

摂南大学大学院

摂南大学

村本建設(株)

佐藤工業(株)

学生員 ○檜田 篤志

正会員 熊野 知司

正会員 高井 伸一郎

正会員 藤原 正佑

1. はじめに

コンクリートやモルタルに電磁波遮蔽性を付与できれば、携帯電話の鳴らないような空間や、コンクリート構造物のみで電磁波を制御することが可能となる。本研究では、炭素粉末と炭素短繊維の組み合わせに着目し、これらを添加したモルタル供試体に対して自由空間法である、透過法および反射法を用いて電磁波遮蔽性を評価するとともに、複素比誘電率の推定を試みた。

2. 実験方法

モルタルの配合は水セメント比（以下，W/C）を 60%とし，炭素粉末（以下，CP）は 0～20%まで 5%ごとに添加し，炭素短繊維（以下，CF）は 0, 0.5, 1.0%をモルタルの体積比で添加した。含水状態は湿潤，気乾，絶乾状態とし，供試体には 300×300×10mm のものを使用した。図-1 に透過法，図-2 に反射法の模式図を示す。

3. 結果および考察

(1) 透過法

図-3 に CP 添加率ごとの周波数と透過率との関係を示す。この図で透過率が 0 になると完全に透過していることを示す。図より、周波数が大きくなると透過率は小さくなるのが分かる。さらに透過率は CP 添加率の増加に伴い、小さくなる傾向にあるといえる。また、いずれの CP 添加率においても、絶乾状態に比べて湿潤状態の透過率は小さくなった。

図-4 に気乾状態における周波数と透過率との関係の一例を示す。図より、いずれの CP 添加率においても、CF 添加率が増加すると、透過率が若干ではあるが、小さくなる傾向を示した。この傾向は湿潤状態でも同様であったが、絶乾状態では透過率に差は見られなかった。以上の結果より、モルタルに CF を加えることで電磁波遮蔽性能を向上させることができると考えられるが、その効果は、大きくないといえる。一般的に電磁波遮蔽材として望まれる透過率は平均的な性能として -30dB 以下とされている¹⁾ ため、電磁波遮蔽材料として利用するには、部材厚を大きくする等の工夫が必要である。

(2) 複素比誘電率の推定

本研究では、透過率の測定値と式 (1) から得られる計算値の残差が設定した値以下になるようにニュートン法を適用して複素比誘電

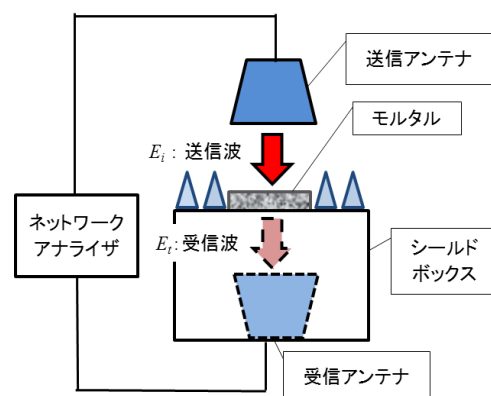


図-1 透過法の模式図

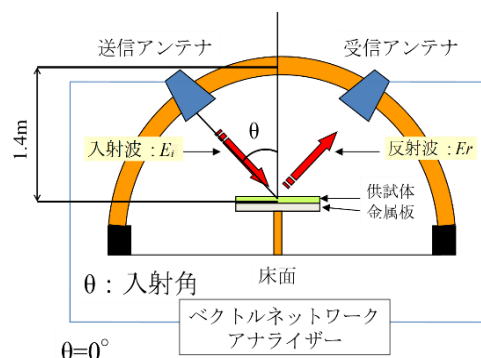


図-2 反射法の模式図

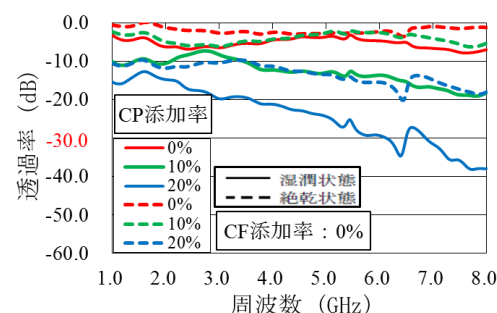


図-3 周波数と透過率の関係

率の推定を試みた。²⁾

$$T_s = 20 \log_{10} \left| \frac{T_{12} T_{23} e^{-12 j r 2l}}{R_{12} R_{23} e^{-2 j r 2l}} \right| \quad (1)$$

ここに, R_{12} , R_{23} : 境界面での反射係数

T_{12} , T_{23} : 境界面での透過係数

J : 虚数単位, L : モルタル厚さ

図-5 に CP 添加率と複素比誘電率の実数部および虚数部との関係を示す。図より, CP 添加率の増大に伴い実数部および虚数部は増加していることが分かる。また CF 添加率が増加するとやはり複素比誘電率の実数部及び虚数部は若干増加したがその変化は小さかった。以上の結果より, CP と CF の添加率を変化させることでモルタルの複素比誘電率をコントロール出来る可能性がある。

(3) 反射法

図-6 に CP 添加率ごとの周波数と反射率の関係を示す。図より, CP 添加率を増加させると反射率が 0 に近づき, 反射が大きくなる傾向にある。

本研究では, 透過法より得られた複素比誘電率を用いた反射率の計算値 (式 (2)) と実験値を比較することにより, 推定した複素比誘電率の妥当性を検証した。

$$R_s = 20 \log_{10} \left| \frac{r_{12} + r_{23}}{1 + r_{12} \times r_{23}} \right| \quad (2)$$

ここに, $R_{12} = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$

r_{23} : モルタルと鉄板の境界の反射係数

k_1 : 空気の伝播定数

k_2 : モルタルの伝播定数

図-7 に反射率の実測値と計算値の比較結果を示す。図より, 反射率の極小値には違いが見られるが, 極大値や波形は概ね一致しており, 推定した複素比誘電率が概ね妥当であると判断することができる。

4. 結論

(1) CP を添加したモルタルの透過率は CP 添加率と含水状態が支配的な影響要因であった。

(2) CP 添加率を増加させると, 反射率が大きくなり電磁波遮蔽性が向上した。

(3) 複素比誘電率の妥当性を検証した結果, 推定した複素比誘電率は概ね妥当である。

<参考文献>

1) 清水康敬, 杉浦行, 石野健 : 最新 電磁波の吸収と遮蔽, 日経技術図書株式会社, pp209, 1999.

2) 橋本修 : 高周波領域における材料定数測定法, 森北出版株式会社, 2003.

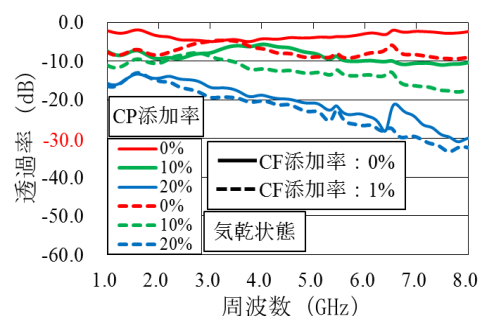


図-4 周波数と透過率との関係

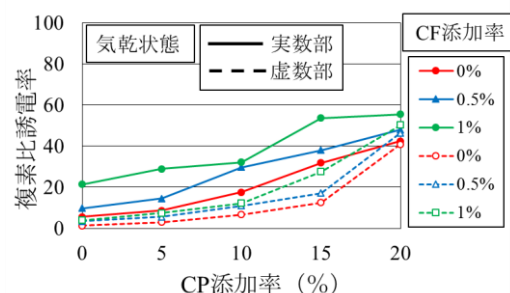


図-5 CP 添加率と複素比誘電率との関係

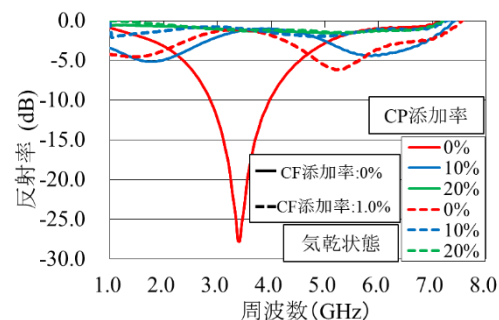


図-6 周波数と反射率との関係

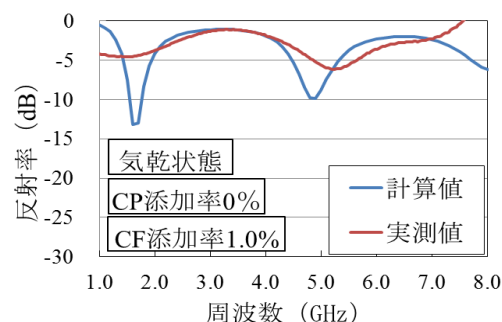


図-7 周波数と反射率との関係