

III-541

レーダートモグラフィー探索実験

（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 飯谷幸吉

（株）大林組技術研究所 正員 西林清茂

1 はじめに 近年、地盤・岩盤の調査の一つとして、孔間トモグラフィーによって地盤・岩盤の層構造および工学的特性を把握しようとする試みが行なわれるようになってきた。著者らはボアホール・レーダーによる孔間トモグラフィー技術の開発の第一段階として、測定システムの性能と適用性、解析システムの適用性を把握する目的で模擬地盤による基礎実験を行なった。ここでは実験方法と解析結果の概要について述べる。

2 模擬地盤 速度差が大きく、構造がはっきりした地盤を用いて測定および解析システムの性能、適用性を明らかにする目的で、関東ローム層にビットを設け、その中央に木箱で製作した空洞と、ビット端部にφ100mmの塩ビ製測定孔を設置した模擬地盤を造成した。模擬地盤の規模は図-1に示すように孔間距離は6mと2.75m、深さは5mとし、空洞は一辺1mの立方体とした。空洞周辺は密度管理を行ないながら笠間産山砂で埋め戻した。造成後の山砂の物性は表-1に示す通りである。山砂の比誘電率は密度、含水比を模擬地盤と同条件とした別の土槽内で送・受信アンテナ間距離を1～6mの範囲で変化させて得られた電磁波速度9.6cm/nsから逆算したものである。

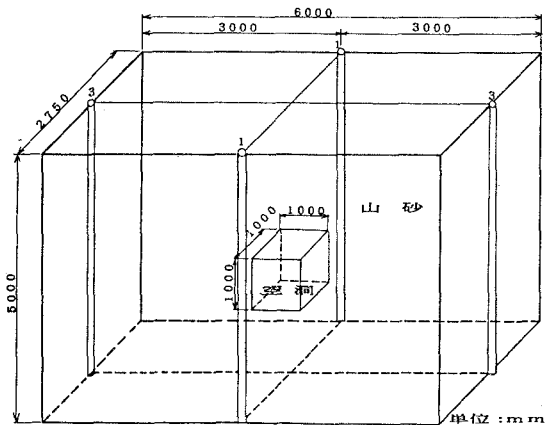


図-1 模擬地盤

土質	単位体積重量 (g/cm^3)	含水比 (%)	比抵抗 ($\Omega \cdot \text{m}$)	導電率 (ms/m)	比誘電率
笠間産山砂	1.770	12.2	800	1.25	9.8

表-1 地盤の物性

3 孔間測定 測定には GSS社製 SIR システムを用いた。システムの構成と孔間測定要領を図-2に示す。送・受信アンテナの仕様は表-2に示す通りである。模擬地盤での測定は孔間距離2.75m および6mの2種類の測定孔を用い、それぞれ表-3に示す測定条件で各送・受信間の走時を測定し、合計256波線データを得た。図-3に受信波形例として、孔間距離2.75mの断面で、発信アンテナの中心深度を1.4mとし、受信アンテナの中心深度を0.65m～4.65mまで25cm間隔で移動させたときの受信波形

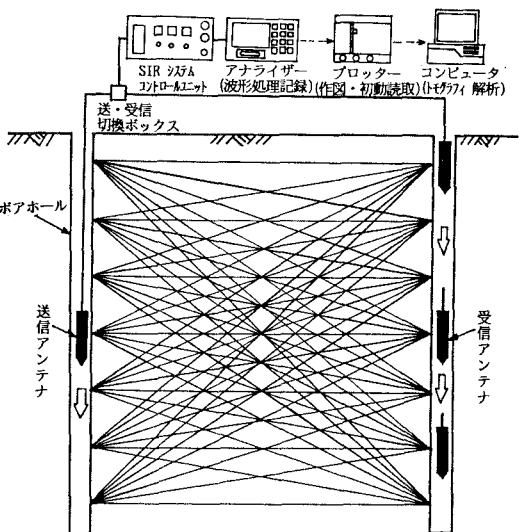


図-2 レーダートモグラフィー探索システム

発信源	インパルス発信器 5ns
周波数	発信アンテナ 120 MHz 受信アンテナ 50MHz～1GHz
出力	最大 42W
寸法・重量	直径 66mm, 長さ 1370mm, 3.6kg/本

表-2 アンテナの仕様

を示す。受信波形は100～500回のスタッキング処理を行なった。受信点1～8までは同じ増幅率でスタッキング回数100回で比較的きれいな波形が得られたが、それ以深では減衰が大きく、スタッキング回数を500回にして得られたものである。初動は自動読み取りとデジタイザーによる手動読み取りの二通りの方法で行なった。自動読み取りでは受信波形に現われる最初の極小値を初動値とした。手動読み取りでは最初の小さい極値（図-3中の▽印）を初動値とした。

4 解析 トモグラフィーの解析セルは孔間距離2.75mの場合、一辺25cmの正方形、孔間距離6mの場合、一辺50cmの正方形とし、全セル数は220および120である。また、全波線数はいずれも256である。初期モデルは波線経路を直線波線として観測走時データの逆投影（BPT）によって求めた。理論走時は屈折波線として計算し、残差の修正にはSIRT法を用いた。図-4、5にそれぞれ孔間距離2.75mおよび6mの場合のイテレーション3回としたときの速度分布の解析結果を示す。なお、この解析に用いた観測走時は図-3に示す▽印で読み取ったものである。両結果とも空洞の存在する位置は相対的に高速度帯（孔間距離2.75mで0.176～0.273 m/ns、孔間距離6mで0.183～0.219 m/ns）、周囲の山砂は低速度帯（孔間距離2.75mで0.078～0.151m/ns、孔間距離6mで0.073～0.110m/ns）で表現されている。

5 あとがき 本実験ではボアホール型レーダーによる孔間測定と走時を用いたトモグラフィー解析により山砂中の空洞を電磁波速度の高速度帯として把握することができ、このような地盤構造に対して測定および解析システムが適用できることを確認した。今後、種々の地盤構造に対して実験を行ない、適用性の拡大を図ることを考えている。

孔間距離	2.75m	6.00m
発信点数	16	16
受信点数	16	16
測定深度間隔	25cm	25cm
波線数	256	256

表-3 測定条件

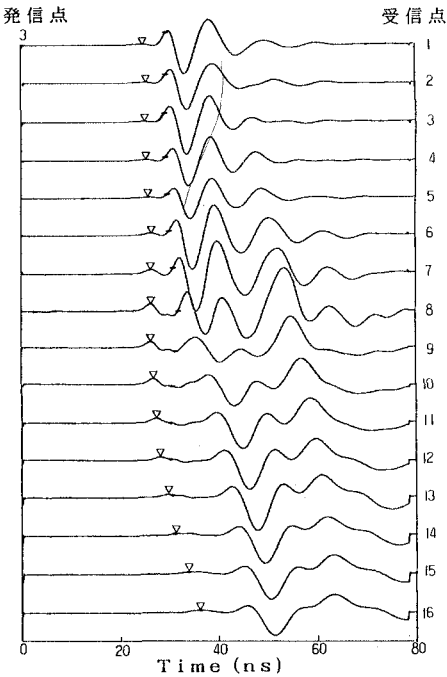


図-3 受信波形例

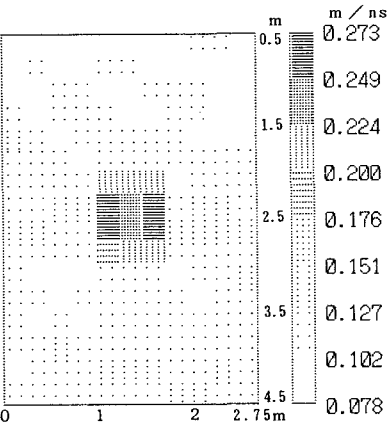


図-4 解析結果（1）

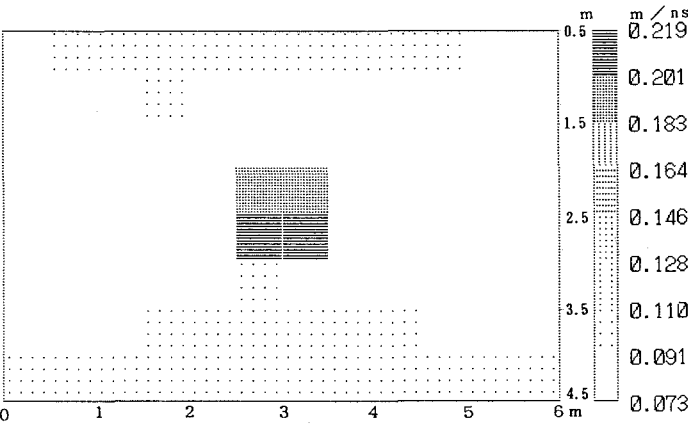


図-5 解析結果（2）