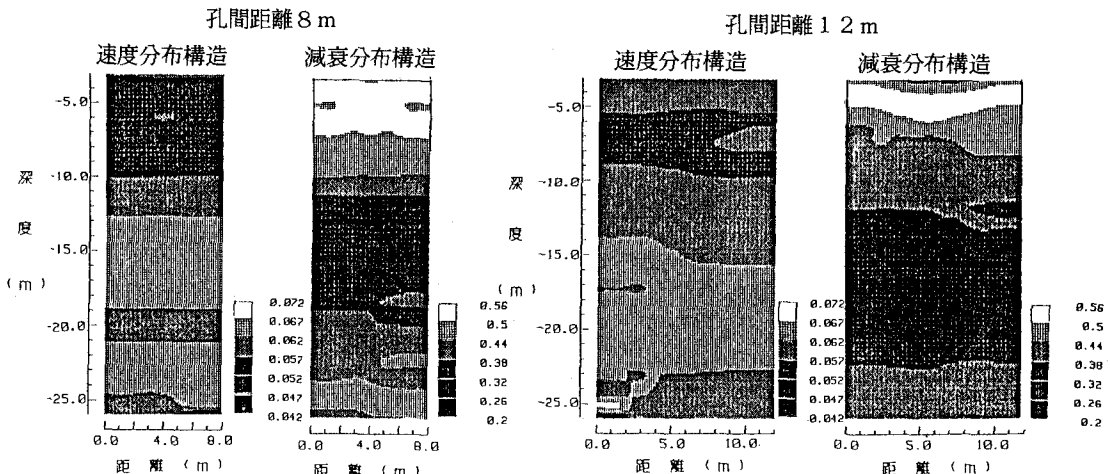


図-3 レーダー・トモグラフィによる解析結果（SVD法）