

鋼材の熱容量が Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサの出力に及ぼす影響評価

九州大学大学院 学生会員 ○八木 孝介
九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
九州大学大学院 学生会員 平尾みなみ

1. はじめに

鋼構造物の部位レベルにおける腐食環境を評価する方法の1つとして、Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサ（以下、ACM センサ）を対象部位に貼付し、その出力をモニタリングする方法が挙げられる¹⁾。しかし、熱容量を考慮せずに構造物の対象部位に ACM センサを貼付すると、対象部位と ACM センサの熱容量が著しく異なることで、対象部位の乾湿や付着海塩による影響などを精度良く評価することが困難になる。そこで、本研究では熱容量が裸普通鋼板における大気マイクロ腐食環境に及ぼす影響を評価することを目的とした。そのために、ACM センサを熱伝導シートを介して、熱容量（板厚）の異なる4種類の裸普通鋼板に貼付した試験体を大気暴露し、試験体の対空面におけるマイクロ腐食環境をモニタリングした。なお、暴露地点には付着海塩の雨洗効果（以下、雨洗効果）の有無、飛来海塩量および気温に着目した5地点を選定した。

2. モニタリングの方法

試験体にはアルミナブラスト処理（ISO 8501-1 Sa2.5）した裸普通鋼板（JIS G 3106 SM490A、150×70×3、6、9 および 19mm）を用いた。各鋼板の熱容量は、それぞれ 114 (J/°C)、228 (J/°C)、341 (J/°C) および 719 (J/°C) である。本モニタリングでは、対空面のみを検討対象とするため、対象面（130×50mm）を除く領域をテープにより防錆した。また、Fe 基盤の熱容量が 11.8 (J/°C) の ACM センサと鋼板の間の熱伝導を極力速やかにさせるために、ACM センサを各板厚の鋼板に熱伝導ゲルシート（熱伝導率：2.1 (W/m・K)）を介して貼付した。大気暴露試験は福岡市内の飛来海塩の雨洗効果のある九州大学伊都キャンパス（離岸距離：2.9km）（以下、九州大学）、福岡市内の雨洗効果のない福岡北九州高速道路高架橋下（離岸距離：50m）（以下、百道）、沖縄県中頭郡の雨洗効果のある琉球大学千原キャンパス（離岸距離：2.3km）（以下、琉球大学）、沖縄県名護市の雨洗効果のない沖縄自動車道の許田高架橋下（離岸距離：10m）（以下、許田）および北海道苫小牧市内の雨洗効果のある海岸線（離岸距離：2m）（以下、苫小牧）で実施した。試験体の設置角度は、水平面に対して 45°とした。各地点の飛来海塩量は、ドライガーゼ法（JIS Z 2382）により測定した。また、暴露地点の温湿度もモニタリングした。ACM センサの出力 I は、10 分毎に計測・記録し、 I に基づき日平均電気量 q と累積電気量 q_c を算出した。なお、ACM センサの設置初期の出力不整と劣化を考慮して、センサの設置・交換時の 10 日後からの約 20 日間の出力を評価期間とした。

3. モニタリングの結果

各暴露地点における評価期間における温度 T 、相対湿度 RH 、降水量 R 、日照時間 S および飛来海塩量 w_{NaCl} の平均値を表 1 に示す。苫小牧の T は、他の 4 暴露地点に比して、著しく低くなっている。また、苫小牧の w_{NaCl} は、他の 4 暴露地点に比して著しく多く²⁾、雨洗効果はあるものの、飛来海塩の付着が著しい環境である。苫小牧の評価期間において、ACM センサの出力 I 、各板厚の出力差 I_d 、温度 T および相対湿度 RH の経時変化を図 1 に示す。なお、 I の図中には、降雨のしきい値 $1\mu A$ および濡れのしきい値 $0.01\mu A$ ³⁾を示す。 I_d は他の板厚における I と板厚 3mm における I と定義した。また、苫小牧の評価期間における累積電気量 q_c を図 2 に示す。各板厚における I の経時変化に大きな差異はない。 I の経時変化は RH と相関性があると言え、 I_d は RH が高い期間において増加している。また、板厚 3mm における q_c の推移は他の板厚に比して著しく大きく、6、9 および 19mm の推移の差異は小さい。これらは 5 地点で同様の傾向であった。降雨の影響のある苫小牧における各板厚の I は多量の付着海塩に起因して期間中において約 79%が $1\mu A$ 以上となっている。同様に降雨の影響のある九州大学および琉球大学における I は、降雨が観測された時間帯に $1\mu A$ を超えている。降雨の影響が無い百道および許田については、ほぼ全期間において $1\mu A$ を超えていない。

苫小牧の評価期間において、比較的大きな I_d となった期間における I 、 I_d 、 T 、 RH 、 R および S を図 3 に示す。日照がある 12:00~15:00 における各板厚の I は $1\mu A$ 程度であり、 I_d は $0\mu A$ 程度になっている。15:00~22:00 での降雨に伴い各板厚の I は著しく上昇し、その上昇にともない、 I_d は著しく増加している。降雨終了後の 22:00 以降においても、 I および I_d が大きい状態が継続している。付着海塩の潮解現象が生じる高湿度の時間帯、および結露が生じていると考えられる時間帯についても、その傾向は同様であった。降雨による I と I_d の増加は、九州大学と琉球大学においても確認された。高湿度の時間帯および結露が生じていると考えられる時間帯における I と I_d の増加は、5 地点において同様の傾向であった。また、雨洗効果のある 3 地点において降雨時の I_d は付着海塩の潮解時および結

表 1 各暴露地点における大気環境（気温、湿度、降水量、日照時間、飛来海塩量）

暴露地点	評価期間	平均気温 T (°C)	平均湿度 RH (%)	日平均降水量 R (mm/day)	日平均日照時間 S (h/day)	飛来海塩量 w_{NaCl} (mdd)
九州大学	16/02/13-16/03/03	7.92	65.4	4.67	4.10	0.4
百道	15/12/13-16/01/02	9.76	69.7	1.90	2.90	0.5
琉球大学	15/03/18-15/04/07	21.5	72.1	0.87	5.85	0.3
許田	15/03/18-15/04/07	21.2	74.3	0.37	5.58	0.8
苫小牧	14/11/19-15/12/09	2.1	76.1	1.98	4.41	3.4

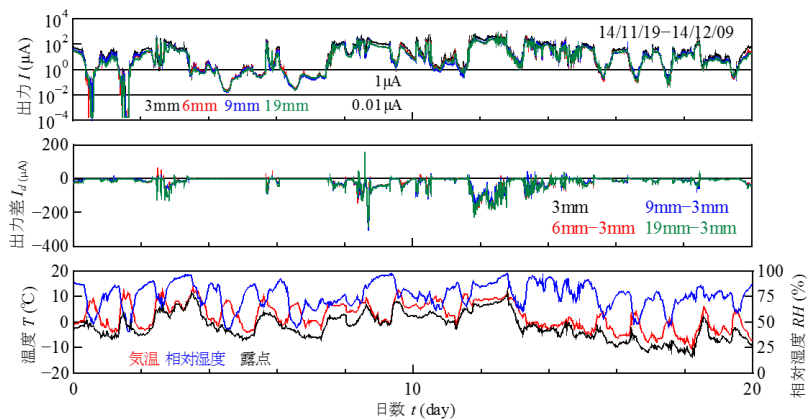


図1 出力, 出力差および温湿度の経時変化

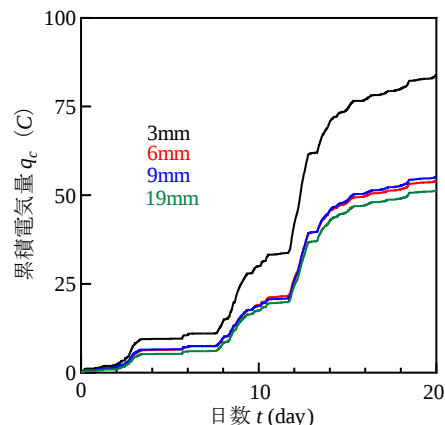


図2 累積電気量

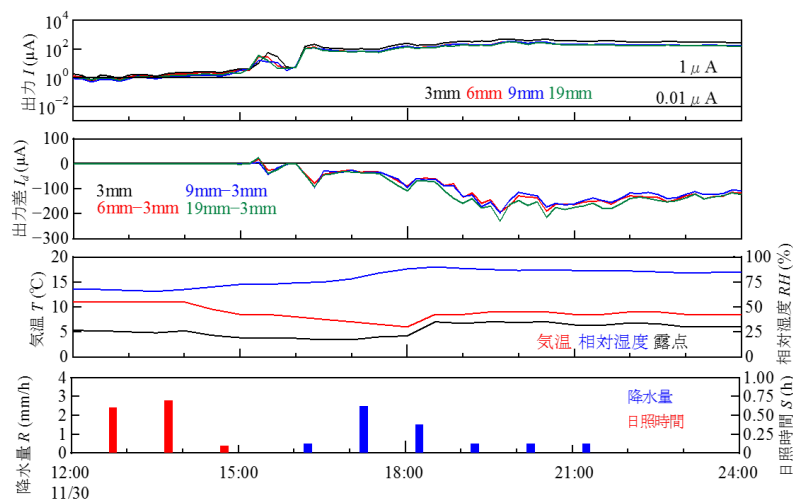


図3 出力, 出力差, 温湿度, 降水量および日照時間の経時変化

表2 各暴露地点における日平均電気量

暴露地点	日平均電気量 q (C/day)			
	3mm	6mm	9mm	19mm
九大	0.144 (1)	Data loss	0.107 (0.74)	0.106 (0.74)
百道	0.270 (1)	Data loss	0.171 (0.63)	0.099 (0.36)
琉大	0.182 (1)	0.146 (0.80)	0.150 (0.83)	0.152 (0.84)
許田	0.006 (1)	0.005 (0.87)	0.002 (0.36)	0.002 (0.33)
苫小牧	4.20 (1)	2.71 (0.64)	2.76 (0.66)	2.57 (0.61)

(): 3mm の q に対する各板厚の q の比

露時に比して大きい。以上の結果から、降雨、付着海塩の潮解および結露により、水膜が形成されることで、 I_d が著しく大きくなると言える。また、降雨による I と I_d への影響は、付着海塩の潮解と結露に比して大きいと考えられる。

5 地点の評価期間における各板厚の日平均電気量 q を表 2 に示す。5 地点において、板厚 3mm の q は他の板厚に比して最大値となっている。また、板厚 3mm と 19mm の q を比較すると、雨洗効果のない百道および許田は 3mm が 19mm に比して 3 倍程度大きい。雨洗効果のある九州大学、琉球大学および苫小牧においては 3mm が 19mm に比して 1.2~1.5 倍程度となっている。前述したように、 I と I_d に及ぼす影響は降雨によるものが大きい。しかし、熱容量の差異による q の比が大きいのは、雨洗効果のない環境下である。これは、降雨以外の付着海塩の潮解および結露といった要因が熱容量の差異による q の比に及ぼす影響が大きいことを示している。また、 I_d が降雨に起因して増加する理由は、降雨以外の要因による乾湿の頻度、およびそれとともなう海塩付着量の差異により、各板厚の表面に水膜が生じた際の電流に差異が生じる。従って、降雨に起因して I_d が大きくなるためと考えられる。

4. まとめ

以下に本研究で得られた主な結果を示す。

- 1) 飛来海塩環境では板厚の異なる鋼板に貼付した ACM センサの出力差は、降雨、結露および付着海塩の潮解現象が生じる時間帯に生じる。また、その出力差は降雨の時間帯に最も増加する。
- 2) 板厚の異なる鋼板に貼付した ACM センサの出力に基づき算出した 3mm と 19mm の日平均電気量の比は、雨洗効果のない環境が、雨洗効果のある環境に比して大きい。
- 3) 構造物の対象部位に ACM 型腐食センサを貼付し、その腐食環境を評価する際には、ACM センサと対象部位の熱伝導性に配慮する必要がある。

参考文献

- 1) 篠原正, 元田慎一, 押川渡: ACM センサによる環境腐食性評価, 材料と環境, Vol.54, pp.375-382, 2005.
- 2) 貝沼重信, 山本悠哉, 林秀幸, 伊藤義浩, 押川渡: Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサを用いた大気環境における無塗装普通鋼板の経時腐食深さの評価方法, 材料と環境, Vol.63, pp50-57, 2014.