

高周波静電容量測定装置の電極の寸法と配置が測定範囲に及ぼす影響に関する研究

その4) 比誘電率が異なる材料における空隙の配置と周波数特性に関する実験

準会員 ○坂本篤思*
正会員 瀬古繁喜**
正会員 山田和夫***

高周波静電容量 電極間距離 比誘電率
空隙 深さ 周波数特性

1. はじめに

充填不良やコールドジョイントに代表されるコンクリート打込み時の欠陥は、建物の竣工後にひび割れや漏水の原因となる。打込み時に欠陥を見つけて修復することは難しく、依然として施工時の不良は改善されていない。

筆者らは、合板型枠の外側から高周波静電容量を測定することにより、打込み時に空隙等の欠陥を検出しようとする技術にこれまで取り組んできた¹⁾。

本研究では誘電率が異なる材料に設けた模擬空隙の大きさや位置を変えた試験体に対し、異なる電極間距離で測定するとき、インピーダンスアナライザで測定したピーク周波数等の違いを検討することを目的とした。

2. 測定装置の概要

センサー部は並列に設けた電極が測定対象に対して面で接触するものを用いた。電極は静電容量の影響が小さいとされるポリスチレンフォームを基盤に用い、長さ50mm、幅10mmの銅板を張り付け、電極間距離(電極の中心の距離)を15mmから65mmに代えた。測定装置はH社製のインピーダンスアナライザ IM7581 を図-1 に示すように電極とリード線で繋ぐ構成とした。

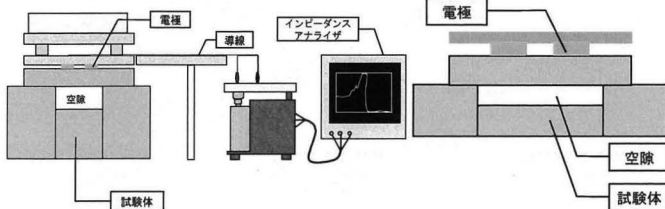


図-1 測定のイメージ

図-2 電極の設置図

3. 実験概要

3.1 測定装置の実験因子と水準

電極間距離は、表-1 に示すように15mmから10mm間隔で広げていき65mmまでの合計6種類とした。

表-1 周波数と極間距離の種類

実験因子	水準
電極間距離	15mm、25mm、35mm
	45mm、55mm、65mm
周波数	1MHz~300MHz

3.2 試験体の実験因子と水準

試験体の実験因子と水準は、表-2 に示すように、試験体の材質は誘電率の異なるアクリル、ガラス、モルタルの3種類とし、図-2 に示すように空隙寸法は幅を30mm、60mm、90mm、厚さを15mm、35mm、55mm、深さを0mm、20mm、40mm、60mmに変化させた。

表-2 試験体の実験因子と水準

実験因子	水準
試験体の材質	アクリル、ガラス、モルタル
空隙の幅	30mm、60mm、90mm
空隙の厚さ	15mm、35mm、55mm
空隙の深さ	0mm、20mm、40mm、60mm

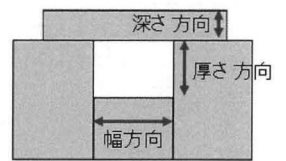


図-3 空隙寸法を変化させる方向

3.3 試験体概要

モルタルは表-3 に示すような調合とし、1バッチの練り混ぜ量を20Lとしてパン型ミキサで練り混ぜた。脱型後は水中養生し、測定前に試験体表面の水膜を拭って使用した。アクリル、ガラスの試験体は厚さ5mmの板を複数枚重ねて使用した。

表-3 モルタルの調合表

水セメント比(%)	質量(kg/m ³)			
	水	セメント	細骨材	AE減水剤
50	270	540	1326	1.08

3.4 測定方法

インピーダンスアナライザは電圧を0.5Vとし、周波数は1MHz~300MHzの区間で変化させながら測定した。測定回数は近い静電容量の値が3個得られるまでとした。モルタルの場合、周波数のばらつきが大きいため、測定した周波数の差の許容範囲を1MHzとした。測定は、センサー部の電極間の中心が空隙の中心と一致するように試験体の上に置き、静電容量の最大値と周波数を読み取るまでを1回とした。2回目以降は一旦電極を試験体から離し、再度試験体の上に電極を設置し、測定を行った。

4. 実験結果

4.1 測定結果の例

インピーダンスアナライザで測定を行った周波数と静電容量の測定結果の例を図-4 に示す。静電容量が最大(最小)となる周波数をピーク周波数と呼ぶこととした。

4.2 空隙の厚さとピーク周波数の関係

アクリルの場合を例とし、空隙の深さが 20mm で幅が 30mm の場合の空隙の厚さとピーク周波数の関係を図-5 に示す。いずれの電極間距離でも、空隙の厚さが変化してもピーク周波数は変わらない。ほかの材質も同じ結果が得られており、空隙の厚さはピーク周波数に影響を及ぼさない。

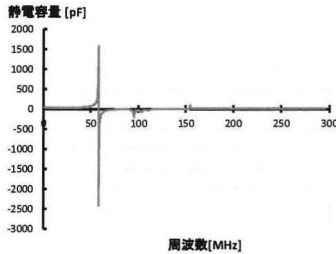


図-4 測定結果の例

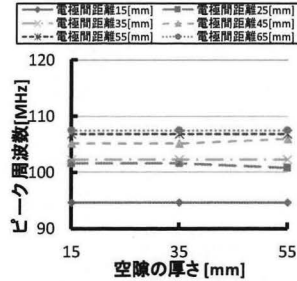


図-5 ピーク周波数と空隙の厚さの関係(アクリル, 空隙深さ 20mm, 幅 30mm)

3.3 電極間距離とピーク周波数の関係

空隙の厚さが最大の 55mm の場合を取り上げ、ピーク周波数と電極間距離の関係をグラフにまとめた。

(1) 材質がアクリルの場合

空隙の幅 30mm, 90mm の場合のピーク周波数と電極間距離の関係を図-6 に示す。電極間距離が大きくなるほどピーク周波数は高くなる傾向がみられた。ピーク周波数と電極間距離の関係は対数で近似できた。空隙の深さが 20mm から 60mm では、近似式の傾きと切片はほぼ同じであり、ピーク周波数と電極間距離の関係は空隙の深さの影響を受けないことが分かった。

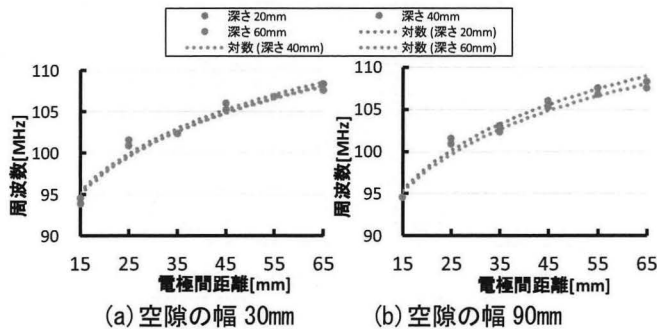
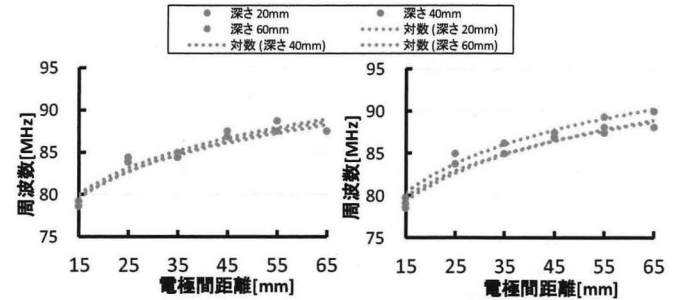


図-6 ピーク周波数と電極間距離の関係(アクリル)

(2) 材質がガラスの場合

アクリルと同じく、ピーク周波数と電極間距離の関係を図-7 に示す。ピーク周波数と電極間距離が大きいほど高くなり、ピーク周波数と電極間距離の関係は対数で近似できた。アクリルに比べるとガラスの周波数は低いが、材質の比誘電率が影響していると考えられる、空隙の幅が 30mm の場合、空隙の深さが 20mm から 60mm では空

隙の深さの影響は受けていない。空隙の幅が 90mm の場合、空隙の深さが 20mm は空隙の深さ 40mm および 60mm と若干傾向が異なった。



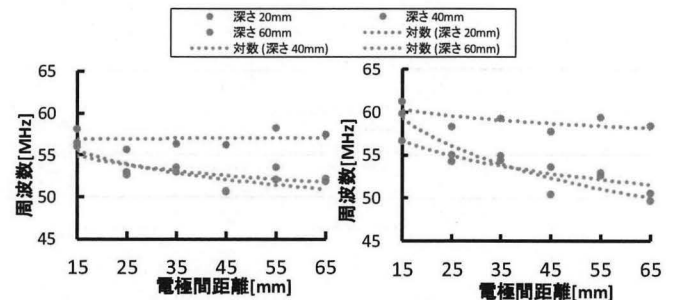
(a) 空隙の幅 30mm

(b) 空隙の幅 90mm

図-7 ピーク周波数と電極間距離の関係(ガラス)

(3) 材質がモルタルの場合

ガラスと同じく、ピーク周波数と電極間距離の関係を図-8 に示す。ピーク周波数は電極間距離 15mm のとき若干高いが、25mm 以上では電極間距離が変わってもピーク周波数はほぼ同じか、やや低くなった。これはアクリルやガラスの場合と異なる点である。空隙の幅 30mm および 90mm とともに空隙の深さ 20mm の周波数は空隙の深さ 40mm および 60mm よりも高く、その差は電極間距離が大きいほど大きくなる。



(a) 空隙の幅 30mm

(b) 空隙の幅 90mm

図-8 ピーク周波数と電極間距離の関係(モルタル)

5. まとめ

- ・アクリル及びガラスでは、電極間距離が大いとピーク周波数は高くなるが、モルタルでは低くなる。
- ・アクリル及びガラスでは、ピーク周波数と電極間距離の関係は概ね空隙の深さの影響を受けない。
- ・モルタルでは、電極間距離が大きいほど空隙の深さ 20mm と 40mm, 60mm のピーク周波数の差は大きい。
- ・ピーク周波数はアクリル, ガラス, モルタルの順に低くなる。

【謝辞】本研究は H28~H30 年度科研費(基盤研究(C)課題番号 16K06592, 研究代表者: 瀬古繁喜)の助成を受けて実施した。

参考文献

- 1) 瀬古繁喜ほか: 電極配置の異なる高周波静電容量センサーの測定範囲に関する研究 その 3) 比誘電率が異なる材料における空洞深さと測定値の関係に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), 材料施工, pp.567-568, 2017

*愛知工業大学大学院工学研究科博士前期課程

** 愛知工業大学・教授・博士(工学)

*** 愛知工業大学・教授・工学博士

* Graduate School of Eng., Aichi Institute of Technology

** Professor, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.

*** Professor, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.