大成建設(株)技術研究所 正会員 今井 博

1.はじめに

近年、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叫ばれている中で、老朽化したコ ンクリート構造物の内部状態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、電磁波を用い た非破壊による内部調査や亀裂調査が用いられてきてはいるが、現状では、そのデータの複雑さや解釈 の難しさ等の理由で、専門技術者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。

本研究は今井
いの研究の続報であり、電磁波によるコンクリート内部調査システムの軽量化を図り、 供試体実験や現場実験を行って、コンクリート内部構造やレンガ構造物の内部に存在する空洞や鋼材な どの診断技術の高精度化、解析の簡易化・自動化について検討を行ったので、その結果を報告する。 2.システム構成

システムは、周波数約 800MHz アンテナを使用し、レーダ制御器からアナログ信号を A/D 変換器によ リデジタル化し、GPIB カードでパソコンにデータを収録する、軽量化した機器構成とし、自動解析や 詳細な解析を現場で可能にした。データ長は実時間(往復)で27.75 nsec であり、1 トレースのデータ

(1)

数は106点で構成され、実時間におけるサンプリング 時間は0.262 nsec となる。コンクリート内部の比誘電 率は6~10であるので、本研究では、8と仮定すると、 電磁波速度は10.6 cm/nsecとなり、表面反射往復時間 (3.38nsec)を除いて可探深度は約130cm となる。

3.実験概要

3.1 コンクリート供試体

図1に示すように、供試体の大きさは、縦2m、横4 m、厚さ0.9mであり、内部に9個の空洞を作成した。 空洞 ABCXY は側面にあり、蓋をして水を封入できる ようにした。内部の空洞はアクリル板で作成し水が注 入できるようパイプ2本を引きだした。

3.2 解析方法および解析結果

データは、レーダ特有のSTCの除去、幾何拡散補正 として振幅回復処理、位相変化のないリカーシブ・フィ ルター 処理、 Deconvolution、 Mute 処理を 含む 反射 波 ŧ _ m 断面 **□**^{0.0} 4 (2) D F G 0.5 断面 _ m Y _____m 0.0 0.5 1.0 1.5 20 2.5 3.0 3.5 4 0 -2.0 (1) C R A <u></u>1.5 (2) E1.0 G D E À 空道の蓋 **—**0.5 (2) (H鋼) X -80 cm-¥ _0 0 平面 m 空洞の碁 197 cm

R

-0.0

⊨0.5

С

図1 供試体内部構造

強調処理など一連の信号処理を行った。システムでは、パラメータを一度セットすると各処理の順序を 指定して自動処理ができるようにした。これにより作業の省力化が図れた。Migration は現在までに様々 な研究があり、例えば、Nemethら²⁾はLeast-squares Migrationを開発し、Kirchhoff Migrationに比し ての精度向上を報告している。本システムでは、速度一定のf-k Migration³⁾を採用しているが、電磁 波が伝播する経路に水の部分が多く、逆にノイズを発生させるので適用しなかった。

3.3 三次元解析

最近、電磁波調査での様々な3-D解析⁴⁾の報告があるが、本研究では、指向性の良いレーダ・システ ムであることを考慮し、一定間隔の測線で得られた数個の2次元断面について、個々の測線で一連の信 号処理を行い、3次元データとして横断面・縦断面が得られる設計とした。その結果の例を図2に示す。

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、空洞調査 連絡先(〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 TEL:045-814-7231 FAX:045-814-7252) 図では空洞D、E、FおよびGの上面を表している。従来の2次元断面よりもコンクリート内部状況の平 面的な変化を把握することができた。解析結果のカラー表示では、コンクリート 水境界では [青 赤

32

60 80

100

120

部屋の境

暖炉

青]という反射パターンを抽出し、一方、水 コンクリート境界では[赤 青 赤]という反射 パターンを抽出することができた。しかし、空洞 内は水が封入されている状態であり空洞の底面の 位置が異なった表示となっている。例えば、空洞 Fについて、厚さは、この図では90cm 位と判断さ れるが、水中の電磁波速度は3.3cm/nsecであり、 換算すると空洞厚は28cmとなり、埋設空洞を説明 できる。空洞Gの底面に関してはレーダシ ステムの問題で水 コンクリート境界から の反射データが収録できなかったが、この ように、コンクリート内部の状態が高精度 で確認できた。

4. 建築構造物現場実験

4.1 実験位置

建築構造物内部の調査例を示す。図3に 示すように、右側と左側の2つの部屋の境 目に背中合わせで、レンガで作成された暖 炉が2つあるが、煙道の構造が不明であっ

た。図3に示すように、焚口は左右に1つずつあるが、煙道口は 図で上下である。本構造物は重要文化財であるので、本システム により非破壊検査を行った。測線は暖炉上部の棚から 20 cm 毎に 180 cm まで 9 測線であり、測線長は 88 cm である。

4.2 解析結果

解析結果を図4に示す。測定断面を2つの暖炉の向き(図3) に合わせて表示した。また、測線の 100 cm 以上 180 cm までは ほぼ同じ状態であるので省略した。反射位置での反射カラーパター ンとして [赤 青 赤]が抽出できた。このパターンは、部材 (レンガ)と空洞(煙道)との境界からの反射であることを示唆 している。図では、その反射面を白抜き長方形で示した。空洞背 面は電磁波速度が高速であるため反射波が識別ができなかった。 解析結果から、暖炉の煙道は、お互いに左に捩れながら中心位置 (部屋の境)に移動し、煙道口の位置となることが推定できた。 後日、煙道形状の確認ができ、電磁波による推定が実証された。 参考文献

1)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.

2) Nemeth, 1999, Least-squares migration of incomplite reflection data, Geophysics.

3) Stolt, 1978, Migration by fourier transform, Geophysics.

4) Wang and Tripp, 1996, FDTD simulation of EM wave propagation in 3-D media, Geophysics.

