

Ⅲ-A356 電磁波を用いたコンクリート内鋼材の検出技術の開発

大成建設（株）技術研究所 正会員 今井 博

1. はじめに

近年、完成後数十年を経たトンネルや橋梁などのコンクリート構造物のリニューアルが話題となっており、これらの古いコンクリート構造物の内部状態を判断し、どの程度の補修工が必要であり、どの程度の費用および工程を要するのかを把握することが重要となっている。その診断方法として、先ず、非破壊による内部調査や亀裂調査および強度・耐力調査が挙げられ、これらのデータから、工法について、全面改修工事か、補強工事か、補修工事かを判断し、施工計画および施工実施となる。この非破壊による調査法として、弾性波¹⁾・超音波・電磁波²⁾による方法があり、最近では電磁波による3-D解析³⁾が研究されている。しかし、現在実用化されている探査方法では、出力が複雑な画像であり、したがって、専門家による解析を必要とし、精度も十分に得られていないと考えられる。

本研究では、供試体実験や現場実験を行い、電磁波を用いたコンクリート内部の鋼材やH鋼の位置などの診断技術の高精度化について検討を行ったので、その結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 供試体

図-1に作成した2つの供試体を示す。1つの供試体は、15cmピッチの格子鉄筋を2枚用い、上部に配した格子鉄筋は、最初かぶり4cmで、中央部で段になり、かぶり8cmとなるように、また、下部は、かぶり26cmの位置に水平に埋設した（供試体1）。もう1つの供試体は、くさび状に切れ込んだ部分を作成し、また、H鋼を埋設している。H鋼の大きさは、長さ140cm、幅10cmで、そのセンターが供試体の縁から105cm、かぶり20cmの位置である（供試体2）。

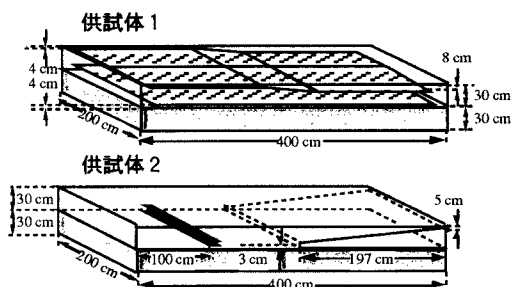


図-1 実験で用いた2つの供試体

2.2 測定機器・データ・サンプリング・探査深度

使用したレーダ・システムは鉄筋コンクリート内部調査専用レーダで、周波数約1GHz、探査深度は20~40cmである。測定データをDATテープで収録し、GPIBよりパソコンにデータ転送し解析した。使用したデータ長は実時間で8.775nsecであり、これが4.68msecに拡張される。DATでのサンプリングは24kHzであるので、1トレースのデータ数は112点で構成され、実時間におけるサンプリング時間 Δt は0.078nsecとなる。コンクリート内部の比誘電率 ϵ は6~10であるので、ここでは $\epsilon=8$ と仮定すると、電磁波の速度 V は10.6cm/nsecとなるから、探査深度 H は46.5cmとなる。

2.3 解析方法および解析結果

解析では、収録時のSTC（Sensitive Time Control）を除去する入力波回復処理、伝播における振幅減衰の補正、メジャーな位相にズレを与えないリカーシブ・フィルタによるノイズ除去、ゼロ位相を希望波形とするデコンボリューションを用いた波形の整形処理、波動方程式による周波数・波数領域でのStoltマイグレーション⁴⁾（メージング）処理、など一連の信号処理を行った。図-2および図-3に、供試体1および供試体2を用いた実験で得られた反射波の未処理（生データ）および処理データをそれぞれ示す。図-2では、鉄筋の格子間隔15cmが正確に捉えることができた。また、深度については、上部に配した格子鉄筋は浅い部分で5~7cmであり、深い部分では7~12cmであることが識別できる。

キーワード：コンクリート、リニューアル、非破壊検査、レーダ、マイグレーション

〒169-0073 新宿区百人町3-25-1 TEL 03-5386-7566

さらに、折れ曲がり部が図から分かるように、ほぼ 165 cm および 235 cm と推定でき、実際の構造と一致した。下部に配した格子鉄筋では、処理により深度 25～27 cm で 20～200 cm 部分に現れてきたが、しかし、それ以降は上部格子鉄筋からの反射波が影響して、判断できない。

図-3では、H鋼からの反射波が、未処理の場合、双曲線上に現れている反射波がイメージング処理により明確になった。H鋼の埋設位置の中心が水平位置 105 cm 深度 20 cm で、H鋼の上面を 10 cm のほぼラットな反射波として表現でき、埋設状況を正確に捉えた。図中斜めの反射波は、クサビ状の空洞を形成する斜面からの反射波であり、形状も明確に捉えることができた。位相について考慮すると、金属からの場合、プラス・マイナスと変化するが、空洞からの反射波ではマイナス・プラスと変化する。実験ではこのことも確認した。

3. トンネル側壁現場実験

3.1 実験位置

このトンネルは、ボックス・カルバート式の都市の地表直下にあるトンネルで、現在補修工事を行っている。図-3に実験位置、図-4に解析結果を示す。測線は、トンネル軸方向で5つの5 m測線で、測線間隔は30 cmである。用いたレーダはコンクリート内部100 cm程度の探査が可能な周波数約 800 MHzパルスレーダである。鉄筋の位置は25 cm ピッチで判断でき、埋設深度も含めて、施工の状況と一致した。

4. まとめ

埋設されたH鋼や鉄筋に位置や大きさを、通常、未処理のデータから判断していたが、信号処理を行うことでより分かりやすく、正確な位置に把握できた。今後は、3次元表示等も含め、解析の自動化を図りたい。

参考文献

- 1) 角田・肥後・木内、1997、弾性波伝達関数法による構造物検査、非破壊検査。
- 2) 久保田・稲垣・新、1991、電磁波探査における帯水層の解析について、物理探査学会講演会論文集。
- 3) Wang and Tripp、1996、FDTD simulation of EM wave propagation in 3-D media、Geophysics。
- 4) Stolt、1978、Migration by fourier transform、Geophysics。

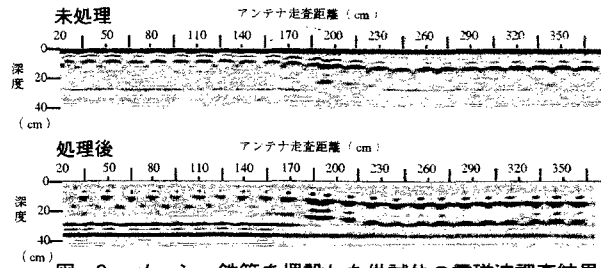


図-2 メッシュ鉄筋を埋設した供試体の電磁波調査結果

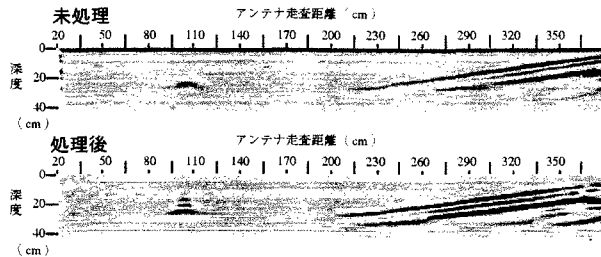


図-3 H鋼・クサビ状空洞供試体の電磁波調査結果

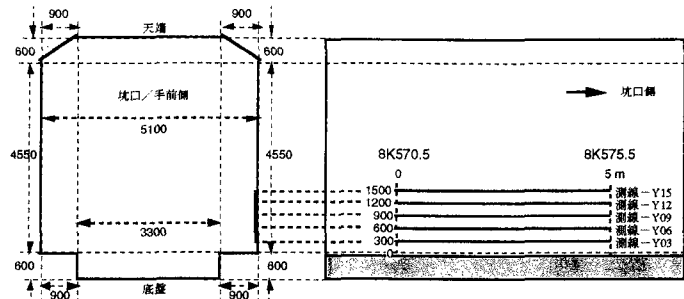


図-3 ボックス・カルバート・トンネル坑内実験位置

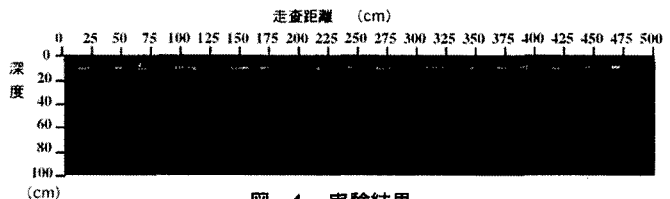


図-4 実験結果