

マイクロ波を利用した RC 構造物中の鉄筋探査方法に関する研究

東京理科大学 学生員 ○根岸 稔
京橋メンテック 非会員 並木 宏徳
京都大学 非会員 三谷 友彦

東京理科大学 正会員 辻 正哲
京都大学 非会員 篠原 真毅
神戸大学 非会員 竹野 裕正

1. はじめに

近年, RC 構造物の維持・管理の為, 非破壊検査が大きな役割を担うようになり, 構造物の内部を把握する非破壊検査手法として, 電磁波, 弾性波, 電磁誘導等を使った手法が研究開発されてきた. その中で, 鉄筋を探査する手法として, 透過法として X 線法が, 反射法として電磁波レーダ法が採用されることが多い. しかし, X 線法は, 供試体内部を二次元画像として検出できる反面, フィルムを設置するだけの空間の確保や安全管理上の制限, 時間, コスト面などの問題点があり, 電磁波レーダ法では, 使用方法が簡便で即座に結果が出るといった利点があるものの, 複雑な配筋下では, 技術者の判断に依存する部分もあるため, 技術者の技量が影響するといった問題点がある. 一方, マイクロ波には, コンクリート中は透過するが, 鉄筋位置で反射する性質がある. これまで, こうした性質を利用して鉄筋位置を推定する手法について, マイクロ波をコンクリートに照射し, マイクロ波の透過量の変化から鉄筋位置を推定する透過法と, 反射量の変化から推定する反射法について研究してきた.

本研究では, RC 構造物の非破壊による鉄筋探査手法について, 複数方向からのマイクロ波の反射波特性および透過波特性を調べることで, 幾何学的に鉄筋の 3 次元的位置を推定する新手法を開発するために実験を行った. また, 測定対象範囲の拡大かつ精度向上についても検討を行った.

2. 実験概要

ネットワークアナライザおよび 2 本のダイポールアンテナを使用して, マイクロ波の透過率の変化から鉄筋位置を推定する透過法と, 反射率の変化から推定する反射法について実験を行った. なお, 照射したマイクロ波の出力は 1mW とした.

2.1. 反射法概要

実験に用いた供試体は, D25 をかぶり 75mm なるように

1 本配筋したものと, かぶりが 10, 30 および 50mm となるようにピッチ 155mm で配筋したものである(図-1, 図-2 参照). 測定は, 送信アンテナと受信アンテナの間隔を一定に保ちながら, 供試体側面に沿って移動させながら行った. なお, アンテナ間隔は 30mm とし, 周波数は 2.45, 2.55, 2.65 および 2.75GHz の 4 通り, 供試体表面からアンテナまでの距離は 0mm, 測定間隔は 5mm とした. さらに, 供試体を裏返し, かぶりの大きい範囲まで測定を行った.

2.2. 透過法概要

実験に用いた供試体は, 図-3 のように, 2 本の D19 をそれぞれかぶりが 50 および 230mm なるように 2 段配筋したものである. 測定は, 供試体の表と裏に配置したアンテナを, 一定の透過角度(2 本のアンテナを結んだ直線である透過線と部材軸線のなす角度)に保ちながら, 供試体側面に沿って移動させながら行った. なお, 透過角度は 60, 90 および 120° の 3 通り, 周波数は 2.45, 2.55, 2.65 および 2.75GHz の 4 通り, 供試体とアンテナの距離は 0mm, 測定間隔は 5mm とした.

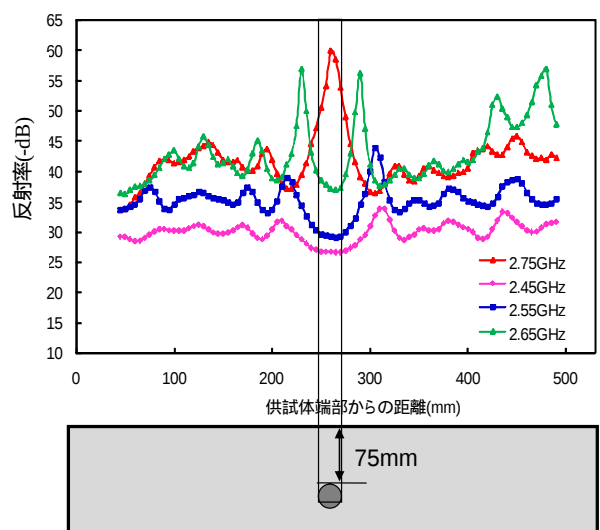


図-1 反射法による測定結果

キーワード 非破壊検査, マイクロ波, 反射波, 透過波

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 04-7123-1501 E-mail saori@rs.noda.tus.ac.jp

3. 実験結果

3.1. 反射法による実験結果

反射率を測定した結果は、図-1 および図-2 に示す通りである。両アンテナの中心が鉄筋位置に近づくあるいは離れていく時、反射率が若干小さくなり、アンテナ間に鉄筋位置が入ると、反射率は急激に大きくなった。また、かぶり
が大きい場合には、周波数が高くなるほど、鉄筋位置での反射率の変化が明瞭になった。これは、周波数が高くなるとマイクロ波は減衰しやすく、コンクリート背面や端部、さらに隣接する鉄筋等からの反射波の影響が小さくなり、比較的近い距離にある鉄筋からの反射波が明瞭に捉えられるようになったことによると考えられる。D25 を 3 本配筋した供試体では、かぶりが小さい程、鉄筋位置での反射率が大きく変化する傾向にあった。しかし、かぶりが 70, 90 および 110mm と大きくなると、鉄筋の存在とは結びつかない反射率の増減の挙動が見られた。これは、照射したマイクロ波およびその反射波は、放射状に進むため、かぶり
が大きくなると、隣接する鉄筋の影響も大きく受けるためと考えられる。

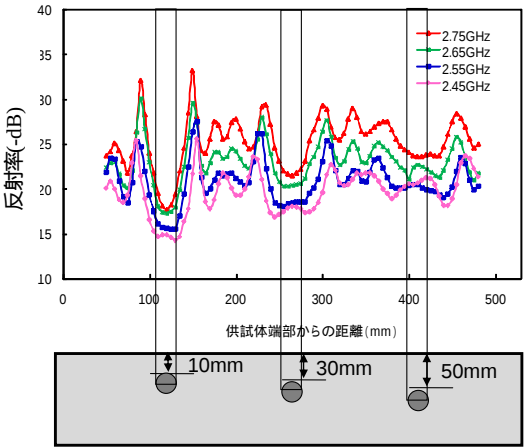


図-2 反射法による測定結果

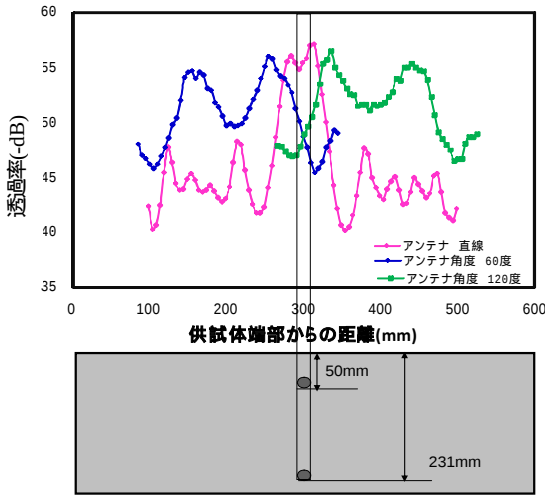


図-3 透過法による測定結果

3.2. 透過法による実験結果

透過率を測定した結果は、図-3 に示す通りである。透過角度が 90 ° の場合、鉄筋位置上でマイクロ波の透過量が大きく減少した。なお、配筋されていると、透過線上に鉄筋が存在しない位置でも、無筋の供試体の場合に比べて、鉄筋位置からの距離に応じて周期的に透過量は微小な増減を繰り返した。そのため、測定されている透過波は、周辺鉄筋の影響がわずかながら影響を受けていると推測される。透過角度を 90 ° とした場合、透過率の大きな減少箇所が 1 つしか確認できないが、これは一方の鉄筋は他方の鉄筋の影に隠れているためと考えられる。しかし、60 ° および 120 ° とした場合では、透過率の大きな減少を 2 箇所確認された。これは、供試体に鉄筋を 2 段組みで配筋したためであり、角度をつけてマイクロ波を透過させることで、X 線法と同様に段組の鉄筋位置まで検出できる可能性を示している。一方、測定結果より、供試体表面から鉄筋中心までの距離を幾何学的に算出した結果は表-1 に示す通り、推定誤差は 2mm 以下となり、現在提案実用化されている非破壊試験方法の中でもかなり高い推定精度を示す結果となった。

かぶり (mm)	D19		
	中心までの 距離 (mm)	算定値 (mm)	誤差 (mm)
50	59.5	60.6	+1.1
231	240.5	242.5	+2.0

図-4 透過法における算定結果

4. まとめ

鉄筋探査に反射法を採用する場合、送受信アンテナ分けることにより、かぶり 75mm 程度まで鉄筋位置を精度よく推定することが可能であった。ただし、かぶりが大きくなると隣接する鉄筋や供試体表面からの反射の影響を受けるため、鉄筋間隔が小さい場合には測定可能なかぶりは小さくなる。

鉄筋探査に透過法を採用する場合、部材厚さが 300mm についても容易かつ短時間に鉄筋位置を推定することが可能であった。また、複数方向から測定することにより、2 段配筋した鉄筋位置も精度よく推定できた。