

電磁波レーダによる鉄筋コンクリートの反射応答画像の数値化について

ジオ・サーチ株式会社 正会員○森田英明，太田雅彦，横山陽子
名古屋高速道路公社 正会員 鷺見高典，高石佳宏，長谷川秀也
名古屋工業大学 正会員 吉田亮

1. はじめに

電磁波レーダによる非破壊検査法は，一般的に，鉄筋コンクリート構造物に電磁波を照射して鉄筋，空隙，滞水等からの反射波による反射応答画像から変状を把握するものである¹⁾。ただし，この画像の判読には専門性が必要であり，その妥当性を理解して確認することは難しい。このため，電磁波レーダによる反射応答画像の客観的な判読方法を提案する。

2. 反射応答画像の数値化

まず，本研究に用いた電磁波レーダの仕様を表 1 に，鉄筋コンクリート床版を模擬した試験体を図 1 に示す。試験体は都市高速道路のものを参考に，主鉄筋は D19 で配力筋は D16 の異形棒鋼で配筋し，コンクリートは $\sigma_{ck}=24(N/mm^2)$ を用いて製作した。

次に，図 1 の主鉄筋中心が位置する深さ(深さ 4cm)における電磁波レーダの反射応答を3次元処理した平面画像について図 2 に示す。図 2 では，機器の仕様から反射波を明確に受信することが困難なため，配力筋の方向に幅 5cm，主鉄筋の方向に幅 18cm の範囲について試験体端部の画像は削除してある。このため，図 2 の寸法は縦 64cm×横 90cm である。

ここで，反射応答画像を判読する場合，図 2 の黒色が強くてほぼ連続して周囲が白色で囲われた部分は主鉄筋からの，前述の部分の間に灰色に近くて平面的に広がっている部分はコンクリートからの反射応答であるとしている。これは一般的にコンクリート構造物がコンクリート，鉄筋，PC 鋼線等で構成され，内部にある長細い物が鉄筋類であると推定されることによる。なお，試験体に使用した D19 の鉄筋が図 2 では幅 5cm 程度で表されるのは，図 3a)に示すような幅 27cm 程度のくさび形を呈している鉄筋の縦断画像の反射応答をより明瞭にするため，マイグレーション処理を行って図 3b)のように楕円形の縦断画像に変換したことによる。

そして，使用した電磁波レーダの測定ピッチが表 1 に示すように 10mm であったため，図 2 を 10mm×10mm のセルに分割し，セル毎の反射応答強度をグレースケールの 256

表 1 使用した電磁波レーダの仕様

レーダ方式	インパルスレーダシステム
変調方式	無変調
動作原理	変調をかけない直流パルスを送信し，受信波を時間領域で計測する。
測定周波数	400MHz～2,000MHz
測定ピッチ	10mm
探査深さ	≦500mm

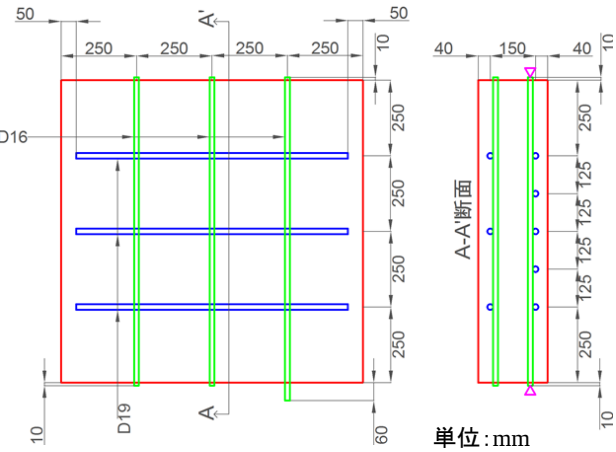


図 1 鉄筋コンクリート床版を模擬した試験体

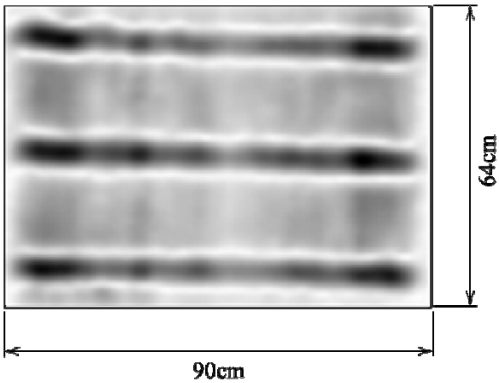


図 2 電磁波レーダによる試験体の反射応答画像

キーワード 非破壊検査法，電磁波レーダ，画像，数値化，鉄筋コンクリート

連絡先 〒144-0051 東京都大田区西蒲田 7-37-10 ジオ・サーチ(株) Tel:03-5710-0215

階調の数値で表示したものである。これにより、図4に示すとおり電磁波レーダによる画像を数値で取り扱えるようにした。

3. 反射応答値の整理方法

まず、電磁誘導法により図1の試験体の主鉄筋位置を探索し、主鉄筋の両端部付近をはつり、鉄筋位置を明確にする。この結果および図4より、鉄筋直上の幅2cmにあたるセルの値あるいは鉄筋の反射応答の影響を受けていないものと思われる鉄筋直上から6cm離れた鉄筋間にあるセルの値から、鉄筋あるいはコンクリートの頻度分布を作成し、正規分布しているか有意水準5%で検定してこの時の標準偏差および平均値を求める。そして、それぞれの $\mu \pm \sigma$ が示す反射応答の範囲と仮定するものとし、鉄筋が反射応答画像のどこに位置するかを明らかにする。

4. 鉄筋およびコンクリートの反射応答

鉄筋あるいはコンクリートが示す階調を表2に示す。頻度分布の平均値のみでは対象となるセルが少ないため対象物は表れてこない。このため、それぞれ $\mu \pm \sigma$ の範囲を反射応答としてもコンクリートの最大値と鉄筋の最小値は重複せず、これらを明確に分類できた。

このようなことや階調は整数で管理されることから、鉄筋の最小値115以上を着色した場合を図5に示す。応答している鉄筋はD19の異形棒鋼であるが、図5では幅が最大5cm程度、輪郭は歪で、中央付近で途切れるように示されている。また、鉄筋間の試験体両端に鉄筋と同程度の反射応答を示す部分が現れている。

このように、コンクリート内にある鉄筋を正確に表しているとはいいがたいが、色調で数値化した鉄筋の反射応答画像とこれが示す形状およびその製作図を合わせて用いることによって鉄筋の位置を客観的に判読することが可能であると考ええる。

5. まとめ

鉄筋コンクリート床版を模擬した試験体により、電磁波レーダによる鉄筋およびコンクリートの反射応答画像を数値化し、客観的に鉄筋を判読する方法を示すことができた。今後は、鉄筋コンクリート床版の土砂化、滞水および道路橋を想定したアスファルトを介した場合等の反射応答画像を整理し、客観的な鉄筋コンクリート床版の健全性の評価を目指して研究を進めたい。

参考文献

1)志水公敏ら:名古屋高速大規模舗装修繕工事における床版内部事前調査,コンクリート工学年次論文集,Vol.35,No.2,pp.1447-1452,2013

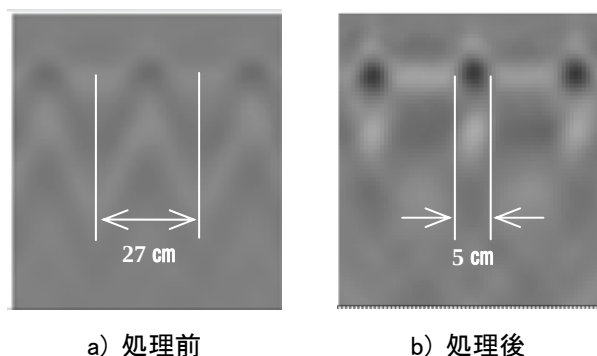


図3 マイグレーション処理による鉄筋の縦断画像

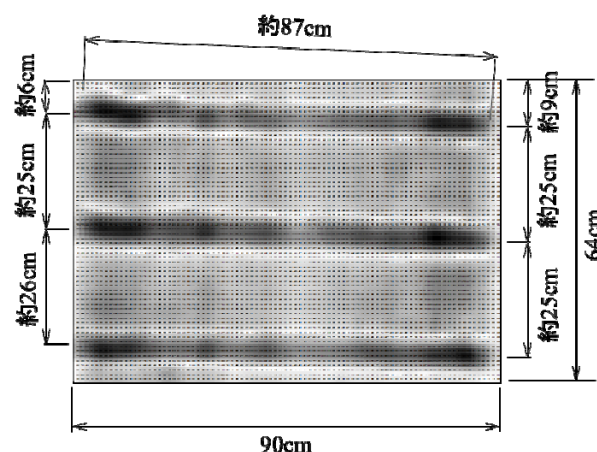


図4 256階調に数値化した反射応答画像

表2 鉄筋とコンクリートが示す階調による統計量

分類	鉄筋	コンクリート
サンプル数	528	2200
頻度分布の平均値 μ	155.705	70.244
頻度分布の標準偏差 σ	40.346	20.544
$\mu - \sigma$	115.359	49.700
$\mu + \sigma$	196.051	90.788

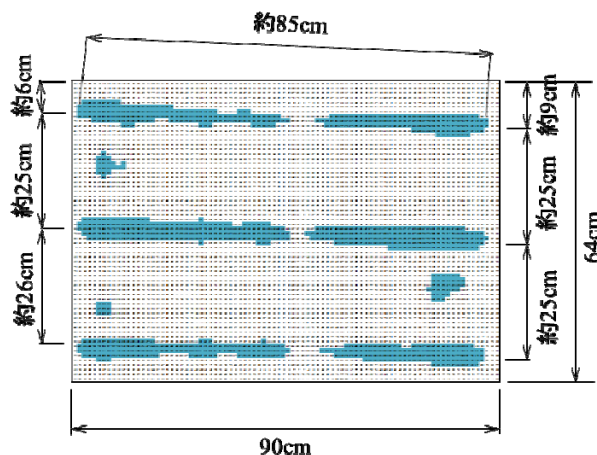


図5 鉄筋と判断されたセルに着色した画像