

鉄筋における電磁波反射強度のかぶりおよび鉄筋径の依存性に関する研究

中央大学 理工学部土木工学科 ○ 赤石 圭治
 中央大学大学院 理工学研究科土木学専攻 王 会娟
 中央大学 理工学部土木工学科教授 大下 英吉

1. はじめに

電磁波レーダー法は送信アンテナから放射された電磁波がコンクリート内部の鉄筋に反射し、その反射波が受信アンテナに受信されるまでの伝播時間および電波速度よりかぶりを推定する手法である。一般に、コンクリート内部における電磁波の伝播速度は含水率の影響で表される比誘電率に依存するため、精度良い推定に際してはその情報を事前に評価しておかなければならない。また現状の電磁波レーダー法では鉄筋径の推定は出来ない。

本研究では、電磁波レーダーを用いて測定した電磁波強度より含水率が電磁波の減衰に与える影響を検討し、電磁波強度よりかぶり、鉄筋径を推定する基礎的研究と位置付け、新たな非破壊検査手法の確立を目的とし実験を行った。

2. モルタルにおける電磁波の減衰

2.1 実験概要

本研究で使用した電磁波レーダーは、パルスレーダー方式の中心周波数 1GHz であり、送受信端子が分離された構造となっている。モルタル供試体配合は $W/C=0.45$, $S/C=2.5$ である。モルタルにおける電磁波の減衰測定は、モルタル供試体の上下面にそれぞれ送受信端子を設置して行った。測定用の供試体は円柱供試体を作成後に、水分の逸散を防ぐため脱型後、両端面をシールした。実験パラメータは含水率であり、105℃の乾燥炉及び相対湿度 40, 60%の恒湿槽に静置することにより制御した。その後、図-1 に示すように円柱供試体を所定の長さに切断し供試体とした。併せて、円柱供試体の深さ方向の含水率も質量変化より測定した。電磁波強度は図-2 の斜線部に示す通りであり、測定された波形の最大ピーク点を含む 3 つの波形の山の面積を電磁波強度とした。なお、測定時の供試体の温度は一定とし、レーダーのゲイン設定を 57dB とした。

2.2 減衰に及ぼす含水率の影響

モルタルの含水率分布は図-3 に示すように内部ほど含水率は高くなり、ある深さで一定になる。雰囲気湿度が高いほど、当然ではあるが高い含水率となった。

モルタルの深度距離における電磁波強度の結果を図-4 に示す。距離および湿度が増加するほど電磁波強度が減少している。電磁波強度の深度方向における傾

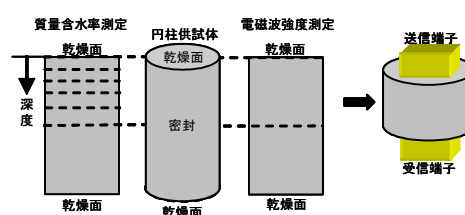


図-1 円柱供試体概要

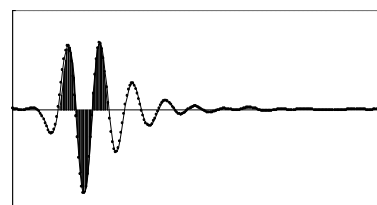


図-2 電磁波強度

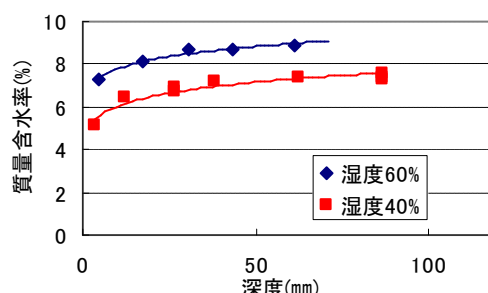


図-3 含水率分布

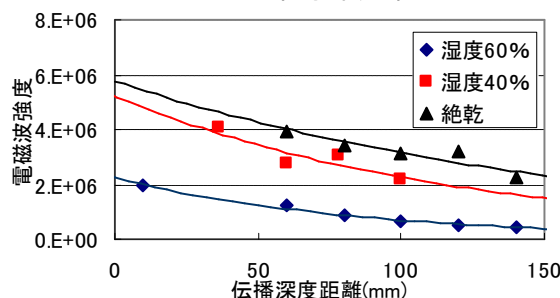


図-4 電磁波減衰

キーワード 電磁波レーダー、かぶり、鉄筋径、電磁波強度、含水率

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学 理工学部土木工学科 TEL:03-3817-1892 E-mail:d35305@educ.kc.chuo-u.ac.jp

きは、いずれの相対湿度においても絶乾状態とほぼ同じであり、深度がゼロにおける値が相対湿度に依存するものとなっている。すなわち、電磁波強度の減衰は含水率と距離を独立して評価することが可能と考えられる。

3. 電磁波反射強度に及ぼす鉄筋径の影響

3.1 実験概要

鉄筋からの反射波の測定は、送受信端子を一体としてモルタル表面を一定速度で移動させることにより実施した。この場合、受信端子にはモルタル表面を直接伝播した波も受信することとなる。したがって、鉄筋からの反射波のみの抽出は、鉄筋上の波形から同供試体の鉄筋と供試体側面からの反射波の影響がない無筋上の反射波を差し引くことにより実施した。使用した供試体の寸法は $300 \times 300 \times 500\text{mm}$ 、雰囲気湿度 60% の試験室内に保管、パラメータは表-1 の通りである。供試体名称の一例を図-5 に示す。

3.2 鉄筋反射強度

図-6 はかぶり、鉄筋径に応じた鉄筋の反射強度を示したものである。同図より、かぶりの影響に加えて鉄筋径も電磁波強度に影響を与えていることが確認できる。これは、電磁波の鉄筋反射面積の増加に伴い反射量が多くなることに起因して、電磁波強度が大きくなったと考えられる。また、かぶりが 100mm の供試体において測定された波形は、30mm および 60mm と比較して乱れており、ノイズを完全に除去できなかった。これは、レーダーの周波数、解像度が高いことが原因だと考えられる。

3.3 各種鉄筋径における反射率

得られた鉄筋反射強度ではモルタル内の減衰も含まれているため、鉄筋径を判定することはできない。そこで、鉄筋に反射する直前の電磁波強度と鉄筋で反射した直後の電磁波強度の割合から反射率を求めた。鉄筋直前での電磁波強度はモルタル内での伝播のみであるから前掲の図-4 より送信アンテナと鉄筋までの伝播距離から鉄筋直前の電磁波強度を判定することができる。

またモルタル内での深度距離による電磁波強度は入射波の大きさによらずグラフの傾きは同じであった。この傾向から、鉄筋反射直後の反射波を入射波とすると、前掲の図-6 の通常測定で得られた鉄筋反射強度から鉄筋反射直後の電磁波強度を得ることができる。

図-7 は算出した反射率の結果である。同図は、鉄筋径が大きいほど反射率は大きくなっており、線形の傾向を示している。かぶりが 30mm および 60mm の場合においては反射率と鉄筋径の関係はほぼ一致しており、かぶりによらず鉄筋径のみで反射率が一定と考えられる。しかしながら、かぶりが 100mm においては傾向が異なっており、ノイズを完全に除去できなかったことが原因の一つとして考えられる。

表-1 供試体パラメータ

かぶり 鉄筋径(mm)	30	60	100
25	M30-R25	M60-R25	M100-R25
16	M30-R16	M60-R16	M100-R16
9	M30-R9	M60-R9	M100-R9

図-5 供試体名称一例

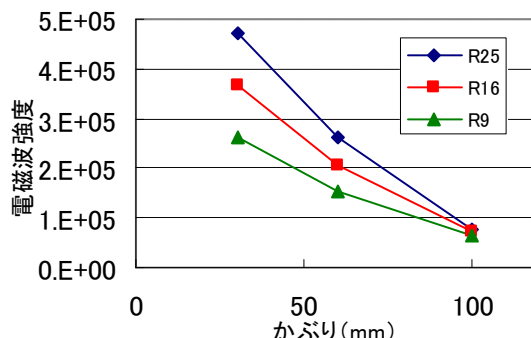


図-6 反射波の比較

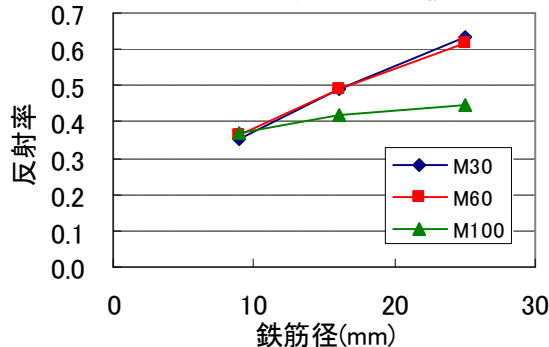


図-7 鉄筋での反射率の比較

4. まとめ

鉄筋径は鉄筋反射強度に影響を与えており、径が大きいほど反射強度が増す傾向を示している。これは、鉄筋での電磁波反射率はかぶりに関わらず鉄筋径で一定であると考えられる。含水率と電磁波強度について詳細に検討することが今後の課題である。

参考文献

- (1) 吉岡他：中庸熱セメントを用いたモルタルおよびコンクリートの含水率分布に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.28, No1, 2006, pp1331～1336