

腐食生成物厚さを用いた腐食環境評価に関する基礎的研究

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 杜 金威
九州大学大学院 学生会員 山本 悠哉 九州大学大学院 学生会員 向川 優貴

1. はじめに 鋼構造物を適切に維持管理するためには、その部位・部材レベルにおける腐食環境を把握することが重要となる。腐食環境を評価する手段の1つとして、Fe/Ag 対 ACM 型腐食センサ（以後、Fe/Ag 対 ACM センサ）を用いる方法があるが、腐食性の高い環境では耐久性の問題から、1 ヶ月程度でセンサを交換する必要がある。そのため、多測点の腐食環境調査が必要とされる場合には高コストとなり、Fe/Ag 対 ACM センサを適用することが困難になる。本研究では測定が容易な腐食生成物厚さから Fe/Ag 対 ACM センサによる日平均電流量を換算評価する手法を提案することを目的とした。そこで、鋼板の大気暴露試験を実施し、腐食鋼板の腐食生成物厚さと Fe/Ag 対 ACM センサの出力から算出した日平均電流量の相関を定量的に明らかにした。

2. 大気暴露試験および腐食環境モニタリング 試験体にはブラスト処理 (ISO Sa2.5) した JIS G 3106 SM490 材 (400×60×9mm) を用いた。大気暴露試験は 1) 沖縄本島の東側海岸線から約 2.3km、西側海岸線から約 4.4km に位置する降雨の影響があり、飛来塩分量が比較的多い琉球大学千原キャンパス構内（以後、琉球大学構内）(Lat.26°15'N, Long.127°46'E)、2) 東側海岸線から約 2.5km、西側海岸線から約 5.3km に位置する九州大学伊都キャンパス構内（以後、九州大学構内）(Lat.33°35'N, Long.130°12'E)、3) 博多湾の海岸線から約 70m 南に位置する橋梁桁下（以後、百道海岸線）(Lat.33°35'N, Long.130°21'E)、および 4) 沖縄本島の西側海岸線から約 30m に位置する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)、で実施した。

試験体は様々なマイクロ大気腐食環境下におけるデータを効率的に収集するために、水平面に対して 0°、45° あるいは 90° の 3 種類の角度で暴露試験台に設置し、各試験体の表裏面（対空面および対地面）を検討対象とした。暴露期間は 0.5~3 年間とした。また、Fe/Ag 対 ACM センサを用いて、各暴露角度に設置した試験体の表裏面に相当する腐食電流を測定することで、試験体の対象面のマイクロな大気腐食環境をモニタリングした。

3. 腐食生成物厚さの測定 大気暴露後の試験体の腐食生成物の X 線回折分析結果を表-1 に示す。九州大学構内以外の暴露場地点においては、β-FeOOH の成分が含まれていることから、飛来塩の影響のある腐食生成物が生成されていると言える。

試験体の表裏面の腐食生成物厚さは、電磁式膜厚計（測定精度:±10μm, 分解能:1μm）を用いて測定した。供試鋼材の化学成分、および試験体の測定点をそれぞれ表-2 および図-1 に示す。測定は試験体表裏面に対して 6 測定点、1 測点について 11 回測定することで計 66 回の測定を行い、その平均値を腐食生成物厚さ $t_{r,mean}$ (mm)

表-1 対空面の腐食生成物の成分構成 (wt%)

	試験体の設置角度	暴露期間 (年)	FeOOH			Fe ₃ O ₄	SiO ₂	非結晶	腐食生成物の密度 (g/cm ³)
			α	β	γ				
琉球大学構内	45°	3	13.5	2.2	39.9	2.4	—	42.0	4.16
	0°	1	17.1	1.6	40.9	3.7	—	36.7	4.18
	90°	1	15.5	4.6	38.7	3.2	—	37.8	4.15
九州大学構内	45°	1	13.6	0.0	39.2	1.5	—	47.9	4.17
百道海岸線	45°	1	12.7	27.4	14.3	0.2	1.2	44.2	3.99
許田海岸線	0°	1	10.1	15.5	19.2	2.6	—	52.1	4.10

キーワード: 大気暴露試験, 腐食環境評価, 腐食生成物, ACM 型腐食センサ

連絡先: 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 工学研究院 建設デザイン部門 Tel:092-802-3394

表-2 供試鋼材の化学成分 (wt%)

C	Si	Mn	P	S
0.16	0.39	1.45	0.014	0.007

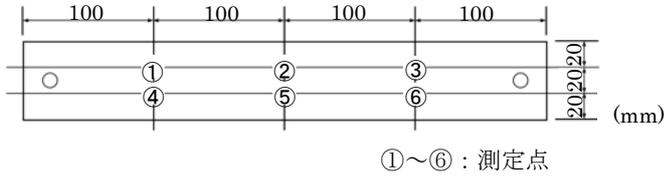


図-1 試験体の測定位置

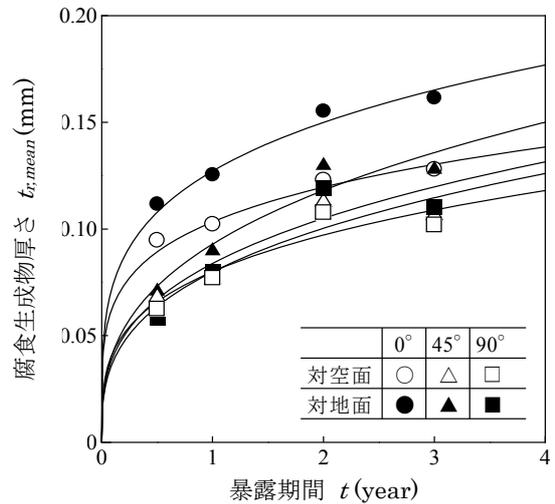


図-2 腐食生成物厚さの経時性 (琉球大学構内)

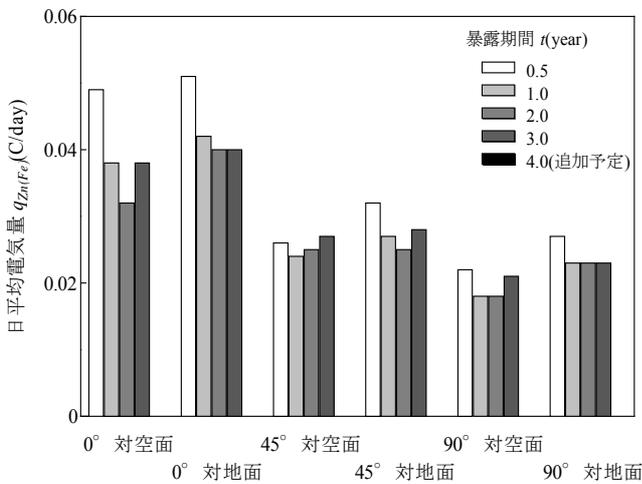


図-3 日平均電気量 q (C/day) の経時性 (琉球大学構内)

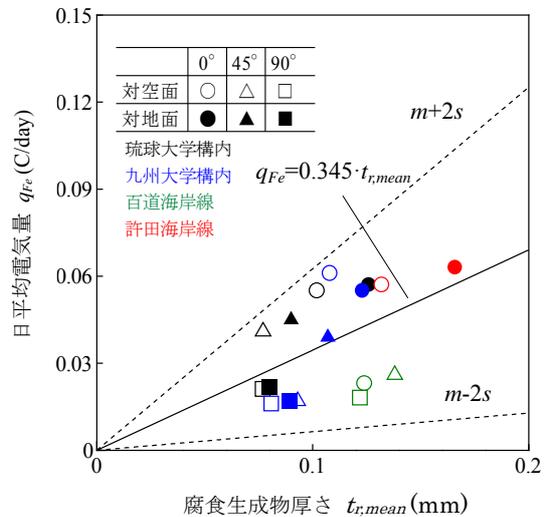


図-4 腐食生成物厚さと日平均電気量の関係

とした。試験体 1 体の 66 点に対する $t_{r,mean}$ の標準偏差は 0.03mm, 変動係数は 0.20 であった。

4. 腐食生成物厚さによる腐食環境評価 琉球大学構内の暴露試験から得られた腐食生成物厚さ $t_{r,mean}$ (mm) と暴露期間 t (year) の関係を図-2 に示す。暴露対象面に関わらず, $t_{r,mean}$ の増加率は t が増加するにしたがって減少している。また, $t_{r,mean}$ は暴露角度や対地, 対空面により異なっている。特に, 0° の対地面の $t_{r,mean}$ は, 他の暴露面に比して, 最も大きくなっている。これは 0° の対地面については, 降雨による付着塩の洗浄効果が最も小さいためと考えられる。琉球大構内の日平均電気量 q (C/day) の経時性を図-3 に示す。1 年単位の腐食環境モニタリングの結果から算出した q は, 暴露角度や対地対空面に関わらず, ほぼ一定になっている。一方, 0.5 年間の q については, 季節による気候変動に起因して, 1 年単位の q と大きく異なっている。そのため, 1 年単位で腐食環境を評価する必要があると考えられる。

暴露期間 1 年の腐食生成物厚さ $t_{r,mean}$ (mm) と日平均電気量 q (C/day) の関係を図-4 に示す。図中の実線は, q に対する $t_{r,mean}$ の回帰直線である。各暴露地点のプロットは, 回帰直線の $\pm 2s$ (s : 標準偏差) の範囲内にあることから, $t_{r,mean}$ と q には線形の相関があると言える。したがって, 電磁式膜厚計で測定した $t_{r,mean}$ を図中の式に代入することで, q を簡便に算出できると考えられる。

5. まとめ 腐食生成物厚さと Fe/Ag 対 ACM センサの出力による日平均電気量の相関を定量的に明らかにした。また, この相関式に基づき, 腐食生成物厚さを電磁式膜厚計で測定することで, 腐食環境の評価指標の 1 つである ACM 型センサによる日平均電気量 (C/day) を簡便に算出する手法を提案した。