

マイクロ波を利用したコンクリート中の鉄筋位置及びかぶりの推定に関する研究

東京理科大学 学生員 ○根岸 稔
 京都大学 非会員 篠原 真毅
 東京理科大学 学生員 小泉 裕樹

東京理科大学 正会員 辻 正哲
 京都大学 非会員 三谷 友彦
 東京理科大学 学生員 椎橋 顕一

1. はじめに

鉄筋位置を調べる非破壊検査で近年採用されるようになってきた電磁波レーダ法，弾性波法およびエックス線法は，それぞれ反射波あるいは透過波を用いて鉄筋位置を推定するものである．一方，電子レンジなどで用いられているマイクロ波には，硬化コンクリート中にも深く透過するが，鉄筋などの導体からは反射する性質がある．そのため，マイクロ波を用いると，反射波だけでなく，図-1 に示したエックス線法による透過波の減少する範囲から鉄筋位置を幾何学的に推定する方法を適用しても鉄筋位置を推定できる可能性がある．また，マイクロ波には，照射出力が小さい範囲では，エックス線と異なり，法的規制はなく，人体へ悪影響，資格や管理区域の設定等の制約がない．さらに，測定装置が比較的安価であるという特徴がある．

本研究では，電子レンジ等で一般に用いられている周波数 2.45GHz のマイクロ波の透過波特性および反射波特性から，鉄筋位置およびかぶりを推定する手法について検討した．なお，マイクロ波の照射出力は人体に影響しない範囲の 1mW とした．

2. 実験概要

2.1 供試体

透過波から鉄筋位置を求める実験では，図-2 に示すように鉄筋を 2 本配筋した H150×W530×D150mm の供試体である．なお，鉄筋には D19 および D32 を用い合計 2 体の供試体で測定を行った．かぶりは，10 および 30mm とした他，供試体を裏返しにし [150 - (10 あるいは 30) - (鉄筋径)]mm とした条件での測定を行った．また，反射波特性を調べる実験では，図-3 に示すような供試体を用いた．なお，コンクリートの水セメント比は 55% と一定にした．

2.2 測定方法

実験では，京都大学生存圏研究所の全国共同利用「マイクロ波エネルギー伝送実験装置」のネットワークアナライザおよびダイポールアンテナを用いて，マイク

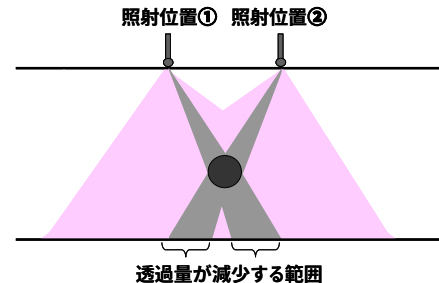


図-1 エックス線法による鉄筋位置推定方法の概念



図-2 供試体寸法(透過波測定用 使用鉄筋 D19, D32)

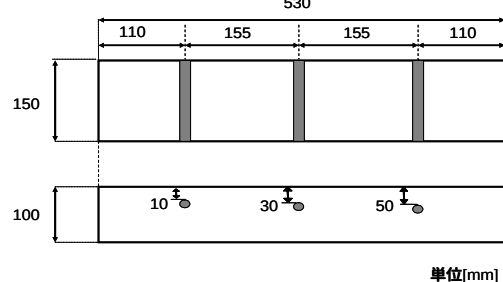


図-3 供試体寸法(反射波測定用 使用鉄筋 D10, D25)

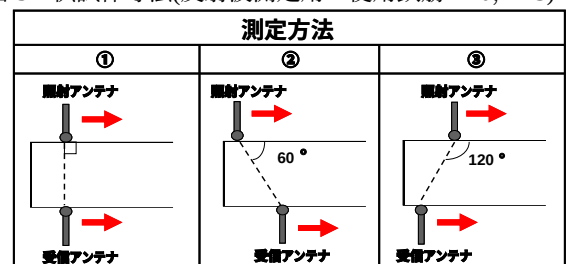


図-4 透過波測定時のアンテナ位置

ロ波の透過率および反射率の挙動を測定した．透過率の測定では，図-4に示すように，照射アンテナと受信アンテナの位置を表裏面で3通りにずらしたまま，供試体に沿ってアンテナを移動させた．なお，測定間隔は5mmとした．また，反射波の測定では，一つのアンテナで照射受信を行い，測定間隔を10mmとした．マイクロ波の周波数および照射出力はそれぞれ2.45GHzおよび1mWとした．

キーワード 鉄筋コンクリート 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 TEL04-7124-1501(内線 4054) E-mail:saori@rs.noda.tus.ac.jp

2. 3 透過率および反射率

透過率および反射率は次式より求めた。

$$T = 10 \log_{10} \left(\frac{E_t}{E_i} \right)$$

$$R = 10 \log_{10} \left(\frac{E_r}{E_i} \right)$$

ここに、T：透過率(dB)

R：反射率(dB)

E_t ：透過波の電界強度(W)

E_r ：反射波の電界強度(W)

E_i ：照射出力(W)

3. 実験結果および考察

3. 1 透過率試験

図-5 は、アンテナ位置を図-4①とした場合の、測定位置と透過率の関係を示したものである。鉄筋位置付近で透過率は大きく減衰した。また、鉄筋径が大きい方が、減衰率も大きくなっている。これは、鉄筋によりマイクロ波が反射し透過が疎外され、また鉄筋径が大きいほど、回折による鉄筋背面への回り込みがしにくくなるのが関係していると考えられる。なお、かぶりによる透過率の変化は見られなかった。

図-6 は、D32 を配筋した供試体について、アンテナ位置を図-4②③とした場合の、測定位置と透過率の関係を示したものである。透過率が減衰した範囲のずれは、かぶりが大きくなるにつれ広がっている。表-1 は、この測定結果から、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値である。算出結果は実際に配筋した値と近い値となった。かぶりが小さい時最大で 8.6mm の誤差が生じたが、これは測定間隔を 5mm としたことにより生じる推定誤差（片側 2.5 mm づつ誤差が生じた場合）が ± 4.3 mm であることと、送信と受信アンテナをずらせる間隔が不適切であったことが原因として考えられる。そのため、推定するかぶりに見合った送受信アンテナの間隔とし、測定間隔を狭め連続して測定を行うのがよいと考えられる。

3. 2 反射率試験

図-7 は、D10 および D25 を配筋した供試体について、測定位置と反射率の関係を示したものである。反射率は鉄筋位置付近で小さくなっている。鉄筋位置直上だけでなくその付近で小さくなったのは、鉄筋で反射したマイクロ波の散乱によると考えられる。また、かぶりが大きいほど、反射率の変化は小さくなる傾向を示

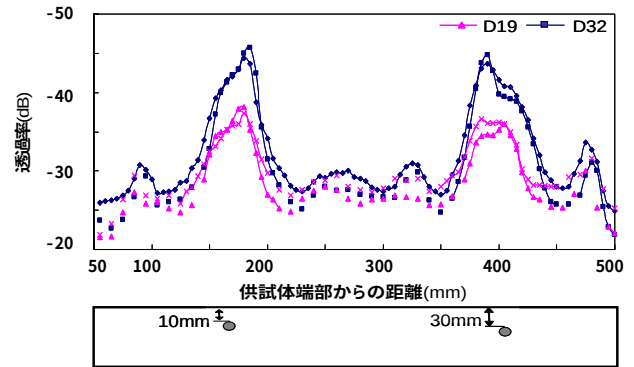


図-5 アンテナ位置①の場合の透過率の測定

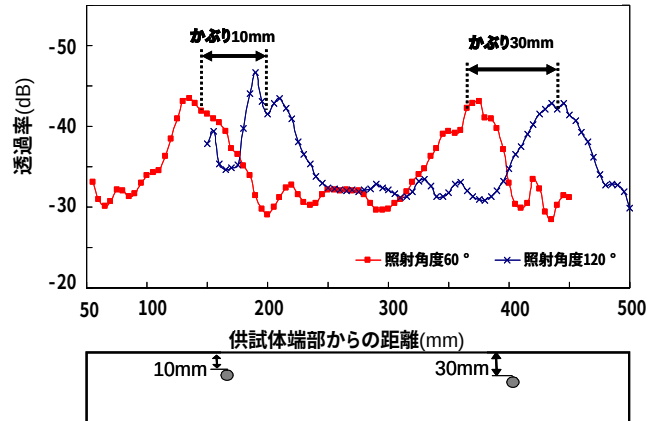


図-6 アンテナ位置②③の場合の透過率の測定

表-1 コンクリート表面から鉄筋中心までの距離の推定

かぶり (mm)	D19			D32		
	鉄筋中心 までの距離 (mm)	推定値 (mm)	誤差 (mm)	鉄筋中心 までの距離 (mm)	推定値 (mm)	誤差 (mm)
10	19.5	26.0	+6.5	26	34.6	+8.6
30	39.5	39.0	-0.5	46	52	+6
90	/	/	/	106	103.9	-2.1
100	109.5	112.6	+3.1	/	/	/
110	/	/	/	126	121.2	-4.8
120	129.5	125.6	-3.9	/	/	/

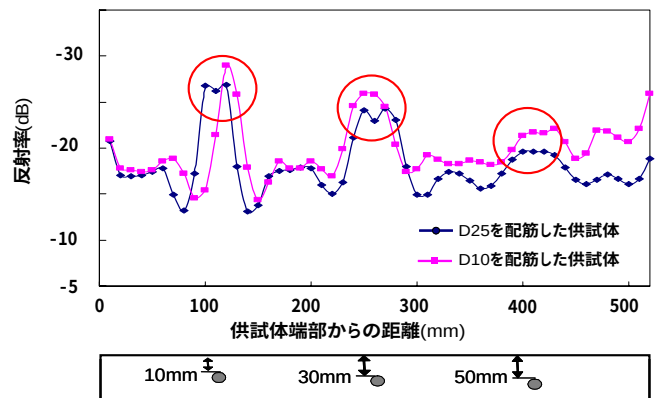


図-7 反射率の測定結果

したが、鉄筋径の相違による反射率の変化は明確ではなかった。

4. まとめ

マイクロ波の透過率を 2 箇所で測定することで、鉄筋位置およびかぶりを推定できる可能性が示された。なお、かぶりが 50mm までではあるが、反射率からも鉄筋位置の推定は可能であった。