

## セメント系材料による電磁波吸収性能に関する一検討

摂南大学大学院 学生員 ○依田 駿作  
 村本建設(株) 正会員 高井 伸一郎  
 奈良県産業振興総合センター 林 達郎  
 摂南大学 正会員 熊野 知司

## 1. はじめに

コンクリートやモルタルに電磁波吸収性を付与できれば、コンクリート構造物のみで電磁波をコントロールすることが可能になる。既報りにおいて水セメント比(以下、W/C)を60, 45, 30%とし、導電性を持つ炭素粉末(以下、CP)添加率を3%, 複素比誘電率の調整が期待できるポリプロピレン(以下、PP)を20%とした供試体を作製し、自由空間法である透過法を用いて電磁波遮へい性能を評価した。その結果、含水率の変化に伴い生じる電磁波透過性の変化を抑制することを考慮すれば、W/C=30%とするのが暫定的な選択肢であると考えられた。そこで、本研究では、この結果をもとに電磁波吸収性を検討するため、W/C=30%とし、PPを大幅に増加させた場合の複素比誘電率や反射法による電磁波吸収性の評価を行った。本報文は、一連の検討結果を報告するものである。

## 2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメント(密度:  $3.15\text{g/cm}^3$ )、細骨材には仁淀川産川砂(表乾密度:  $2.61\text{g/cm}^3$ )を使用した。また、CPの密度は  $2.13\text{g/cm}^3$ 、PPは、球と仮定した場合の平均粒径が  $1.92\text{mm}$ 、密度は  $0.90\text{g/cm}^3$  のものを使用した。混和剤には、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤(SP)を使用した。表-1にモルタルの配合およびモルタルのフレッシュ性状の試験結果一覧を示す。W/Cを30%, CPの添加率を3%と固定し、PPをモルタルの体積比で20%, 32%, 40%, 50%に変化させた。ここで、PPの添加率40%においては、2回実験を行ったため、配合名をPP40-1とPP40-2として区別した。供試体の平面寸法は  $300\times 300\text{mm}$  とし、厚さを  $10\text{mm}$  とした。脱型後28日まで水中養生を行い、湿潤状態(W)で電磁波の透過率および反射率の測定を行った。その後、乾燥期間の14日後(2D)と28日後(4D)で同様の測定を行った。

## 3. 実験結果および考察

図-1に2Dにおける周波数と透過率との関係を示す。図より、PP20, PP32は透過率が小さくなり、PP添加率が大きくなると透過率が大きい方にシフトすることがわかる。PP40-1とPP50とで比較するとPP50の方が透過率は小さくなった。一方、PP40-1とPP40-2を比較すると、PP40-2の方が透過率は小さい結果となった。表-1に示すようにPP40-1とPP40-2は同一の配合であるが、練上がりの空気量が異なる。空気量が5.1%と多いことがPP40-1の透過率が大きくなったことに関係している可能性があると考えられる。

表-1 モルタルの配合とフレッシュ性状の一覧結果

配合名	W/C (%)	PP (%)	CP (%)	単位数( $\text{kg/m}^3$ )					SP Cx%	フロー(mm)	空気量(%)
				W	C	S	PP	CP			
PP20	30	20	3	316	1053	313	180	64	1.1	218	0
PP32		32		316	1053	0	288		0.9	211	0
PP40-1		40		277	923	0	360		1.1	217	5.1
PP40-2		40		277	923	0	360		1.5	197	0.6
PP50		50		228	760	0	450		2.4	190	4.8

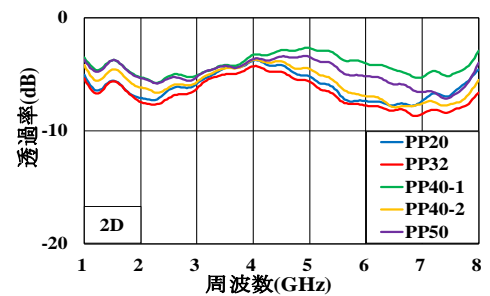


図-1 周波数と透過率の関係

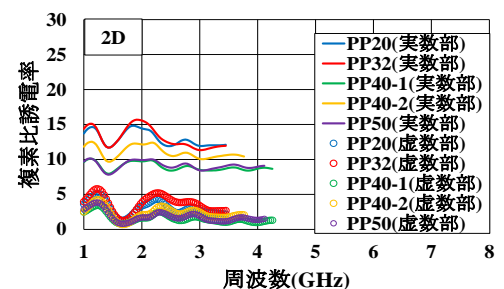


図-2 周波数と複素比誘電率の関係

キーワード 電磁波, 炭素粉末, ポリプロピレン, モルタル, 複素比誘電率

連絡先 〒580-0044 大阪府松原市田井城 2-2-2 サンシティ松原 402 依田 駿作 TEL072-334-2281

本研究では、透過法の測定結果をもとに式(1)を用いてニュートン法より複素比誘電率の推定値を求めた。

$$T_s = 20 \log_{10} \left| \frac{T_{12} T_{23} e^{-j\gamma 2t}}{1 - R_{21} R_{23} e^{-j\gamma 2t}} \right| \quad (1)$$

ここに、 $R_{21}$ ,  $R_{23}$  : 各境界面での反射係数

$T_{12}$ ,  $T_{23}$  : 各境界面での透過係数

$j$  : 虚数単位  $t$  : 供試体厚さ

図-2に2Dにおける周波数と複素比誘電率の関係を示す。図より、複素比誘電率の実数部、虚数部は、PP20とPP32の場合は3.5GHz、PP40-1, 2, PP50の場合は4GHz程度まではニュートン法により推定できたが、それ以上は解が収束せず、推定が行えなかった。図-2より複素比誘電率の推定結果は、周波数によって上下するが、全体的にはごく僅かな減少傾向か、一定値に収れんする結果となった。周波数が1~2.5GHzの領域で誘電率が上下するのは測定治具の電磁波透過窓寸法と波長が近いことによる共振による誤差が含まれたものと考えられる。また、複素比誘電率の推定結果は、実数部、虚数部ともにPP20, PP32, PP40-1, PP50, PP40-2の順に小さくなった。これ以降において、各ケースにおける複素比誘電率の実数部と虚数部は、推定できた全周波数の平均値とした。

湿潤状態の質量に対する経過日数ごとの乾燥質量の百分率を乾燥率と定義する。図-3に乾燥率の経時変化を示す。図より、乾燥期間が14日を過ぎると乾燥率はほぼ一定となった。PP40-1とPP40-2を比較すると、乾燥率はPP40-1の方が大きく推移している。表-1のPP40-1の空気量は5.1%と大きいことが関係している可能性がある。

図-4に乾燥率と複素比誘電率との関係を示す。図より、乾燥率が大きくなると複素比誘電率は小さくなり、PP添加率が増加すると複素比誘電率は小さい方へシフトすることがわかる。PP40-1とPP40-2を比較した場合、複素比誘電率はPP40-1の方が小さくなった。PP40-1の空気量が5.1%と大きいことが関係している可能性がある。

図-5に周波数と反射率との関係の一例を示す。図より、周波数2GHz付近ではPP32が、7GHz付近ではPP40-1の場合に反射率が-20dBを下回る結果が得られた。一方で、PP40-2の場合は周波数7GHz付近で反射率-10dB程度となったが、-20dB以下となる周波数は見られなかった。

PP40-1とPP40-2とで波形に違いが見られたのは、両者の空気量が異なることと関係していると思われる。

図-6に複素比誘電率から計算で求めた反射率と、実測値の比較の一例を示す。図より、PP40-1の実測値と計算値が概ね一致している。一方、PP40-2は周波数6GHz以降に実測値と計算値の極小となる周波数に違いが見られた。図-2の複素比誘電率の推定範囲が4GHz程度以下の範囲であることが一因と考えられる。

#### 4. おわりに

反射率-20dBを目標値とした場合、モルタルの空気量の制御を行った上で配合を再検討するとともに、透過法による複素比誘電率の推定を高精度化する必要がある。

#### 参考文献

依田, 高井, 林, 熊野: 低水セメント比のセメント系材料の電磁波吸収性能に関する検討, 2022年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集(投稿中)。

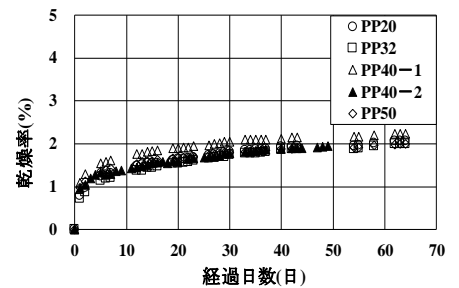


図-3 経過日数と乾燥率の関係

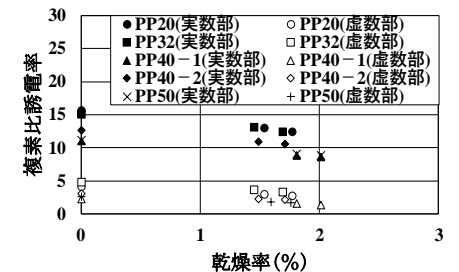


図-4 乾燥率と複素比誘電率の関係

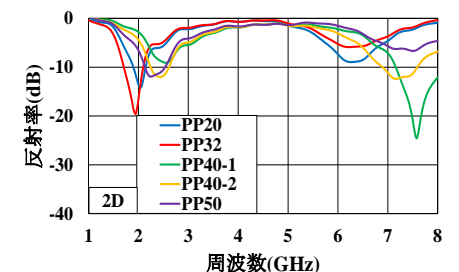


図-5 周波数と反射率の関係

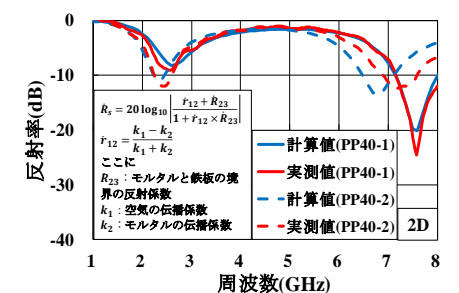


図-6 周波数と反射率の関係