アレイアンテナを用いたコンクリートの電磁波イメージング法に関する基礎研究

1. はじめに

電磁波による鉄筋再構成の精度を向上させるために, 全波形サンプリング処理 (Full-waveforms sampling and processing: FSAP) 方式が提案されている¹⁾. FSAP 方 式は、アンテナの配置を変えながら、各送受信波形を コンピューター上の波形記憶マトリクスに保存し,ポ スト処理で任意の方向に電磁波を送信するものであ る.利点として,映像化対象とする領域の各画素に集 束ビームを送信するため,空間分解能が高いことが挙 げられる.既往の研究²⁾では、アンテナを1次元的 に配列(リニア配置)させて,供試体の断面を映像化 する FSAP 方式の検証が行われている.しかし,実際 のコンクリート部材は3次元的に配筋されているた め,アンテナ直下の空間領域を再構成するには,アン テナを2次元的に配列(マトリクス配置)させること が必要となる.既往の研究で用いていたアンテナは断 面を映像化するために指向性を有していたため、マト リクス配置へ応用するためには、アンテナは無指向型 で、かつシグナル強度をできるだけ向上させることが 必要となる、そこで、本研究ではログスパイラルアン テナ³⁾を試作し、この性能を検証する.また、ログ スパイラルアンテナを用いて FSAP 方式によるコンク リート断面の映像化を行ったので報告する.

2. ログスパイラルアンテナの特性

電磁波の送受信装置として,日本無線社製のハン ディサーチ(NJJ-105 改)を用いて電磁波計測実験を 行った. FSAP 方式は、アンテナをアレイ配置して行 うものであり、この装置を FSAP 方式に応用するため に,送信アンテナと受信アンテナを分離したものを用 いる. 従来アンテナと新しく作製したログスパイラル アンテナを図-1に示す. 従来アンテナは, ボウタイア ンテナを改良したものであり、プリント基板上に2つ の円形導体が並んだ形をしている. ボウタイアンテナ は、直線偏波となるため、アンテナの真下方向に強い 指向性を有する電磁波を送信する. ログスパイラルア ンテナも、プリント基板上に、銅箔がらせん状(ログ スパイラル)に貼り付けられている. ログスパイラル アンテナでは、入力波が円偏波となり、アンテナ断面 から広角に電磁波を送信する特徴をもつため, 無指向 で電磁波を送信することができる. 各アンテナを用い て, 平板導体から 100mm 離した位置で電磁波を送信 し,反射波を受信する.その反射波形と,フーリエス ペクトルを図-2に示す.この結果より、従来アンテナ と比べて、卓越周波数が0.7GHz ほど高周波側にシフ

愛媛大学大学院	学生員	〇岸岡大樹
愛媛大学大学院	正 員	中畑和之
(株) 計測技術サービス	非会員	清 良平



図-1 (左) 従来のボウタイアンテナ,(右) 試作したログス パイラルアンテナ



図-2 各アンテナの参照波形とそのフーリエスペクトル(左: 従来,右:ログスパイラル)

トしていることが分かる.

従来のアンテナとログスパイラルアンテナの特性 を比較するため、アンテナを150mm 離して対向させ て、受信アンテナと送信アンテナを対向面内で90度 変えた場合の波形計測を行った.図-3に受信波形をプ ロットしたものを示す.図-3から分かるように、従来 アンテナは受信アンテナの向きの違いで振幅が大きく 変化するのに対して、ログスパイラルアンテナでは振 幅の変化が少ない.このことから、ログスパイラルア ンテナは無指向性を発現できているといえる.

3. 鉄筋の再構成

従来アンテナとログスパイラルアンテナを用いた ときの,鉄筋の再構成結果について述べる.なお,ア ンテナはリニア配置として,2次元断面の映像化を行 う.鉄筋が深さ方向に2つ並んだ供試体(供試体Aと する)についての映像化を図-4に示す.ここでは,従 来アンテナのピッチを40mm,ログスパイラルアンテ ナのピッチを50mmとし,8か所で電磁波の送受信を 行った.従来アンテナは浅い鉄筋と深い鉄筋の双方が



-1.0 0.0 1.0 図-4 供試体 A の映像化結果 (左:従来アンテナ,右:ロ グスパイラルアンテナ)

再構成されている.一方のログスパイラルアンテナ は,従来アンテナよりも深さ方向の鉄筋検出性能は劣 るが,無指向型という特性を考えれば十分な再構成結 果であるといえる.

次に,3次元的に配筋された供試体(供試体 B とす る)に対する再構成結果を図-5に示す.従来アンテナ の計測ピッチは40mmとし15か所で送受信を行った. ログスパイラルアンテナの計測ピッチは50mmとし て11か所で計測を行った.従来アンテナは再構成断 面に対して面外方向に伸びる鉄筋から強いシグナルを 得るように設計されているため,上部の鉄筋のみ強い 指示が得られている.一方,無指向型のログスパイラ ルアンテナを利用した場合は,面内の鉄筋も鮮明に映 像化できているのがわかる.



図-5 供試体 B の映像化結果 (上:従来アンテナ,下:ロ グスパイラルアンテナ)

4. 結言

ログスパイラルアンテナは無指向型であるため,ア ンテナ直下の任意の方向に電磁波が送信可能である. このログスパイラルアンテナを FSAP 方式に応用し, 鉄筋の3次元再構成を行うための基礎研究を行った. ここでは,リニア配置による断面の映像化を行うこと で検証を行ったが,今後は,FSAP 方式をマトリクス アレイ配置に拡張し,鉄筋の3次元再構成を行いたい と考えている.

参考文献

- 中畑和之,平田正憲,廣瀬壮一,全波形サンプリング 処理方式を利用した散乱振幅からの欠陥再構成,非破 壊検査, Vol.59, No.6, pp.277-283, 2010.
 松本大史,伊賀達郎,中畑和之,電磁波を用いた全波形
- 2) 松本大史,伊賀達郎,中畑和之,電磁波を用いた全波形 サンプリング処理方式による鉄筋の映像化とその実験 的検証,JSNDI 秋季講演大会講演概要集,pp.45-46,2013.
- 川崎地質株式会社,連続波を用いた電磁波調査機器の 設計のための文献調査,平成9年度動力炉・核燃料開 発事業団契約業務報告書,pp.2-7,1998.