

コンクリートの硫酸劣化環境における大気腐食モニタリングセンサの有効性の検討

(一財) 日本建築総合試験所	正会員	○中山 健一
(一財) 日本建築総合試験所	正会員	吉田 夏樹
パシフィックコンサルタンツ (株)	正会員	山中 明彦
大阪大学	正会員	鎌田 敏郎

1. はじめに

下水道関連施設において、硫化水素 (H_2S) が多く発生する箇所では、微生物の作用により生じた硫酸 (H_2SO_4) によるコンクリートの化学的侵食 (硫酸劣化) が懸念される。

当該劣化現象に関して筆者らは、大阪市内の下水管路を対象とし、コンクリートの劣化を直接的に導く管路内表面の水分を採取して分析を行った結果から、表面水の pH は中性から強酸性の範囲に広く分布すること、 SO_4^{2-} 濃度は土木学会が示す劣化環境の目安 (0.2%) 以上の環境が多く存在すること、pH が 0.4、 SO_4^{2-} 濃度が 5.24%と、極めて厳しい環境条件が存在することなど、コンクリートが接する環境濃度の実態を明らかにしてきた¹⁾。

ただし、これらの値は、水分を採取した一時点での分析結果であり、環境変化の履歴を捉えることはできない。表面水の pH や SO_4^{2-} 濃度は、コンクリートとの反応、 H_2S 濃度や季節による温湿度変化などの影響を受け、経時的に変化しているものと推察される。コンクリートの劣化メカニズムをより詳しく把握するためには、環境濃度の変化を考慮した検討が必要と考えられる。

そこで筆者らは、コンクリートが接する劣化環境の変化を連続的に捉える手法を確立することを目的として、写真-1 に示す大気腐食モニタリングセンサ (以下、ACM (Atmospheric Corrosion Monitor) センサと呼ぶ) に着目し、検討を行った。ACM センサから出力される腐食電流を捉えることで、環境濃度の変化を捉えようとするものである。本報では、ACM センサの有効性を室内実験により確認した結果を報告する。

2. ACMセンサの概要

ACM センサは、大気環境における金属材料の腐食進行をモニタリングする技術として開発されたセンサであり、海塩の付着量の測定や、降雨などによる濡れ時間の測定にも応用されている²⁾。図-1 に示すように、金属基板と導電層の間が、降雨や結露によって形成された水膜で架橋されると、金属基板から腐食電流が流れ、この電流値をデータロガーで測定、記録する仕組みとなっている。ACM センサから出力される電流値は金属の腐食速度と相関性があることから、金属材料の腐食状況をモニタリングする方法の1つとして、橋梁や鉄塔などの維持管理に適用された事例が報告されている。

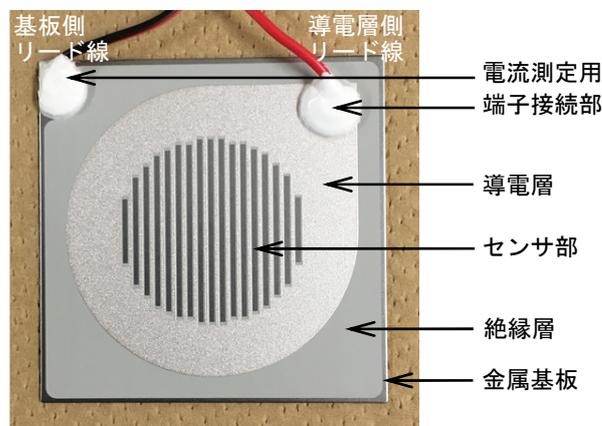


写真-1 ACM センサ

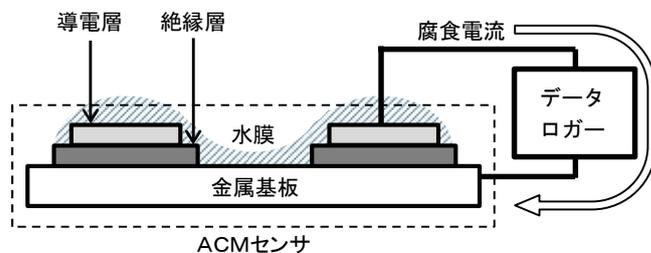


図-1 ACM センサの断面構成

キーワード 下水道, 硫酸劣化, pH, SO_4^{2-} 濃度, ACM センサ, 連続測定

連絡先 〒565-0873 大阪府吹田市藤白台 5-8-1 (一財) 日本建築総合試験所 材料部 材料試験室 TEL06-6834-0271

3. 室内実験の方法

pHの異なる溶液にACMセンサを浸漬させ、溶液のpHとセンサ出力値との関係を確認した。溶液について、pH1~4の硫酸溶液と、蒸留水を用いた。なお、他の実験目的で溶液中にはモルタル試験体を同時に浸漬させており、モルタルから溶出する成分の影響で、蒸留水のpHは6~10の中性~弱アルカリ性の範囲となった。ACMセンサは、金属基板に亜鉛(Zn)または鉄(Fe)を使用したものの2種類とし、導電層はいずれも炭素(C)とした(以下、Zn-CおよびFe-Cと呼ぶ)。

4. 実験結果

センサ出力値と溶液のpHとの関係について整理した結果を図-2および図-3に示す。Zn-Cの測定結果(図-2参照)は、溶液のpHが低くなるほどセンサ出力値が大きくなる傾向が認められた。また、本実験条件においては、センサ出力値 $40\mu\text{A}$ を閾値として、それより出力値が高いと酸性、低いと中性~弱アルカリ性に分類できた。Fe-Cの測定結果(図-3参照)については、溶液のpHとセンサ出力値との間に明確な相関関係は認められなかった。

以上の実験結果から、コンクリートの硫酸劣化環境における環境変化のモニタリングに、Znを基板としたACMセンサを利用できる可能性を見出すことができた。なお、本実験において、 SO_4^{2-} 濃度の違いがACMセンサ出力に及ぼす影響については詳しく検討できなかった。既報³⁾より、同一pHの溶液では、 SO_4^{2-} 濃度が高くなるほど、コンクリートの劣化が相乗的に大きくなることが明らかになっている。今後、pHおよび SO_4^{2-} 濃度の双方を考慮した検討を継続したいと考えている。

5. まとめ

- (1) コンクリートの硫酸劣化環境のモニタリングにおけるACMセンサの有効性を検討するため、pHの異なる溶液にACMセンサを浸漬させて、センサ出力値と溶液のpHとの関係について確認した。
- (2) Zn-Cの測定結果について、溶液のpHが低くなるほどセンサ出力値が大きくなる傾向が認められた。また、本実験条件においては、センサ出力値 $40\mu\text{A}$ を閾値として、それより出力値が高いと酸

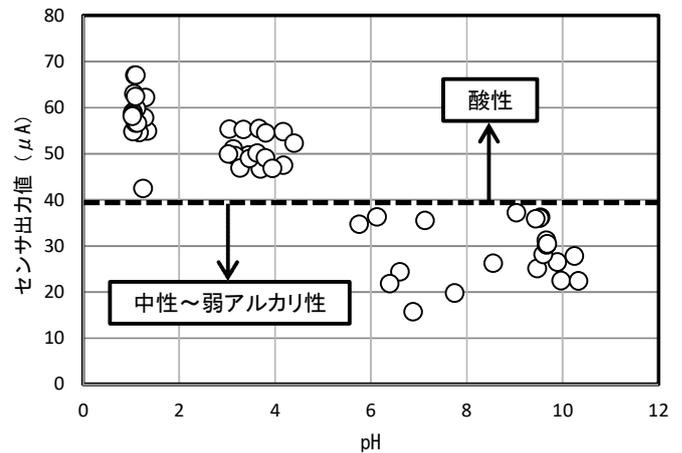


図-2 センサ出力値と溶液のpHとの関係(Zn-C)

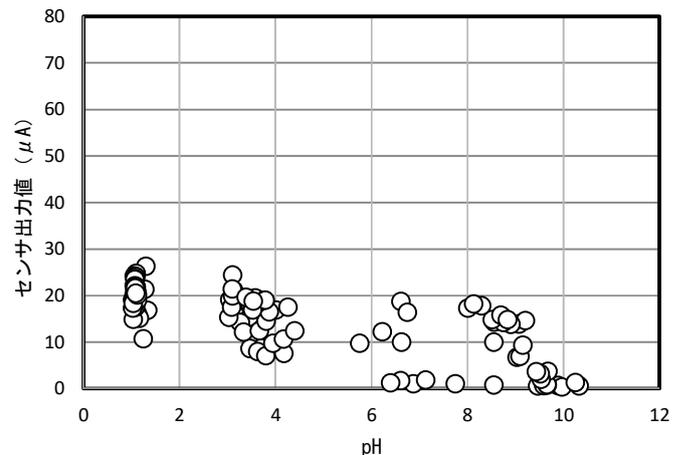


図-3 センサ出力値と溶液のpHとの関係(Fe-C)

性、低いと中性~弱アルカリ性に分類できた。

- (3) 実験結果から、コンクリートの硫酸劣化環境における環境変化のモニタリングに、Znを基板としたACMセンサを利用できる可能性を見出すことができた。
- (4) 今後、溶液の SO_4^{2-} 濃度の違いがACMセンサ出力に及ぼす影響について詳しく検討する必要がある。

参考文献

- 1) 吉田夏樹, 中山健一, 山中明彦, 鎌田敏郎: 下水管路内表面の水分からコンクリートの劣化機構を考察する, セメント・コンクリート, No.846, pp.18-23, 2017
- 2) 鈴木智康: ACMセンサで何が分かるのか センサから得られる, ぬれ時間, 海塩付着量, 腐食速度の解釈, 非破壊検査, 第64巻, 10号, pp.488-492, 2015
- 3) 吉田夏樹, 中山健一: H_2SO_4 および Na_2SO_4 の作用によるコンクリートの化学的侵食, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.71, No.2, pp.97-106, 2015