

導電性モルタルのマイクロ波反射特性

貴 田 桂 介*

Reflection Characteristics of Micro - Waves from Conductive Mortar Surfaces at Normal Incidence

Keisuke KIDA*

(Received May 31, 1990)

A new method of measuring a dielectric constant is proposed. This method is applicable to obtain a small imaginary part of dielectric constants or a large one. These new measuring techniques need not measure a phase shift of the standing waves. The dielectric constants can be obtained by measuring the V.S.W.R only at several frequencies.

Using our new method, the complex dielectric constant of cement paste mixed with carbon fibers and powder carbon is 18 and 5 for the real and the imaginary part, respectively.

1. まえがき

建造物表面からのテレビ電波の反射によって発生する、テレビ画像が2重像となるゴースト障害は電波障害現象の中でも障害発生地域が広範囲にわたり、社会的問題¹⁾となっている。

近年の都市建造物の高層化の進展にともない、その障害防止策がますます重要な課題となり、各方面でその対策が検討²⁾されている。特に都市部におけるゴースト障害は障害対象が多数³⁾であることと、障害発生者の特定が困難な場合(特に多重反射の場合)もあり、ゴースト発生後の障害除去には困難を伴う場合が多いと思われる。高層建造物の壁面は電波の反射を生じると考えられるから、その壁面に電波吸収体を使用すること⁴⁾が、未然にゴースト障害発生を防ぐ根本的な方法である。そのためには低コストで利用できる建造物用の電波吸収体が必要とされる。

このような観点からコンクリートにテレビ電波領域で大きい電波吸収性を与えること⁵⁾ができればゴースト障害防止策に有用であろうと考えられる。

電波吸収体の裏面を導体板で裏打ちした場合の反射減衰量は、電波吸収体の厚さが入射電磁波の電波吸収体中の $1/4$ 波長であるときに最大となる。厚さ10 cmのコンクリートパネルでVHFテレビのゴースト障害軽減を実現するには、パネル素材の複素比誘電率の実部と虚部の値を通常のコンクリートのそれらの値⁶⁾(それぞれ実部6, 虚部0.5程度)に比較して増加させる必要がある。

本論文では、複素比誘電率虚部が大である場合の複素比誘電率の新しい測定法およびこの測定法によってカーボンファイバーと粉末状カーボンをセメントペーストに混入して作成した試料についてマイクロ波領域において複素比誘電率の測定を行い、複素比誘電率実部18, 虚部5と通常コンクリートに比較してそれらの値が増加した結果を得たのでそれらについて述べる。

*電子工学科 (Department of Electronic Engineering)

2. 電波吸収体の反射減衰量

真空部から電波吸収体に平面波の垂直入射における反射係数は、短絡終端 (fig. 1(a)) の場合を Γ_s 、無反射終端 (fig. 1(b)) については Γ_0 と表すとき

$$\Gamma_0 = \frac{(k_2^2 - k_1^2) \{\exp(j 2 k_2 d) - 1\}}{(k_2 + k_1)^2 - (k_2 - k_1)^2 \exp(j 2 k_2 d)} \quad (1)$$

$$\Gamma_s = \frac{(k_2 - k_1) + (k_2 + k_1) \exp(j 2 k_2 d)}{(k_2 + k_1) + (k_2 - k_1) \exp(j 2 k_2 d)} \quad (2)$$

で与えられる。ただし、

k_1, k_2 はそれぞれ真空部、および電波吸収体中での伝播定数。

d は電波吸収体の厚さ。

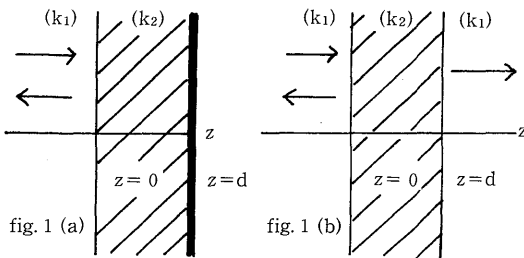


Fig. 1 Reflection and transmission of plane waves by a plane sheet at normal incidence

真空部での損失を 0 とすると、 k_1, k_2 はそれぞれの部分の位相定数、減衰定数によって

$$k_1 = \beta_1$$

$$k_2 = \beta_2 + j\alpha_2$$

と表される。

電波吸収体中での位相定数 β_2 、減衰定数 α_2 は電波吸収体材料誘電体の複素比誘電率実部 ϵ_1 、虚部 ϵ_2 により

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left\{ \frac{\epsilon_1 + (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2)^{1/2}}{2} \right\}^{1/2}$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left\{ \frac{-\epsilon_1 + (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2)^{1/2}}{2} \right\}^{1/2}$$

と表され、特に矩形導波管 TE_{10} モードでの測定では ϵ_1 を $\epsilon_1 - (\lambda_0/2a)^2$ と置き換えればよい。なお λ_0 は自由空間波長、 a は矩形導波管の広い面 (TE_{10} モードの H 面) の幅 (22.90 mm) である。

3. 測定法と測定結果の検討

反射係数の絶対値 $|\Gamma|$ は定在波比 ρ によって

$$|\Gamma_i| = \frac{\rho - 1}{\rho + 1}$$

ここで、 i または o または s とする。

と表されるから、定在波比測定によって反射減衰量 L_0 が次式によって求められる。

$$L_0 = -20 \log_{10} \frac{\rho - 1}{\rho + 1} \quad (3)$$

この結果と式(1)あるいは式(2)の ϵ_1, ϵ_2 に適当な値を与えて計算した反射減衰量 L の周波数特性を表すグラフとを対比することによって、電波吸収体の複素比誘電率の各部 ϵ_1, ϵ_2 が推定される。

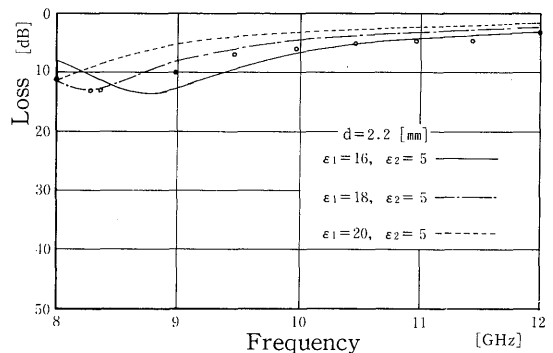


Fig. 2 Reflection loss dependency on frequency

fig. 2 は ϵ_1, ϵ_2 を与えて短絡終端の場合の反射減衰量の計算値と、周波数を変化させて測定された定在波比から式(3)によって求めた反射減衰量の値とを比較して示している。同図中の丸は定在波比測定から得られた反射減衰量 L_0 を示している。

fig. 3 は、fig. 2 を使って決定した比誘電率実部の値 18 に対して虚部を変化させて描かせたグラフと測定値がよく一致することから fig. 2 で推定した虚部の値 5 が妥当であることが分かる。

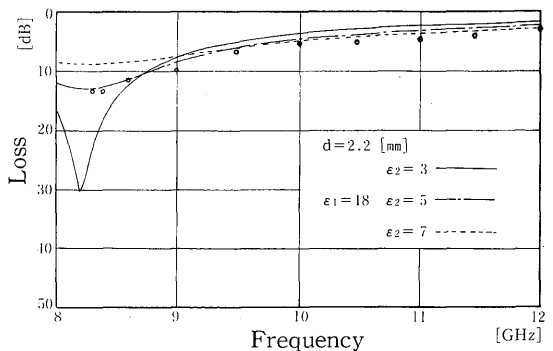


Fig. 3 Reflection loss dependency on imaginary part of permittivity

fig. 4は測定試料の厚さに対する反射減衰量を示し、複素比誘電率の測定にはそれらの値によって適当な厚さを選ぶべきことが分かる。すなわち、図中に与えられた条件の場合においては測定試料の厚さが4～5 mmである時には虚部の値が1の場合でも5でもほとんど定在波比の変化はみられず、虚部を正確に決定するのは困難である。

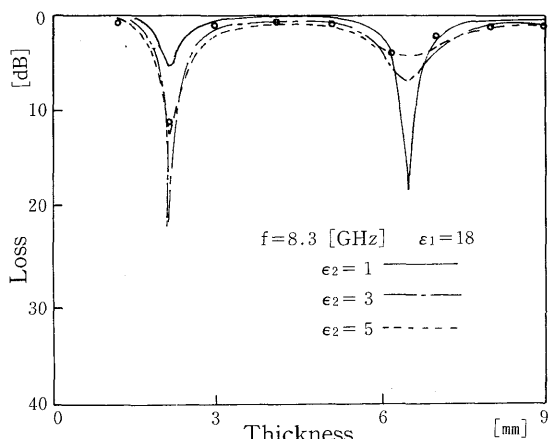


Fig. 4 Reflection loss of the absorber of thickness d mm

従来、大きい損失を持つ誘電体の複素比誘電率の測定は、正規化インピーダンスを元にして複素三角方程式を解くことによって行われた。三角方程式は複数解を持つので、得られた複素比誘電率が真の値であることを確認するには試料の厚さを変えて測定する必要がある⁷⁾。また複素比誘電率の実部が大きくなると大きい減衰を示す試料の厚さが薄くなり、厚さおよび定在波最大点位置の測定誤差が正規化インピーダンスの値に影響を与えるので、測定者によって複素比誘電率の値が大きく異なった値を示す場合がある。

ところで、ここに提案した定在波法による複素比誘電率の測定法は、定在波比の測定だけであり測定が簡単で従来の定在波法による測定に比較して誤差の要素が減った。また反射減衰量の数値計算の結果と測定結果を比較することによって、反射減衰量が最大となる試料厚さを推定することができ、複素比誘電率の測定精度を向上させることができる。

カーボンファイバーをセメントに混入して電波吸収体を作成する際に留意すべき点は、カーボンファイバーが均一にセメント中に分散されていることである。測定試料は、およそ1 mm間隔で1 mmから9 mmの厚さで直方体試料から切り出され、導波管断面寸法に合わせて整形した。fig. 4の $\epsilon_1=18$, $\epsilon_2=5$ のグラフと測定値がよく一致していることから、作成された試料の均一性が良好であるといえるだろう。

4. 結 び

セメントペーストにカーボンファイバーと粉末状カーボンを混入して電波吸収体を作成し、定在波比の大きさをういて電波吸収体の複素比誘電率を求めた結果、 $\epsilon_1=18$, $\epsilon_2=5$ であることが分かった。この値は粉末状カーボン、粒状カーボンあるいはこれらの混合物をセメントペーストに混入した試料の複素比誘電率に比較して実部、虚部ともに大きくコンクリートパネルによるVHFテレビのゴースト障害除去の可能性に明るい見通しを与えるものである。

なお今後、複素比誘電率の実部、虚部に対するカーボンの混入量の影響を明らかにし、VHFテレビ電波のゴースト防止には吸収帯域の広帯域化について検討する必要がある。

本研究は本学特別研究費の援助によって行われたもので、関係各位に深謝致します。

参 考 文 献

- 1) テレビジョン放送難視聴対策調査会：“同調査会報告書”，(昭50-8)。
- 2) 遠藤幸男：“最近のゴースト及び電波障害対策の研究”，第58回講演会資料，(郵政省，日本ITU協会)，(昭50-7)。
- 3) 東海電波障害防止協議会：“同協議会会報”，(平2-5)。
- 4) 山下，小野，橋本，石野，井上，秋田：“テレビゴースト防止を目的とした建材用電波吸収壁”信学論(B)，61-B，p.729 (昭53-8)。
- 5) 貴田桂介：“コンクリート壁面によるマイクロ波の反射特性”，昭和56年電気関係学会東海支部連大，311。
- 6) 秋田慶一：“コンクリートの電気定数とテレビ電波反射特性”，信学会電磁環境研資，EMCJ 78-38 (1978)。
- 7) 小口，太田：“マイクロ波・ミリ波測定”，コロナ社 (昭45)。