

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

正会員 ○瀬古繁喜\*  
正会員 山田和夫\*\*  
正会員 関 俊力\*\*\*

高周波静電容量 電極間距離 比誘電率  
測定範囲 空洞 深さ

1. はじめに

筆者らは、躯体コンクリートの品質を確保するために、コンクリート打込み段階において、型枠内側でのコンクリートの充填状態を判定する方法として、型枠外側から高周波静電容量を測定する方法について検討を行ってきた<sup>1)</sup>。測定端子(電極)の寸法及び配置を変えたとき、中実試験体および空洞を有する試験体において測定可能な範囲がどのようになるかを実験的に検討した<sup>2)</sup>。

本報では、電極の間隔を変化させた高周波静電容量センサーを用いて、比誘電率が異なるガラス試験体とモルタル試験体の中で模擬的な空洞部分を設けて、その横幅と深さ位置を変化させて測定を行い、空洞の大きさや深さ位置が異なる電極間隔での測定値に及ぼす影響を検討した結果を述べる。

2. 実験概要

2.1 実験に用いた高周波静電容量センサーの概要

センサーは、市販相当の高周波静電容量式水分計に樹脂製の端子部を追加して設置し、その端子部には表-1に示す間隔で真鍮製の電極を固定した。測定によって得られる値は、高周波静電容量を算出する元となるものであり、高周波静電容量式水分計の表示部で示されるが、ここでは「読み値」と呼ぶ。

2.2 実験因子と水準

実験因子は、センサーについては電極の中心間の距離(電極間距離と呼ぶ)とし、測定対象については材料の種類および測定対象の中に設けた空洞の横幅と測定面から空洞上面までの距離(空洞深さと呼ぶ)とした。実験因子と水準を表-2に示す。

表-1 センサーの電極間距離の組合せ

	電極間距離(mm)				
	25	35	45	55	65
電極長さ 50mm					

2.3 実験に使用した材料

(1) ガラス

表-2 実験因子と水準

実験因子	水準
電極間距離(mm)	25, 35, 45, 55, 65
測定対象の種類	ガラス(G), モルタル(M)
空洞の横幅(mm)	30, 60, 90
空洞深さ(mm)	0, 20, 40, 60

測定対象がガラスの場合は、厚さ 5mm で大きさが 200mm×100mm の板を重ねて使用し、ガラスの厚さの組み合わせによって空洞横幅を調整した。また、空洞深さを変化させる場合には、空洞の上部に厚さ 5mm で大きさが 200mm×200mm の板を重ねて設置した。

(2) モルタル

測定対象のモルタルは、100mm×100mm×200mm の大きさを基本とし、100mm×200mm で厚さが表-2に示した空洞の横幅となる形状と、空洞深さを変化させるために 200mm×200mm で厚さが表-2に示した空洞深さとなる形状とした。モルタルは、型枠に打ち込んだ後、材齢1週以上水中養生して硬化したものをを用いた。

モルタルの使用材料は、セメントが密度 3.16g/cm<sup>3</sup> の普通ポルトランドセメントを用い、細骨材が表乾密度 2.58g/cm<sup>3</sup> で吸水率 1.45%の山砂を用い、化学混和剤は変成リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸系化合物の複合体からなる AE 減水剤を用いた。モルタルの調合は表-3に示すように水セメント比 50%とした。

表-3 モルタルの調合

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

2.4 測定方法

試験体は、主に3つのブロックを図-1に示すように合体系せて所定の寸法の空洞を設けた。試験体は木製のテーブルの上に置き、その上に初期化を行った状態の高周波静電容量センサーを設置して、高周波静電容量式水分

計の表示部に示される数値を読み取り、3回の平均値を読み値とした。変動係数は、ガラスの場合では約3%、モルタルの場合では大きくても約4%であった。センサーの電極は空洞の長辺方向と平行になるように設置した。

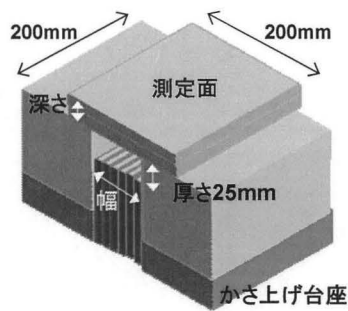


図-1 試験体の概要

### 3. 実験結果と考察

各電極間距離で測定した場合の空洞深さと読み値の関係をまとめたものを図-2 から図-4 に示す。図-2 は空洞の横幅が 30mm の場合、図-3 は横幅が 60mm の場合、図-4 は横幅が 90mm の場合である。

図-2 より、モルタル(M)の場合は、空洞深さが 0mm から 40mm へ大きくなるに従って、読み値は大きくなり空洞深さ 60mm までにはほぼ一定値となった。すなわち、空洞によって読み値が低下する影響が、空洞深さが大きいほど小さくなる。空洞深さ 20mm までの範囲では、電極間距離が小さいほど空洞深さによる読み値の上昇割合が大きい。ガラス(G)の場合は、比誘電率が小さいことから読み値がモルタル(M)よりも小さいが、空洞深さ 20mm までの範囲で電極間距離によって読み値の上昇割合が異なる傾向はモルタルと同じである。

図-3 では、空洞深さ 20mm までの範囲において電極間距離によって読み値が異なる傾向が図-2 とは異なり、電極間距離 45mm 以下では読み値の上昇割合がほぼ同じとなった。

図-4 では、空洞深さ 20mm までの範囲において電極間距離によって読み値が異なる傾向が図-2 や図-3 とは異なり、電極間距離によらず読み値の上昇割合がほぼ同じとなった。なお、図-2 から図-4 において、空洞深さ 20mm 以上の範囲では、空洞深さと読み値の関係はほぼ同じであり、電極間距離や空洞の横幅の影響がみられない。

図-2 から図-4 の結果より、空洞の横幅がおよそ電極間距離を超えると、電極間距離によって読み値の上昇量が異なる傾向がみられなくなること、空洞の横幅が大きいほど空洞深さが大きくなる時の読み値の上昇割合は大きくなることが分かる。

### 4. まとめ

本実験で得られた結果を以下にまとめる。

- 空洞深さが大きいと空洞の影響が小さくなり読み値が大きくなる。この傾向は空洞深さ 20mm まででは電極間距離によって異なる場合があるが、空洞深さ 20mm 以上では電極間距離や空洞の横幅によらず同じである。
- 空洞の横幅が電極間距離を超えると、電極間距離によって読み値の上昇量が異なる傾向がみられなくなる。

• 空洞の横幅が大きいほど空洞深さが大きくなる時の読み値の上昇割合は大きくなる。

【謝辞】本研究は H25～H27 年度科研費（基盤研究(C)課題番号 25420595、研究代表者：瀬古繁喜）の助成を受けて実施した。

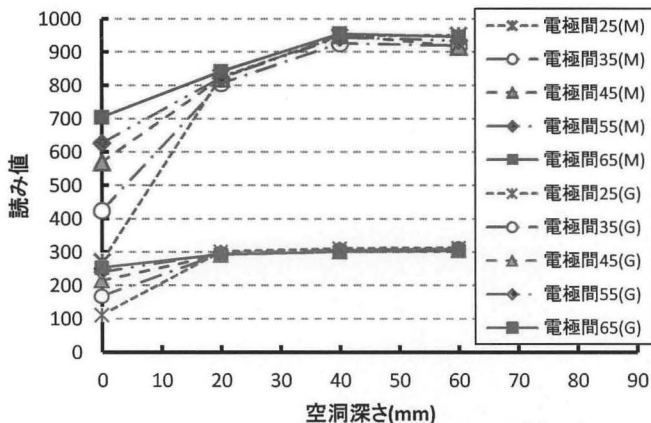


図-2 空洞深さと読み値の関係(空洞の横幅 30mm)

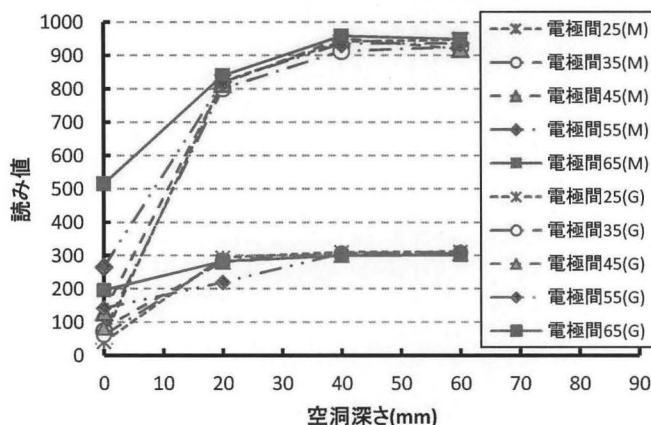


図-3 空洞深さと読み値の関係(空洞の横幅 60mm)

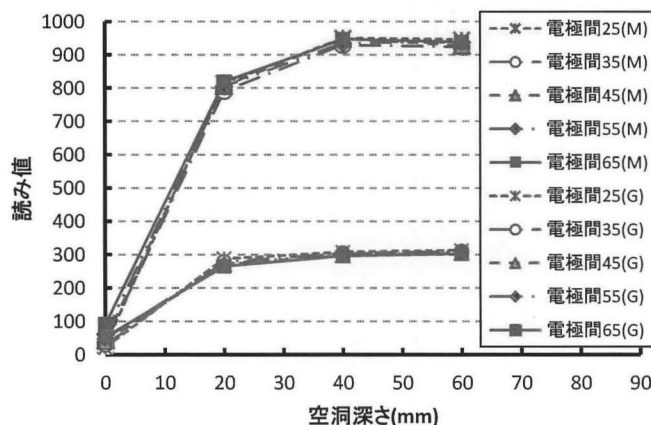


図-4 空洞深さと読み値の関係(空洞の横幅 90mm)

### 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1) 異なる測定対象物における測定対象の寸法と測定値の関係，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），材料施工，pp.147-148, 2013
- 2) 笠原美瞳ほか：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1)，その2)，日本建築学会大会学術講演梗概集（関東），材料施工，pp.147-148, 2015

\* 愛知工業大学・教授・博士(工学)  
 \*\* 愛知工業大学・教授・工学博士  
 \*\*\* 愛知工業大学 工学部 建築学科

Professor, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.  
 Professor, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.  
 Department of Architecture, Aichi Institute of Technology