

### 3次元表示機能を用いた電磁レーダによる埋設物評価実験

大成建設（株）技術センター 正会員 今井 博  
大成建設（株）技術センター 正会員 川上 純

#### 1. はじめに

構造物のライフサイクルコスト評価等リニューアル関連業務では、非破壊検査技術が必須であり、電磁レーダ、打音、打撃、超音波等の調査技術がある。打音、打撃、超音波は基本的に点評価であり連続した線的・面的評価を広範囲で行うことはその性質上難しい。打撃、超音波等の診断技術は、深度評価が可能であるが調査に時間がかかる。打音調査については、昨今、多点式打音診断機が開発され、診断速度のスピードアップと従来の人による診断から機械的診断による客観的調査への取り組み<sup>1)</sup>が始まっており、対象深度の評価法も検討されている<sup>2)</sup>。

一方、電磁レーダによる非破壊調査は、トンネル覆工調査のみならず、構造物や地盤の広範囲な調査が迅速に行え、現場で解析・評価（解釈）が可能であるという大きな長所があるが、その測定データの高度な解析技術や分かり易い表示が請われている。筆者らは、現在まで、基礎実験を含め、解析ソフト・表示ソフトなどの技術開発を行ってきた<sup>3)4)</sup>。さらに、2次元解析から3次元解析へと開発を進め、構造物内部の3次元的状态を把握することができるようになった<sup>5)</sup>。

本報告では、キャリブレーション機能や3次元表示機能など、新たに開発した諸機能について、地盤内に設置した鉄製の反射板を用いた実証実験の結果と、その有効性を述べる。

#### 2. 実験概要

実験で用いた地盤内の概要を図1に示す。地表面から25 cmの深度にその上面が位置するように曲げた鉄製の反射板（幅60 cm）を数箇所埋設した。使用した測定機器は、電磁レーダ、A/D変換器（24 kHz同時サンプリング）、ノートパソコン（CPU：Pentium 4；メモリ：256MB；OS：Windows XP）である。

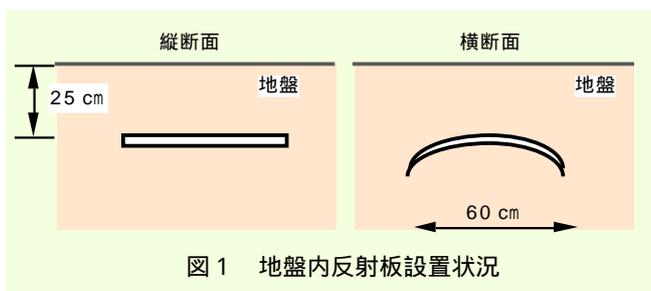


図1 地盤内反射板設置状況

#### 3. 開発ソフト概要

既存の処理ソフト（STC除去、振幅幾何補正、FFT解析と再帰型フィルター、デコンボリューション、マイグレーション、反射体強調、ミュート、等）に加え、新たに開発した処理ソフトの概要を以下に述べる。

データベース機能：取り込みデータや解析データのデータ管理を行う。

速度キャリブレーション機能：コアデータの亀裂深度などから得られる既知の深度を予め入力し、反射面と対応付けて、速度を変更し、深度補正を行う。

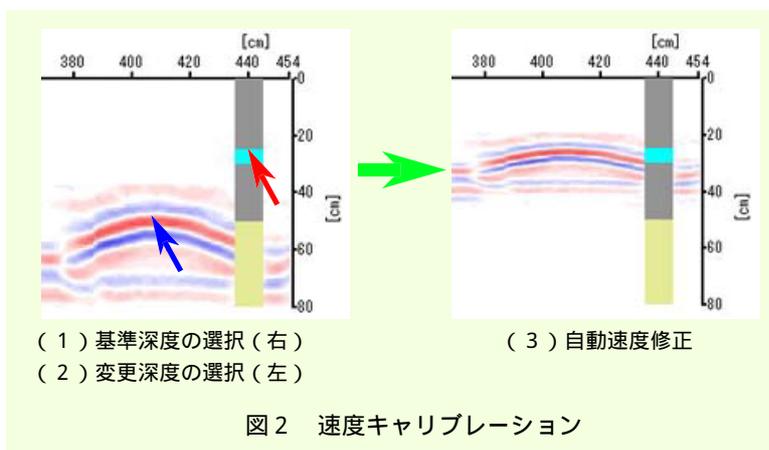
フェンスダイアグラム表示機能：平行測線や互いに直行する2次元測線データを「#」状に表示し、お互いの反射データを比較して連続性の検証を行う。

3次元透過表示機能：2次元データを組み合わせで作成した3次元ソリッドデータを用いて、ノイズ振幅を急減させ、反射体を強調して、透過表示を行う。

3次元データ自動スライス表示機能：ソリッドデータをX軸、Y軸またはZ軸に垂直な平面で自動的にスライスするムービー表示を行う。

測線結合機能：2次元測線データとそれに平行または直行する測線データ群を結合し、フェンスダイアグラム表示などに対応する3次元データ作成を行う。

バイアス除去/差分機能：ノイズのみのトレースまたは幾つかのノイズ・トレースの平均値を全トレースから差し引き、測線全体にわたるノイズ除去を行う。



(1) 基準深度の選択（右）  
(2) 変更深度の選択（左）  
(3) 自動速度修正

図2 速度キャリブレーション

キーワード：電磁レーダ、非破壊検査、3次元、地盤、空洞調査、リニューアル

連絡先/〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL: 045-814-7231 FAX: 045-814-7252

#### 4. 解析結果

実験データの解析結果を以下に示す。

図2に、電磁波速度のキャリブレーション処理結果を示す。通常、地盤の比誘電率は通常20前後とされている。図2左図は比誘電率をコンクリート並の9とした場合の結果で、反射体の深度は50cmにあるように見える。しかしながら、実際の反射体の深度は25cmである。そこで、その深度を補正するため、既知の深度スケールを表示してマウスで25cmをクリックし、続いて、反射面位置をクリックすると自動的に図2右図を作成する。

図3に示すのは、フェンスダイアグラムで、互いに直交する2次元測線を「#」状に組み合わせることで表示した。右下のズームした部分では、測線交差部に反射波が見える。測線交差部での連続性を検討することで、反射データの品質確認ができる。

図4には、3次元データ自動スライス表示の一断面を示す。この表示は、既存の3D表示機能と同じであるが、本機能では設定した深度幅および表示時間間隔で、ムービー表示ができ、反射体の3次元状況が分かった。

図5に、解析結果の一部を用いて、3次元透過表示を行った結果を示す。ここでは、埋設した反射板の1つについて表示した。反射板の深度や方向などの埋設状況が、短時間にほぼ正確に、分かりやすく表現できた。

#### 5. まとめ

地盤内に曲げた鉄製の反射板を埋設し、新規開発した処理ソフトの実証実験を行い、十分な成果が得られた。本処理ソフトは、データの品質確認や解析結果の信頼性の向上を図ることに有効であり、また、調査範囲を短時間で、分かりやすく、解析および表示ができるため、今までの電磁レーダによる非破壊調査環境をさらに高度化することとなることは言うまでもなく、電磁レーダ調査における強力な支援ソフトとなると考えられる。

今後は、本システムを現場適用することで実績を蓄積し、また、超音波診断や打撃診断の機能を追加し、お互いに補完しあう形の統合化された非破壊調査システムとしての構築を考えていきたい。

#### 参考文献

- 1) 川上 純・須田 健, 2003, トンネル覆工コンクリート打音診断機の開発, 建設の機械化, 日本建設機械化協会, No.636, 2, 30-37.
- 2) 須田 健・川上 純, 2003, トンネル打音検査の自動化, 検査技術(8月号)(投稿中).
- 3) 今井 博, 1999, 電磁波を用いたコンクリート内鋼材の検出技術の開発, 土木学会第54回年次学術講演会梗概集, III-A-356, 712-713.
- 4) Imai, H and J. Kawakami, 2000, GPR experiments using small tub and application for determining fracture, Non-Destructive Testing in Civil Engineering, edited by T. Uomoto, 567-575.
- 5) 今井 博, 2000, 電磁波による高精度コンクリート内部調査法, 土木学会第55回年次学術講演会梗概集, V-443, 888-889.

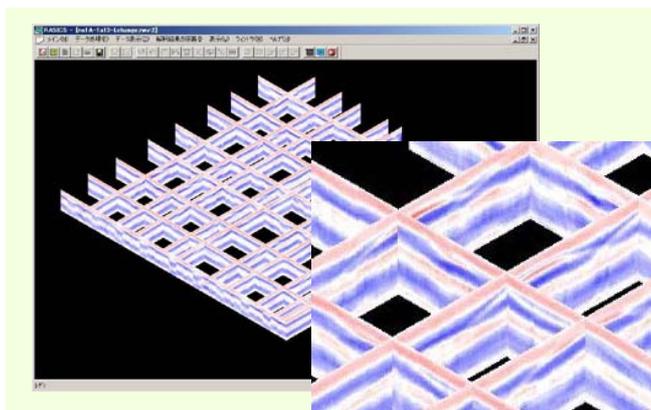


図3 フェンスダイアグラム表示

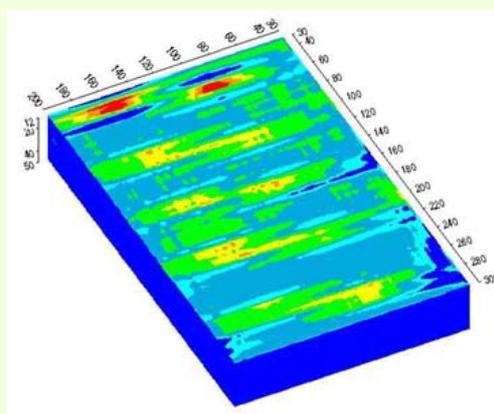


図4 自動スライス表示

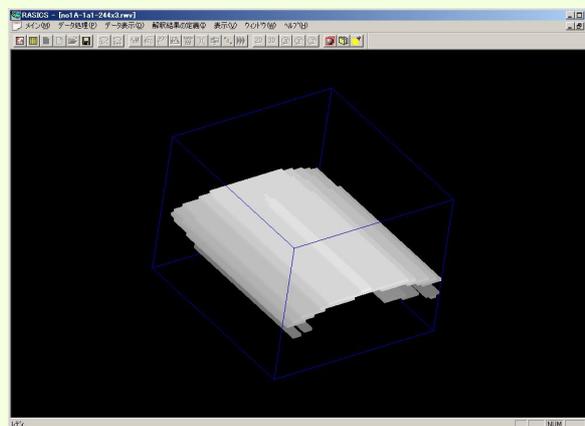


図5 透過表示