

暴露実験による環境評価用水分センサの性能評価

太平洋セメント株式会社 正会員 ○中崎 豪士 江里口 玲 工藤 正智 非会員 梅津 基弘
 国立大学法人 金沢大学 正会員 久保 善司 一般社団法人 施工技術総合研究所 正会員 渡邊 晋也

1. 目的

鉄筋コンクリート構造物の維持管理においては雨掛かり等による水分の影響の重要性が認識されている¹⁾。コンクリート表面から浸透する水分は中性化や鉄筋腐食等の耐久性に影響を及ぼすことから、コンクリート内部の水分を定量的に把握するニーズはさらに高まるものと考えられる。著者らは実構造物への適用を目的にモルタル素材を用いた新たな水分センサを試作し、交流電界を印加した際の静電容量特性を指標としてコンクリートの水分量変化を捉えることを検討している²⁾。本報告では暴露実験により実環境における性能評価を行った結果を報告する。

2. 供試体概要

図-1 に示す水分センサ単体と図-2 に示す水分センサを埋設したモルタル供試体の2種類を暴露実験に供した。モルタル供試体（寸法：280×180×55mm）の外箱部は塩分浸透抵抗性のある超高強度繊維補強コンクリートで製作し、かぶり15mmとなるようにセンサを設置した後、水セメント比55%の普通セメントモルタルを打設した。打設後20℃水中養生を行い、材齢約60日経過時点で暴露試験へ供した。

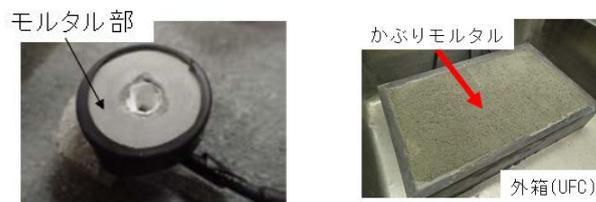


図-1 水分センサ

図-2 センサ埋設供試体

表-1 計測項目と測定条件

計測項目	静電容量, 位相角, 誘電正接, インピーダンス, 抵抗
測定周波数 (Hz)	100, 1k, 10k, 100k, 300k
計測頻度	12 時間に 1 回

3. 暴露試験概要

暴露試験を行った場所は石川県能登半島で、海岸からの約30mの位置に供試体と測定機器を設置した。暴露条件として、①暴露面を上面向けた「雨掛かり有」、②屋根内に格納し降雨が直接作用しない「雨掛かり無」、③暴露面を海岸と反対方向に向けた「側面」の3条件を設定した。計測項目と測定条件は表-1に示すとおりで、測定周波数を5種類とすることで、周波数特性を把握した。LCRメーターを用いて1日に2回自動的に計測が行われるようにPCで制御を行った。

4. 実験結果

(1) 水分センサの挙動

センサ単体で暴露した場合の静電容量測定結果を図-4 および図-5 に示す。降雨が直接作用しない雨掛かり無条件の場合、100Hz 以外はほぼ一定の値を示した。一方、降雨の影響を直接受ける雨掛かり有条件については100Hzと1kHzの低周波数領域に変動がみられた。図-6に気象庁による暴露地点近郊の降水量計測記録を示すが、暴露開始から20日程度経過時点までと55~75日の期間に断続的な降雨が見られており、雨掛かり無の100Hzと雨掛かり有の100Hz、1kHzの静電容量値の上昇は降雨時期と概ね同時期といえる。雨掛かり無の100Hzについては降雨による環境湿度の影響を受けたと推察され、センサに浸透した水分変化に応じて静電容量が上昇したと考えられる。



図-3 供試体・測定機器設置状況

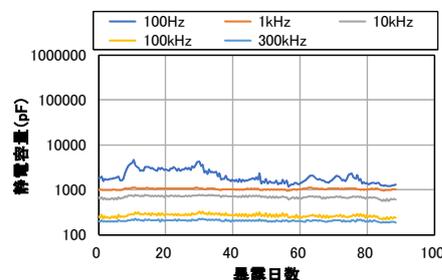


図-4 静電容量の経時変化
(センサ雨掛かり無条件)

キーワード モルタル, 水分, モニタリング, 静電容量, 暴露試験, センサ

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作2-4-2 太平洋セメント(株)中央研究所 TEL 043-498-3928

また、図-7 に降水量が 27mm であった暴露 60 日と晴天時の暴露 40 日の雨掛かり有のセンサ静電容量値と測定周波数の関係を示す。100Hz と 1kHz では降水量の違いによる静電容量の変化がより顕著に認められており、低周波数領域においては水分量変化に伴う静電容量の変化を敏感に捉えられると考えられる。また、この結果は雨掛かり無のセンサにおいても、100Hz のみが環境湿度の変化により計測値が上昇する現象を裏付けると考えられる。

(2) モルタル試験体中の水分センサの挙動

図-8 に雨掛かり有のモルタル試験体中に埋設した水分センサの静電容量測定結果を示す。降雨時期の 100Hz と 1kHz の最大値を図-5 のセンサ単体の値と比較すると、同じ値を示していることから降雨時にはモルタル試験体中に埋設した水分センサまで水分が達していると判断できる。また、晴天時期(40~60 日)の 100Hz、1kHz の静電容量は図-5 のセンサ単体の値と比較すると大きな値を示し、全時期に渡る静電容量の変動幅が小さい結果であった。既往の知見³⁾によると、コンクリートは水分浸透に比べ乾燥に伴う水分逸散には時間を要するといわれており、本検討においてもモルタル試験体中に浸透した水分は、乾燥しにくく時間をかけて水分が蒸発していったものと予想される。すなわち、降雨後の埋設されたセンサ周囲のモルタルは水分蒸発が進まず、水分センサの静電容量も早期に減少しなかったと考えられる。

この結果より、低周波数領域の静電容量変化を把握することで、モルタル内部の水分変化を適切に捉えられる可能性が高いと考えられる。

今後は、湿潤・乾燥に伴う供試体の重量変化や含水率との相関に加え、飛来塩分に由来する塩化物イオンが電気特性へ与える影響についても詳細に検討する予定である。

5. まとめ

- (1) 水分センサ単体は降雨に敏感に反応して静電容量が変化することが確認でき、水分に関する環境モニタリングが行える可能性がある。
- (2) 水分センサの低周波数領域の静電容量変化を把握することで、モルタル内部の水分変化を適切に捉えられる可能性が高い。
- (3) 今後、湿潤・乾燥に伴う供試体の重量変化や含水率との相関に加え、飛来塩分に由来する塩化物イオンと電気特性の関係についても検討する。

謝辞：本実験は平成 30 年度地域イノベーション・エコシステム形成プログラムの一環で実施した。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- 1) 2018 年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編],土木学会,pp.113-115
- 2) 江里口玲ほか：コンクリート構造物を対象とした環境評価用水分センサの基礎的検討,第 74 回土木学会年次学術講演会,CS-908,2019
- 3) 上田洋：コンクリートの水分浸透及び逸散性状に関する実験的検討,第 67 回土木学会年次学術講演会,V-127, 2012

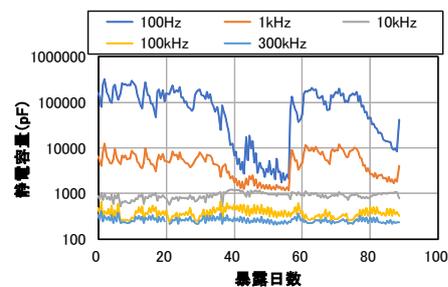


図-5 静電容量の経時変化
(センサ雨掛かり有条件)

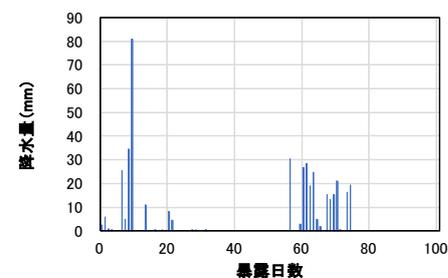


図-6 暴露場近郊で観測された降水量

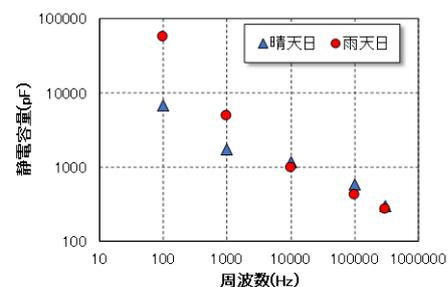


図-7 降雨量の違いによる静電容量の
周波数特性

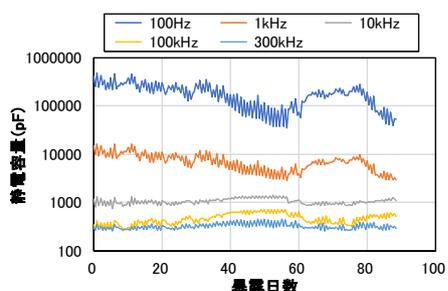


図-8 静電容量の経時変化
(モルタル供試体, 雨掛かり有条件)