

無指向型アレイアンテナを用いた電磁波レーダ法による鉄筋再構成

愛媛大学大学院 学生員 ○岸岡大樹

愛媛大学大学院 正会員 中畑和之

(株) 計測技術サービス 非会員 清 良平

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³⁾、

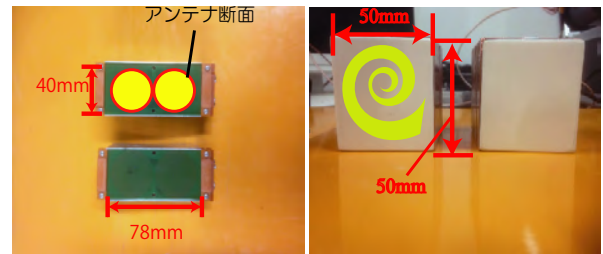


図-1 (左) 従来のボウタイアンテナ, (右) 試作したログスパイラルアンテナ

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離れ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により、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。

キーワード：電磁波、鉄筋イメージング、ログスパイラルアンテナ、FSAP方式

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3, E-mail: nakahata@cee.ehime-u.ac.jp

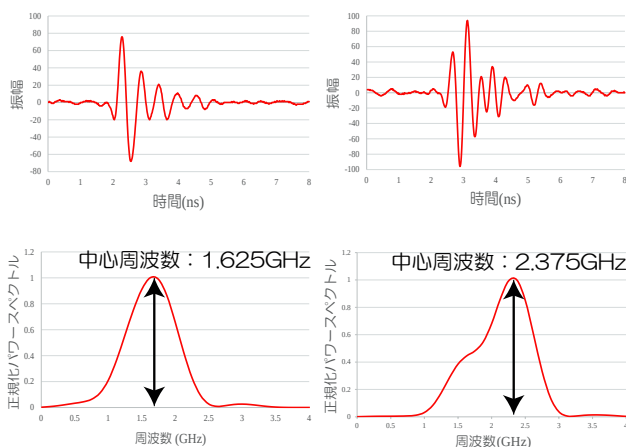


図-2 各アンテナの参照波形とそのフーリエスペクトル (左: 従来, 右: ログスパイラル)

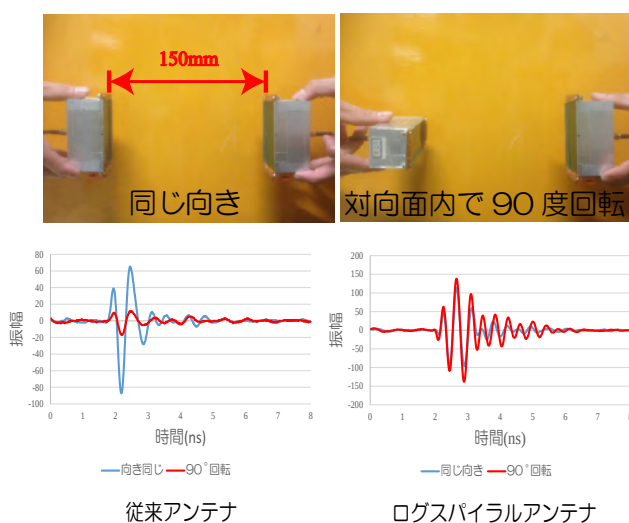


図-3 各アンテナの対向時の波形比較

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 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。

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ログスパイラルアンテナの有効性の検証を行ったが、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。

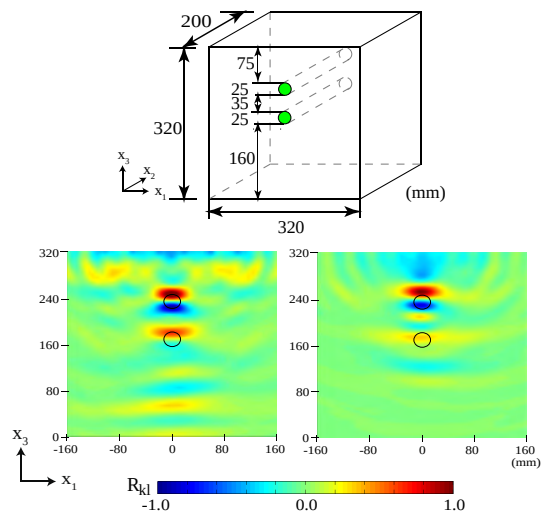


図-4 供試体 A の映像化結果 (左: 従来アンテナ, 右: ログスパイラルアンテナ)

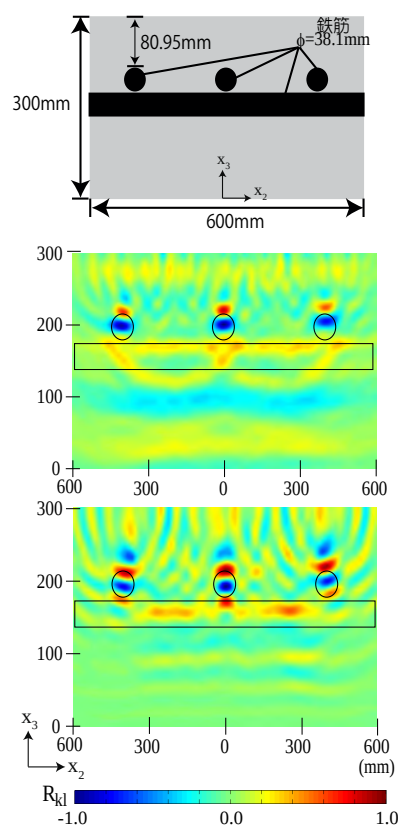


図-5 供試体 B の映像化結果 (上: 従来アンテナ, 下: ログスパイラルアンテナ)

参考文献

- 1) 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.
- 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.
- 3) 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.