付着塩分量と気象要素に着目した ACM 型腐食センサーの 出力電流の応答特性に関する観測的検討*

木村 泰**, 広瀬 望***, 武邊勝道***, 大屋 誠***, 麻生稔彦†

** 国土技術政策総合研究所

*** 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科

† 山口大学 大学院

Effect of Adhesion Salts and Meteorological Condition on Current Outputs of ACM Sensor Based on Field Observation*

Yasushi Kimura**, Nozomu Hirose***, Masamichi Takebe***, Makoto Ohya*** and Toshihiko Aso†

** National Institute for Land and Infrastructure Management

*** Matsue College of Technology

† Yamaguchi University

キーワード ACMセンサー, 付着塩分量, 気象要素, 大気腐食環境, 野外観測

Key words: ACM sensor, Adhesion salts, Meteorological factors, Atmospheric corrosion, Field observation

1. 緒 言

耐候性鋼材は、表面に緻密なさび層（保護性さび）を形成し、腐食の進行を次第に抑制する。しかし、異常さびが生じるような腐食環境では、すぐれた防食性能を発揮できない問題点がある¹⁾。そのため、架橋地点における飛来塩分量や気象要素（気温、湿度、風速・風向）を詳細に観測するとともに、鋼材の初年腐食減耗量を計測し、100年後の腐食減耗量を推定する腐食環境評価手法が推奨されている²⁾。一方で、架橋地点における多数の観測を行わなければ、正確な腐食環境評価はできず、更なる簡易化も求められている。こうした背景の中、ACM型腐食センサー（ACMセンサー）は、腐食環境を簡易にモニタリングできるため、腐食環境評価に活用できるツールとして、注目を集めている³⁾。既存の腐食環境手法の簡易化と精度向上には、ACMセンサーの出力電流の変動要因を正しく解析する必要があると考える。そこで、本研究は、野外観測結果で得られるACMセンサーの出力電流と付着塩分量、気温、湿度、風速との関係を検証し、ACMセンサーの出力値に基づく腐食環境評価手法提案のための基礎的検討を行うことを目的とする。

2. 調 査 概 略

建設前の腐食環境を明らかにするため、島根県松江市の第五大橋の建設地点に、高さ8mのやぐらを仮設し、標準百葉箱を設置した。その中に、ACM型腐食センサー（ACMセンサー）2枚を水平に設置し、センサーの出力電流を計測した。また、百葉箱内に温度・湿度計、百

葉箱近くに風向・風速計を設置し、10分間隔で気象状況を計測した。さらに、ACMセンサーの付着物を検討するため、拭き取り調査を行った。具体的には、2枚のうち1枚のACMセンサーおよび百葉箱内に水平に設置したステンレス鋼板（縦0.15×横0.25m）の表面全体を濡らしたガーゼと乾燥したガーゼで毎日拭き取る。次に、2枚のガーゼをイオン交換水につけ、試料（水溶液）を作成する。試料に含まれるCl⁻濃度をイオンクロマトグラフィーにより分析し、付着塩分量（NaCl量）に換算した。気象要素、ACMセンサーの出力電流、付着塩分量の観測は2010年3月18日から4月18日まで1カ月間のみである。

3. 観測結果の検討

Fig. 1に3月18日から4月18日までの観測結果を整理した。付着物を拭き取ったACMセンサーの出力電流は降雨によく一致した。一方で、拭き取りを行わないACMセンサーの出力電流の変化は湿度の日変化とよく対応する。日中の気温上昇は湿度を低下させるため、ACMセンサーの出力電流が低下する。このとき、気温上昇によって、海陸風が強くなる。そのため、当該地点では、日中に西から西北西よりの風が卓越し、付着塩分量が増加する傾向にある。

一方、夜間におけるACMセンサーの出力電流の変化に着目する。通常、夜間の気温低下によって、湿度が上昇し、ACMセンサーの出力電流がピークとなる。しかしながら、出力電流が低下する現象が4日みられた（Fig. 1 a), b), c) 中の網掛け参照）。これは夕方から早朝にかけて風速の強化に対応することがわかる。風速の強化はACMセンサー表面の“濡れ”を低減させるため、ACMセンサーの出力電流を低く抑えると考えられる。この現象はACMセンサー周囲の湿度の低下と対応する。しかしながら、夜間における風速の強化は“濡れ”を抑制させる効果を通じて、ACMセンサーの出力電流に影響を与えるため、その変化は小さい。

* 材料と環境 2010（東京，2010 東京）で発表

** 〒305-0804 つくば市旭1（Asahi 1, Tsukuba, 305-0804 Japan）

*** 〒690-8518 松江市西生馬町14-4（14-4, Nishiikuma-cho, Matsue, 690-8518 Japan）

† 〒753-8511 山口市吉田1677-1（1677-1, Yoshida, Yamaguchi, 753-8511 Japan）

Fig. 1 Observation results from March 18 to April 18, 2010. a) Current outputs of ACM sensor, b) Air temperature (T_a) and relative humidity (Rh), c) Wind speed (Ws) and adhesion salt ($Salt$), d) Time cross section of wind vector. Wind vector indicates wind speed and wind direction. Vector legend means wind from west to east and its length represents 10 m/s. In a), “Normal” indicates current outputs of ACM sensor in a normal manner. On the other hand, “Wipe” indicates current outputs of ACM sensor, which is wiped with wetted and dried gauze.

気温の低下により、湿度が上昇することにより ACM センサー表面が結露し、センサーの出力電流が大きくなる。ただし、同一の湿度であっても、気温の違いがセンサーの出力電流に違いを生ずる要因である可能性がある。観測された湿度が空気中の水蒸気圧と飽和水蒸気圧の比を示すため、空気中の水蒸気の量を用いて、ACM センサーの出力電流の挙動を検討する必要がある。結露が生ずるかどうかは、大気中の水蒸気量と密接に関係する。そこで、本研究では、大気中の水蒸気量の指標として、水蒸気混合比（混合比）に着目した。混合比 q (g/kg) は次式で表され、湿潤空気（乾燥空気と水蒸気の混合気体）に含まれる水蒸気量と乾燥気体の質量比を示している⁴⁾。

$$q = \frac{0.622e}{p - e} \quad (1)$$

$$e = Rh \times e_s \quad (2)$$

$$\ln \frac{e_s}{6.11} = \left(\frac{L}{R_v} \right) \left(\frac{T - 273.2}{273.2T} \right) \quad (3)$$

ここで、 e , e_s , p はそれぞれ水蒸気圧 (hPa), 飽和水蒸気圧 (hPa), 大気圧 (hPa) である。また、 T , Rh , L , R_v はそれぞれ気温, 湿度, 水の潜熱, 水蒸気気体定数である。

次に、降水日を除き、付着塩分量の多い順に観測日を整理し (Table 1), 腐食電流値と気温・湿度との関係を検討する。Fig. 2 に示すように、ACM センサーの出力電流

Table 1 Observation results of salt adhesion.

Date	Salt adhesion (mg/m ²)
4/15	3.96
3/27	3.73
4/03	3.09
4/08	2.15
4/05	2.13
4/07	1.36
4/06	1.00
4/10	0.48

は混合比と付着塩分量の影響を受け、1 日の変動では、混合比が上昇するほど、出力電流も上昇する。異なる観測日どうしの比較では、ACM センサーに付着した塩分量が多いほど、同一の混合比の場合、センサーの出力電流が高いことが確認できた。

また、風速の影響もみられた。4 月 7 日と 4 月 10 日を比較すると、付着塩分量は 4 月 7 日の方が多いいにもかかわらず、4 月 7 日の腐食電流値の方が小さいことがわかる。4 月 7 日は 4 月 10 日に比べ、午後から夜間の風速が大きいことから、風速によって湿度が低下したためであ

Fig. 2 Relationship between current outputs of ACM sensor and mixing ratio in non-rain days from March 18 to April 18, 2010. The order of the figure legends corresponds to the amount of salt adhesion in Table 1.

ると考えられる。この現象は Fig. 1 に網掛けで示した夜間の風速の強化に伴う出力電流の減少に対応する。以上より、野外観測結果に基づいて、ACM センサーの出力電流が混合比、付着塩分量、風速の影響を受けることが明らかとなった。これは ACM センサーの出力電流のみで腐食環境を評価する指標化に使用可能であることを示唆している。

4. 結 論

本研究では、ACM センサーの出力電流と気象要素や付着塩分量との関係を、野外観測結果と組み合わせて検討した。その結果、ACM センサーの出力電流の変化は付着塩分量、気温、湿度、風速に影響を受けることが確認できた。特に、大気中の水蒸気量に着目し、各日の腐食電流値の変化を区分すると、付着塩分量や風速の影響が明瞭になった。この点を考慮し、腐食環境をより簡易

にかつ正しく評価できる指標化のために、さらなる検討を進める予定である。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、(財)日本建設情報センター (JACIC)、(財)国土技術センター (JICE) の研究助成を受けた。記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) Y. Matsuzaki, M. Ohya, S. Ajiki, M. Takebe and T. Aso, JSCE J. Struct. Eng. A, **53**, 805 (2007).
- 2) JSSC Tech. Report, **73**, p.217 (2006).
- 3) S. Motoda, Y. Suzuki, T. Shinohara, S. Tsujikawa, W. Oshikawa, M. Itomura, T. Fukushima and S. Izumo, *Zairyo-to-Kankyo*, **44**, 218 (1995).
- 4) K. Ninomiya: "Kisho ga Waku Kazu to Shiki", Ohmsha, p.68 (2000).

(Manuscript received July 16, 2010;
in final form August 30, 2010)