

Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサを用いた無塗装耐候性鋼板の経時腐食深さの評価手法

九州大学大学院 正会員 ○貝沼 重信 九州大学大学院 学生会員 山本 悠哉
 (株)神戸製鋼所 正会員 伊藤 義浩 琉球大学 正会員 押川 渡

1. はじめに 無塗装耐候性鋼橋において、飛来海塩などの塩類や雨水などの水分に起因して、構造上重要な部位に耐荷力を著しく低下させる腐食損傷が報告されている。この腐食損傷の対策は、保護性さびが形成されず、不具合が生じた時点で実施されるなど、事後保全となることが少なくない。したがって、新設橋においては架設後の早期に部位レベルの腐食環境を把握した上で、その腐食の進行性を評価し、致命的損傷を予知することが重要となる。そこで、本研究では無塗装耐候性鋼材を用いた大気暴露試験を降雨や飛来海塩の影響が異なる4地点で実施した。また、Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサ(以下、ACM センサ)と温湿度センサを用いて、腐食環境のモニタリングを行った。これらの結果に基づき、ACM センサを用いることで、様々な大気環境における無塗装耐候性鋼橋の部位レベルの腐食深さの経時性を評価する手法を提案した。

2. 大気暴露試験と環境モニタリング 試験体にはブラスト処理(ISO Sa2.5)した400×60×9mmのJIS G 3106 SM490A材を用いた。鋼構造物の腐食環境は、降雨や結露などによる水分や、飛来海塩や凍結防止剤などの塩分の影響により、部位レベルで著しく異なることが少なくない。そこで、大気暴露試験は雨がかりの有無と滞水、および飛来海塩量の多少の環境に着目して、4つの暴露地点を選定した。また、試験体を水平に対して、0°、45°あるいは90°の角度に設置し、その対空面と対地面を検討対象とした。なお、90°に設置した北面、南面をそれぞれ対空面、対地面と定義した。これらにより、計20種類の異なる腐食環境からデータを収集することとした。暴露地点は、1) 雨がかりがあり、飛来海塩量が比較的多い琉球大学千原キャンパス構内(以下、琉球大学)(Lat.26°15'N, Long.127°46'E)、2) 雨がかりがあり、飛来海塩量がほとんど無い九州大学伊都キャンパス構内(以下、九州大学)(Lat.33°35'N, Long. 130°12'E)、3) 雨がかりが無く、飛来海塩量が比較的多い福岡北九州高速道路1号線の橋梁下(以下、百道)(Lat.33°35'N, Long.130°21'E)、および4) 雨がかりがほとんど無く、飛来海塩量が多い沖縄自動車道の橋梁下(以下、許田海岸線)(Lat.26°32'N, Long.127°57'E)、の計4地点である。

各暴露地点の気温 T (°C)、相対湿度 RH (%), 降水量 P (mm) および飛来塩分量(JIS Z 2382(ドライガーゼ法)) w (mdd)の年平均値を表1に示す。試験体の重量減少量は、電子天秤を用いて測定した。また、腐食生成物除去後の表面性状は、測定ピッチを0.2mmとして、レーザーフォーカス深度計(スポット径:30 μ m, 分解能:0.05 μ m)で測定した。各試験体の表裏面における平均腐食深さ d_{mean} (mm)は、重量減少量と腐食表面性状を併用することで算出した。各角度の試験体の対空面と対地面における腐食環境は、ACM センサと温湿度センサを用いることで、10分毎に1~4年間継続してモニタリングした。ACM センサは試験体に隣接させて設置した60×400×9mmの鋼板に貼付し、随時、センサの経時劣化を考慮して取り替えた。ACM センサには水膜形成によるガルバニック電流が生じるため、その電流は降雨時には鋼材のマイクロセル腐食電流に比して著しく増加する。したがって、センサ出力の大きさと鋼板の腐食速度の相関が著しく乖離するため、降雨を考慮することなく、鋼板の腐食挙動を直接評価することは困難である。そこで、日平均電気量 q (C/day)は、降雨時のACM センサの出力を文献1)にしたがって、図1に示すように補正することで算出した。

各試験体の表裏面の平均腐食深さ d_{mean} (mm)と暴露期間 t (year)の関係について、琉球大学と九州大学の例を図2に示す。図中の実線は、 d_{mean} に対する t の累乗回帰曲線である。なお、暴露期間0.5年のデータは、1年間の気候変動に配慮し、参考値として示し、回帰解析から除外した。 d_{mean} は暴露角度や対空面と対地面で異なっている。試験体の表裏面の d_{mean} の差異は、角度による影響に比して小さい。また、暴露角度が0°の d_{mean} が最も大きく、45°は90°よりも若干大きくなっている。

図2で示した累乗回帰曲線($d_{mean} = a \cdot t^b$)の係数 a と b の関係を図3に示す。図中の実線は、全プロットに対する回帰直線を示している。回帰直線はいずれのプロットとも比較的良く一致している。したがって、 d_{mean} と t の関係は、係数 a と b を用いて、図中の式で表すことができる。

表1 各暴露地点の気温、相対湿度、降水量および飛来塩分量の年平均値

	温度	相対湿度	年降水量	飛来海塩量(NaCl換算)
	T (°C)	RH (%)	P (mm)	w (mdd)
琉球大学	23	75	2,064	0.30
九州大学	17	75	1,776	0.07
百道	18	66	1,763	0.52
許田	23	73	2,196	0.78

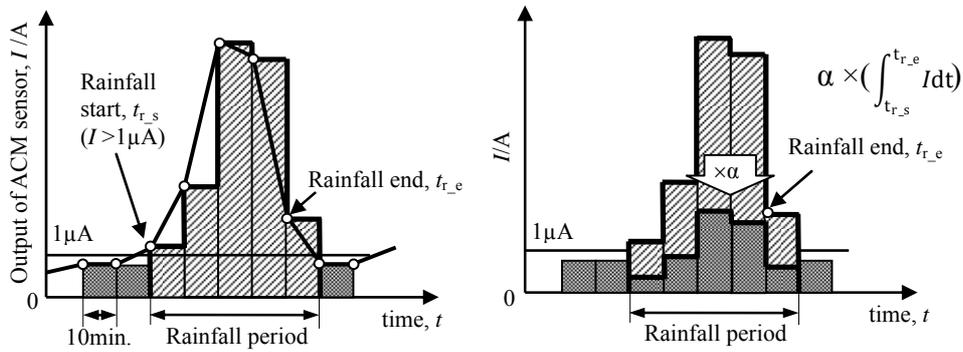


図1 ACM 腐食センサ出力の降雨時の補正方法¹⁾

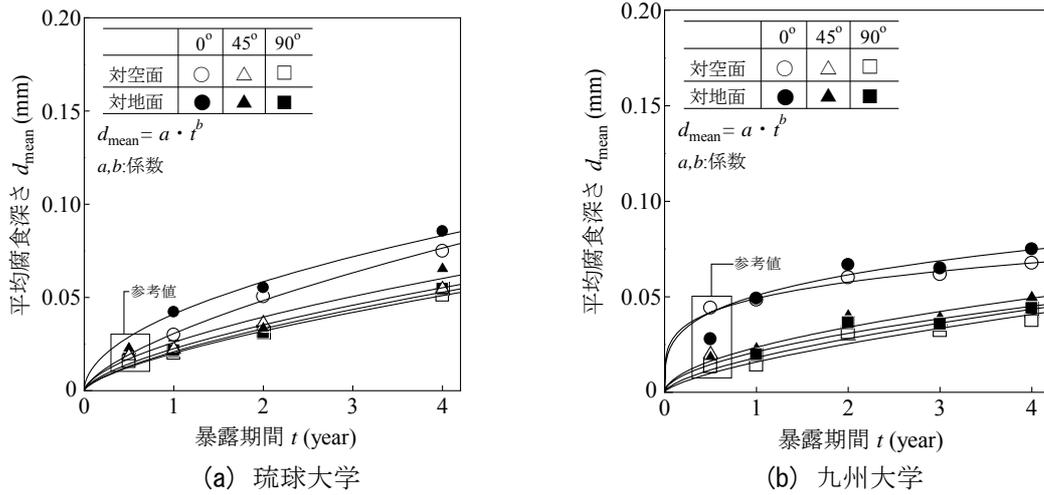


図2 平均腐食深さ d_{mean} と暴露期間 t の関係(琉球大学)

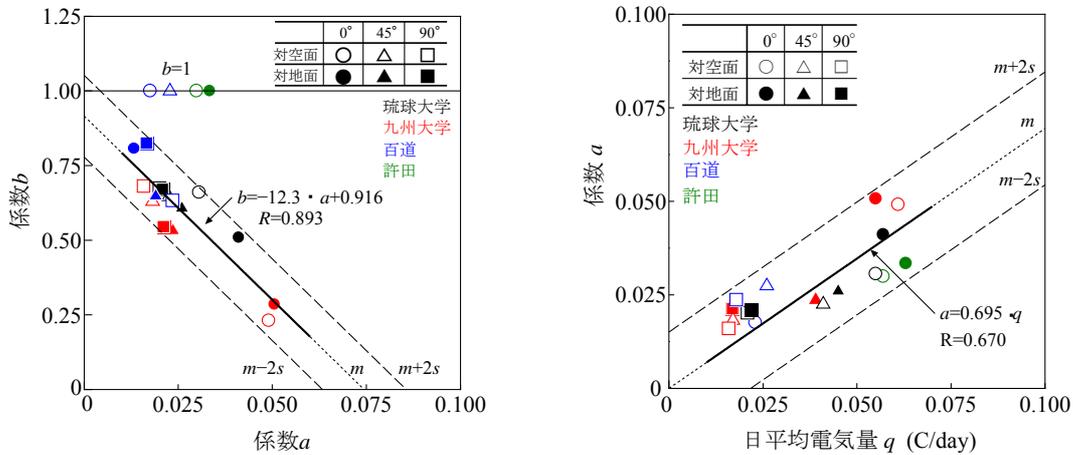


図3 $d_{mean} = a \cdot t^b$ の係数 a と b の関係

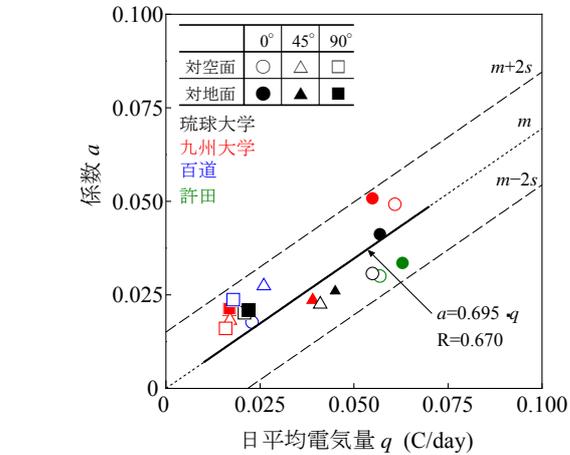


図4 日平均電気量 q と図2の累乗回帰曲線の係数 a の関係

3. ACM センサによる無塗装耐候性鋼材の経時腐食深さの評価手法 日平均電気量 q (C/day)と図2の累乗回帰曲線の係数 a の関係を図4に示す. 図中の m および s は, それぞれ平均値(回帰直線)および標準偏差である. この相関係数 R は 0.670 と若干低いが, データの傾向を良く表している. したがって, 図中の回帰直線式に q を与えることで, a を算出できると考えられる. 無塗装耐候性鋼板の d_{mean} の経時性は, ACM センサの出力から算出した q を用いることで, 図2, 図3および図4の中の各関係式に基づき, 次式で表すことができる.

$$d_{mean} = 0.695 \cdot q \cdot t^b, \quad b = -8.55 \cdot q + 0.916 \quad (0.016 \leq q \leq 0.063)$$

d_{mean} : 平均腐食深さ(mm), q : 日平均電気量(C/day), t : 年数(year), b : 係数

4. まとめ 本研究では Fe/Ag 対 ACM 腐食センサの出力から算出した日平均電気量を用いることで, 無塗装耐候性鋼板の経時腐食深さの評価手法を提案した.

参考文献 1) 貝沼重信, 山本悠哉, 伊藤義浩, 押川渡: Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサを用いた降雨を受ける無塗装普通鋼板の平均腐食深さの予測方法, 材料と環境, Vol.59, No.10, pp.497-503, 2011.11.