

PSVI-2 ボーリング孔を利用した岩盤調査技術の開発

株式会社 間 組 正会員 世一 英俊
 同 上 正会員 北村 孝海
 同 上 正会員 向上 拡美

1. 背景および開発経過

トンネルや揚水式地下発電所、岩盤内石油備蓄、地下式原子力発電所施設など地下空間を利用したプロジェクトにおける大型構造物の計画に当たって、周辺地盤の性状を詳細に、かつ広範囲に亘って調査する必要がある。通常、コアボーリングならびにボーリング孔を用いた各種試験（例えば孔内载荷試験、孔内検層、ルジオンテスト等）が有効な調査手段となっている。しかしながら、これらの調査、試験法は一般的に言ってボーリング孔周辺の地盤（岩盤）しか調査することができず、線としてのデータに留まっていたと言える。言い換えれば、地盤の面的なあるいは立体的な情報を非破壊的に調査する技術が望まれている。

最近、エレクトロニクス技術および画像処理技術の進歩に伴い、地盤探査技術として、弾性波、音波、磁気、電気、電磁波等を利用した非破壊調査法の開発が広く進められてきた。そのうち、弾性波を用いた探査法は土木分野で古くから利用され、また電磁波を用いた探査法は最近、埋設物の探査や地下空洞調査等に利用され、両者とも比較的手軽な探査法であることも手伝って有望な方法とされている。

著者らは、ボーリング孔内で使用でき、また複数のボーリング孔間の地盤を面的に調査することのできる孔間弾性波探査システム、電磁波探査システム（岩盤レーダー）を開発した。

2. 孔間弾性波探査システム（図-1 参照）

本探査システムは、発振装置部（発振制御部を含む）、受振装置部、波動データ処理・記憶部より構成される。所定の孔壁位置に発振装置ならびに受振装置を固定した後、発振装置に内蔵されたハンマーが同装置内壁を打撃する。この時の打撃音が岩盤中を弾性波となって伝播し、受振装置内の圧電型加速度計によって波動が受振され、伝播時間および振幅比のデータが記憶される。

このシステムは以下に示す特徴を持っている。

- ・ 孔間距離 1~100mに依りて3タイプの装置を選択可能
- ・ 発振、受振装置をボーリング孔壁に圧着、脱却が可能
- ・ 小型ハンマー打撃による安定した繰返し発振が可能
- ・ 高周波の弾性波により高い測定精度が得られる
- ・ 弾性波（P波）の速度および振幅を測定、評価が可能
- ・ 現場においてパソコン処理が可能

また、ジオトモグラフィ技術を用いて、図-2a)に示す網目状の測定から、b)に示す各要素ごとの弾性波速度値、振幅減衰率を最少2乗法あるいはシミュレーションにより求めることができる。この弾性波によるジオトモグラフィ技術によって、岩盤内部構造の弾性波速度（振幅）分布が解析され、画像処理、可視化を可能にしている。

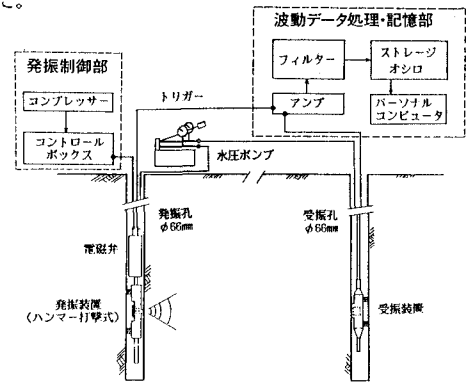
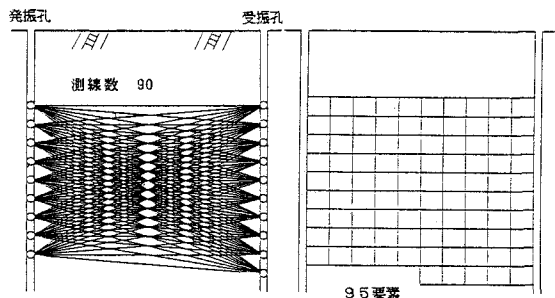


図-1 孔間弾性波探査システム



(a) 測定 Ray Pass (b) ジョトモグラフィ要素

図-2 測定Ray Passとジオトモグラフィ要素

3. ボアホール型電磁波探査システム（岩盤レーダー）

電磁波を利用する探査法は、一般的には平板のアンテナを用いて地表から地盤内部の異常（アノマリー）を探査する方法であるが、この場合、背景にも述べた地下深部での大型プロジェクトへの適用には限界があった。そこで、著者らは川崎地質構と共同で、ボーリング孔に挿入でき、透過法・反射法両用（図-3）のボアホール型電磁波探査システム（岩盤レーダー）を開発し、実用化した。

本探査システムのブロック図を図-4に示す。

透過法探査に当たっては、岩盤中の電磁波伝播時間、減衰データを収集する。現場では、パソコンを用いて概略の解析を行い、後に大型コンピュータを用いて詳細な解析を行うシステムとしている。本システムの特徴は以下の通りである。

- ・透過法（複数のボーリング孔間）および反射法（1本のボーリング孔周辺）の両方に適用可能である。
- ・ゾンデ先端にカラーボアホールテレビカメラを装着しており、孔壁状況の直接観察が可能である。
- ・発信周波数の異なる複数のアンテナを保有し、地盤状況や探査対象距離に応じて選択が可能である。
- ・弾性波探査と同様、ジオトモグラフィ解析により岩盤状況の画像処理が可能である。

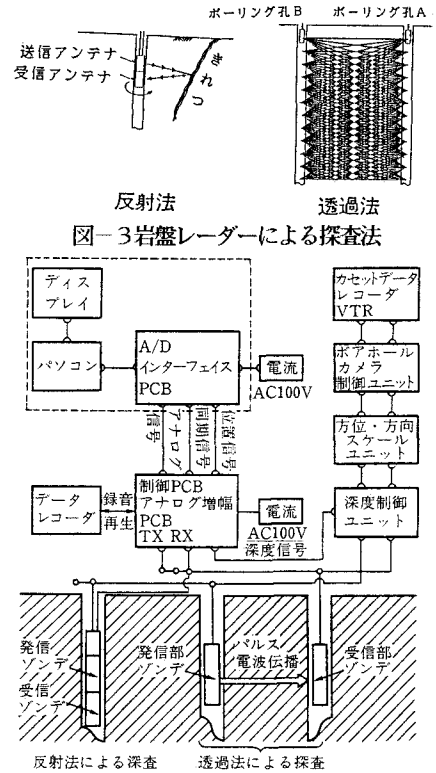


図-3 岩盤レーダーによる探査法

4. 原位置岩盤への適用および今後の展望

開発した探査装置の性能を確認するために、原位置岩盤（亀裂が多く一部に粘土を挟むCM～CL級花崗閃緑岩）におけるボーリング孔を用いて実験を行った。図-5に示した探査位置で弾性波ならびに電磁波による測定を行い、ジオトモグラフィ解析により弾性波速度、比誘電率の分布を求め、図-6、7に結果を示した。測定深さが異なるため直接の比較はできないが、双方とも現地の亀裂の卓越方向に傾いた類似の傾向を示した。

両探査システムともまだ数多くの問題は抱えているが、両探査法の特徴を生かして同地点クロスチェックを基本的方針としている。現在、ハードにおいては探査可能範囲の拡大（発振エネルギーの拡大、各種発信周波数アンテナ）、測定作業の自動化といった改良を、また、ソフトにおいてはトモグラフィプログラムの改良（屈折波線、カラー画像処理等）を進めている。一方で、データの蓄積により岩盤の分類等級の際の有効な判断資料とすべく原位置岩盤での実験、検証を重ねている。最終目標は100m×100m×100mの岩盤を透視できるシステムにしたいと考えている。

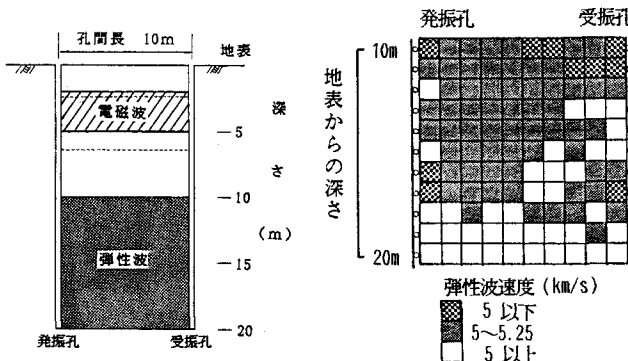


図-5 探査位置

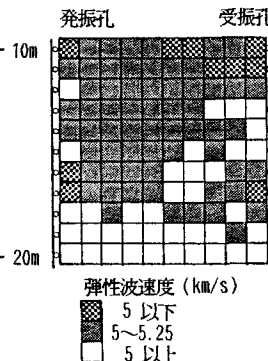


図-6 弾性波探査結果

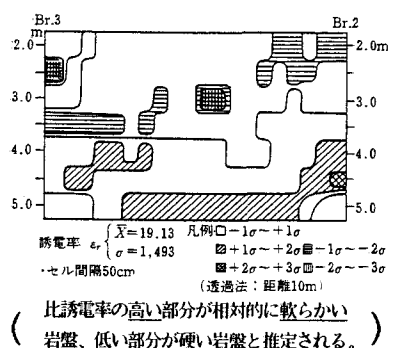


図-7 電磁波探査結果