

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

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

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の耐久性を評価するうえで重要な鉄筋腐食は、中性化による炭酸化や飛来塩分による塩害が影響することが知られている。最近では雨がかりによる水分の影響が大きく影響¹⁾することが明らかになってきており、コンクリート表面から浸透する水分の挙動やコンクリート内部の水分を定量的に把握することが重要と考える。コンクリート構造物の水分を計測する手法としては、コンクリートの電気抵抗や比誘電率から計測する手法や汎用的な湿度センサを設置する方法などが検討されているが、前者は試験体を対象とした検討が中心であり、実構造物においては表面の水分量しか捉えることができない。また、後者においても、設置した箇所の極僅かな位置の湿度を捉える等の課題がある。本報告では実構造物に適用性を考慮したモルタル素材の水分センサを検討・試作し、実験により基礎的特性について把握を行い適用性について示した。

2. 水分センサの概要

検討した水分センサの概要を図-1に示す。32.0mmφの円筒状のSUS材の同心円内に7.2mmφの円筒状のSUS材を配置し、両SUS材の間に水セメント比60%の1:2モルタル材料を充填した(以下、水分センサ)。モルタル材料は骨材の吸水性を考慮して標準砂に加え、吸水性が低いセラミックス砂の2種類とした。

SUS材を電極として充填したモルタル材料に交流電界を印加した際の電気特性を把握することで、水分量による特性変化を捉えることとした。

3. 実験方法

作製した水分センサの特性を把握するため、湿潤状態から乾燥を進めた際の交流電気特性と質量変化を計測した。水分センサは24時間以上、水中に浸漬し十分に湿潤状態とした。その後、気中に放置し乾燥を進めた。随時、質量を計測することで、式1より乾燥率を算出した。また、その際の電気特性についてポータブルLCRメーターを用いて計測した。計測項目は静電容量と交流インピーダンスとし、計測回路は抵抗とコンデンサが並列に配置した等価回路を用いた。また、計測周波数を100Hz, 1KHz, 100KHzの3条件とすることで、周波数特性を把握した。

$$\text{乾燥率} = (m_0 - m) / m_0 * 100 \quad \dots \text{式1}$$

m_0 : 湿潤状態の質量 m : 計測質量

4. 実験結果

図-2にセンサの乾燥率と経過時間の関係を示す。時間経過とともに乾燥率が上昇している。すなわち水分が揮発していることがわかる。充填材料の違いはセラミックス砂を用いたモルタルのほうが標準砂を用いたモルタルより乾燥がはやい。この結果は骨材の吸水率の違いからくるもので、吸水率の低いセラミックス砂の場合、セメントペースト成分のみが吸水することとなり、水分センサとしての反応性が高いといえる。

キーワード 腐食, 水分, センサ, 静電容量, 比誘電率

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 043-498-3902

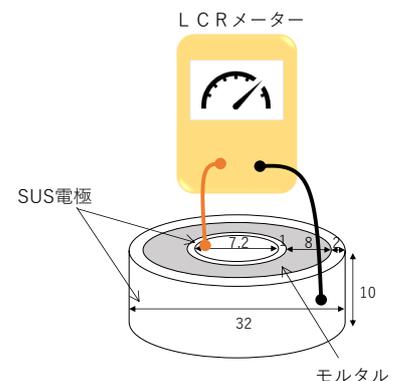


図-1 水分センサの概要

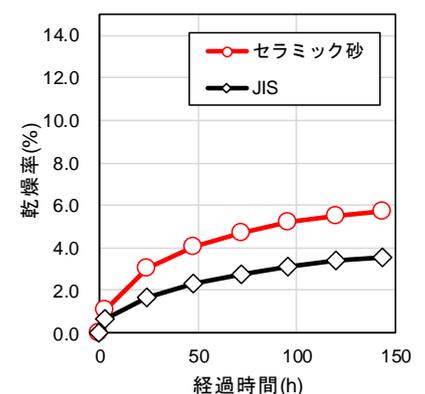


図-2 モルタル材料毎の乾燥率

図-3 に標準砂を用いたモルタルを充填したセンサ，図-4 にセラミックス砂を用いたモルタルを充填したセンサ，それぞれの乾燥率毎に計測した静電容量の周波数特性を示す。砂の種類に関わらず 100Hz および 1kHz の計測結果は乾燥率の上昇に伴い静電容量が低下傾向となり，100kHz では変化が見られない。また，全体として，周波数が高くなるほど静電容量は小さくなる傾向である。

100Hz，1kHz で計測した結果は乾燥率の上昇に伴い，静電容量が線形に低下していくため，これらの周波数で計測することでセンサの水分量を把握できると考えられる。また，今回の乾燥率の範囲では使用した材料による明らかな違いは見られない。

これらの結果はセンサ内部に侵入する水分により変化する誘電率が影響しており，高周波領域においては水イオンの影響が少なく，低周波領域では水分に伴う変化が顕著になると考えられる。

5. 塩分がセンサの電気特性に与える影響

実際にコンクリート構造物がおかれる環境下では，水分以外に飛来塩分の影響も考慮する必要がある。塩化物イオンは水分と同様に導電率が高く，交流インピーダンスの計測値に影響を与える。

図-5 に，乾燥率 0% 時の塩分量毎の交流インピーダンスを示す。交流インピーダンスはコンクリート抵抗として水分計測に汎用的に用いられているが，塩分量の影響を大きくうけることがわかる。図-6 に塩分量 7% 時の静電容量と測定周波数の関係を示す。静電容量は塩分の影響が少なく，塩分が浸透した状態でも水分量の計測が可能と考えられる。

6. まとめ

モルタルを誘電体に用いた水分センサを検討・試作し，乾燥率と各種電気特性を計測した結果，以下の結果が得られた。

- ① 誘電体に用いる素材は，標準砂よりセラミックス骨材を用いたセンサのほうが，水分による質量変化が大きい。
- ② 水分センサの静電容量は，乾燥が進むほど低下し，計測周波数としては 100Hz および 1kHz の条件で計測可能である。
- ③ 塩分の影響は交流インピーダンスに大きく影響を与え，静電容量に与える影響は小さいため，水分を把握するためには静電容量で計測することが適している。

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

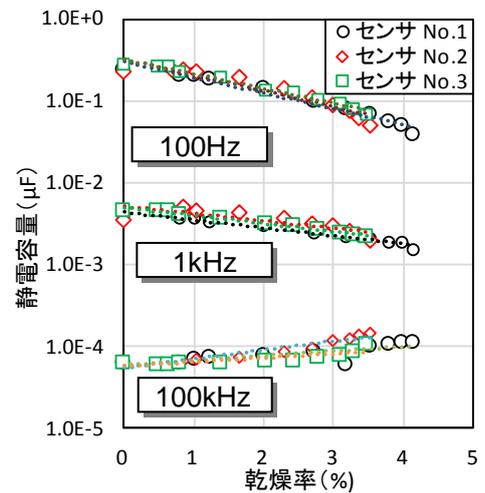


図-3 標準砂を用いたモルタルの静電容量と乾燥率の関係材料毎の乾燥率

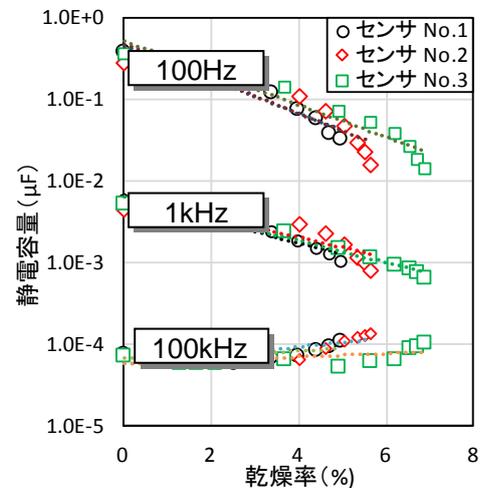


図-4 セラミックス砂を用いたモルタルの静電容量と乾燥率の関係材料毎の乾燥率

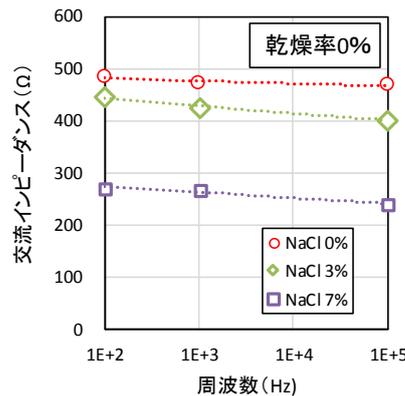


図-5 塩分と交流インピーダンスの関係

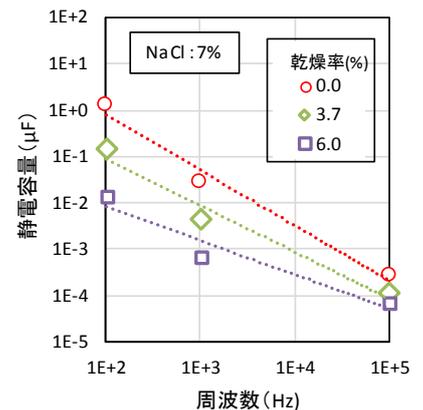


図-6 塩分と静電容量の関係