

沖縄県海岸部での ACM 型腐食センサーと飛来塩分量による腐食環境評価

琉球大学 正会員 ○淵脇秀晃
琉球大学 正会員 有住康則

琉球大学 正会員 矢吹哲哉
琉球大学 正会員 山田義智
(株)ピーエス三菱 正会員 赤嶺文繁

1. はじめに

沖縄県は、高温・多湿で且つ周辺が海に囲まれていることから、海塩粒子の飛散が顕著であり、鋼材の腐食しやすい環境下にある。このような厳しい腐食環境下で、鋼材が外気中でどの程度発錆するかを把握しておくことは、構造物を構築し維持管理する上で大変重要なことである。本研究では、沖縄本島内陸部¹⁾と海岸部で鉄筋と鋼板の暴露試験を行い、内陸部と海岸部の環境下で腐食がどのように変化するかを調べた。また、ACM型腐食センサー（以下ACMセンサー）による腐食電気量の計測と飛来塩分の捕集を行い腐食環境評価の検討を行った。

2. 実験概要

暴露試験場は海岸から約 2.5km 離れ、標高約 150m の位置にある琉球大学構内（以下、内陸部）¹⁾と、海岸から約 10m 離れた那覇新港施設内（以下、海岸部）である。

2.1 暴露試験

鉄筋は SD295 A D13 で、長さ 300mm に切断して用いた。鋼板は SS400 で、幅 50mm、長さ 100mm、厚さ 5mm の黒皮を除去したものをを用いた。暴露面（約 40×90mm）以外を防錆塗料で保護し、正確な暴露面積を計測して使用した。供試体の設置方法は、鉄筋は二つのコンクリートブロックを渡して設置し、鋼板はコンクリートブロック上に平置きにした。

暴露期間は 0・4・8・12 週で、内陸部（鉄筋のみ）では平成 15 年 11 月 14 日～平成 16 年 2 月 9 日、海岸部（鉄筋と鋼板）では平成 16 年 11 月 30 日～平成 17 年 2 月 22 日にかけて試験を行った。調査項目は外観調査、発錆量調査、鉄筋引張試験の 3 項目である。なお、今回の報告では発錆量調査について行う。

2.2 ACM センサー試験、飛来塩分試験

a) ACM センサーの原理

ACM センサーは互いに絶縁された二つの異種金属(Ag, Fe)で構成される。センサーは大気環境下に放置されると降雨や結露により表面に薄い水膜を張り、それが両金属を連結して腐食電池を形成し、腐食電流を流すことになる。これを測定して解析することで、大気環境の腐食性能をモニタリングすることが可能となる。腐食電流 [$\mu A = \mu C/sec$] は図 1 のように出力され、これを時間的に積算することで腐食電気量を求めることができる。

b) ACM センサーおよび飛来塩分捕集器の設置方法

写真 1 のような土木研究所方式の飛来塩分捕集器を暴露試験場内に設置した。ACM センサーは捕集器の東西南北の方角に合わせた鉛直面に、内陸部では北側と南側の 2 面に設置し、海岸部では 4 面に設置した。

ACM センサーの暴露期間は内陸部が暴露期間 4 週の鉄筋に合わせて 1 ヶ月、海岸部は鉄筋暴露期間中と同じである。計測は 10 分間隔で行った。飛来塩分は海岸部で平成 16 年 12 月から捕集を行い、1 ヶ月ごとに回収した。

3. 暴露試験

3.1 腐食状況の暴露期間ごとの変化

暴露試験結果を表 1 に示す。また、発錆量と腐食度²⁾について暴露期間を横軸として図 2、3 に示す。

ここで、発錆量は以下のように定義した。腐食度は発錆量を dm に換算し、暴露日数で割ったものである。侵食度²⁾は腐食度を年間あたりに換算し、鋼材の密度で除した値である。

$$R = (W_0 - W_1) / (U \times L) \cdots \cdots (1)$$

R: 発錆量 [mg/cm^2], W_0 : 暴露前重量 [mg], W_1 : 暴露後重量 [mg], L: 鉄筋の長さ [cm], U: 鉄筋の公称周長 [cm]

図 2 より発錆量は暴露期間が長くなるにつれて増加する傾向にある。

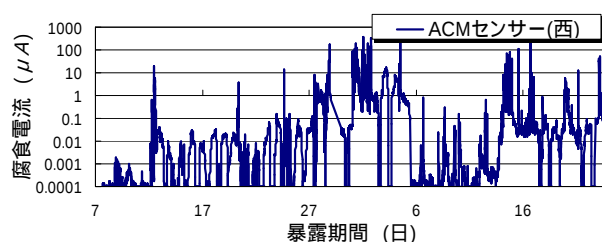


図 1 ACM センサー出力(例: 海岸部, 西側, 12/7 ~ 1/25)



写真 1 海岸部暴露試験場

表 1 鋼材暴露試験結果

	名前	暴露期間	発錆量 (mg/cm^2)	腐食度 (mda)	侵食度 (mm/y)
鉄筋	鉄筋海岸部4週(1)	11/30 ~ 12/28	3.17	11.33	0.053
	鉄筋海岸部4週(2)	12/28 ~ 1/25	5.18	18.51	0.086
	鉄筋海岸部4週(3)	1/25 ~ 2/22	3.13	11.19	0.052
	鉄筋海岸部8週(1)	11/30 ~ 1/25	7.98	14.24	0.066
	鉄筋海岸部8週(2)	12/28 ~ 2/22	5.72	10.21	0.047
	鉄筋海岸部12週	11/30 ~ 2/22	8.41	10.01	0.047
	鉄筋内陸部4週	4週	2.36	8.42	0.039
	鉄筋内陸部8週	8週	5.08	9.08	0.042
鋼板	鋼板海岸部4週	12/8 ~ 1/5	11.28	40.29	0.187
	鋼板海岸部8週	12/8 ~ 2/1	21.57	38.52	0.179
	鋼板海岸部12週	12/8 ~ 3/1	21.22	25.26	0.117

キーワード: 腐食度, 発錆量, 腐食速度, ACM センサー, 飛来塩分

連絡先: 〒903-0129 沖縄県中頭郡西原町字千原1番地

国立大学法人 琉球大学 工学部 環境建設工学科 技術職員室 TEL: 098-895-8641, FAX: 098-895-8677

図3より腐食度は今回の試験期間では暴露期間が長くなるにつれて若干減少する傾向にある。

鋼板の腐食度、発錆量が鉄筋に比べて大きいのは、鋼板の黒皮を除去して暴露したこと、設置角度が水平で降雨後の水分が溜まりやすく乾燥しにくい状況にあったためと考えられる。また、発錆量および腐食度について、全体の傾向として内陸部に対し海岸部のほうが1.1～2.2倍と大きい傾向にある。しかし、暴露期間が4週と8週の鉄筋は暴露期間をずらして複数回の試験を行っているが、内陸部とほとんど変わらない値を示した鉄筋もあり、気象の影響を考慮する必要があると考えられる。

3.2 侵食度と日平均電気量の関係

押川ら³⁾は、シェルター型暴露試験場で炭素鋼の暴露試験を行い、侵食度CR[mm/y]とACMセンサーによる日平均電気量Q[C/day]との関係を図4のように示し、その関係式を提案している。同図には本研究での実験結果を合わせて示してある。図より、本研究での侵食度と日平均電気量の関係は押川らの提案式にほぼ合致しており、ACMセンサーを用いて実際の腐食環境を評価することは有用と考えられる。

4. ACM センサー出力と飛来塩分量との関係

図5に海岸部での日平均電気量と飛来塩分量(CI⁻)との関係を示す。なお、図にはこれらの近似曲線を併示してある。図より飛来塩分量が大きくなると日平均電気量も大きくなり、腐食が進むことがわかる。ただし、限られた期間での結果であるため今後継続して計測する必要があると考えられる。

5. 飛来塩分と風向・風速との関係

飛来塩分量と風向・風速の影響を検討するために以下の諸量を定義し、それらの相関関係を調べる。

$$(\text{日平均風速}) = \sum_{\text{day}} [(\text{風向頻度指標}) \times (\text{平均風速})] / (\text{暴露日数}) \cdots (2)$$

日平均風速：平均風速と重みの積の暴露期間中の日平均。

風向頻度指標：飛来塩分捕集口の向きと風向によって定めた重み係数、ただし、今回は風向として最大風速の風向を使用。

平均風速：沖縄気象台（那覇）気象資料⁴⁾。

図6に飛来塩分量と日平均風速の関係を示す。図より北側で日平均風速が大きく飛来塩分量も多い。西側では海岸まで約10mと接近していたため飛来塩分量が多くなったと考えられる。しかし、限られた期間での結果であるため、更なる検討と計測が必要であると考えられる。

6. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 今回の暴露試験では暴露期間が長くなるにつれて鋼材の発錆量は増加し、腐食度は減少する傾向が見られた。その値は内陸部より海岸部のほうが大きい。
- 2) ACM センサーは実腐食環境を評価し得る可能性を有している。
- 3) 飛来塩分量と日平均電気量の間には比例関係が見られる。
- 4) 飛来塩分量と風向・風速の相関関係を検討した結果、正の相関があると思われる。

これらの結果に関しては、今後さらに継続して計測し、定量的な検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 淵脇秀晃，矢吹哲哉，有住康則：沖縄県における鉄筋発錆とACM型腐食センサーを用いた腐食環境評価，平成16年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.39-40，2005.3。
- 2) 日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準（案）
- 3) 押川渡，糸村昌祐，藤原正，辻川茂男：雨がかりのない条件下に暴露された炭素鋼の腐食速度とACMセンサー出力との関係，材料と環境，pp.398-403，2002。
- 4) 沖縄気象台：広報

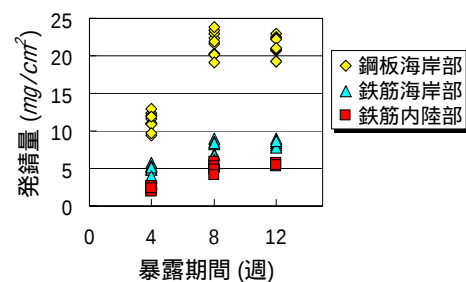


図2 発錆量と暴露期間の関係

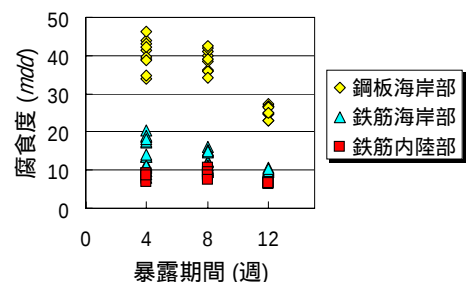


図3 腐食度と暴露期間の関係

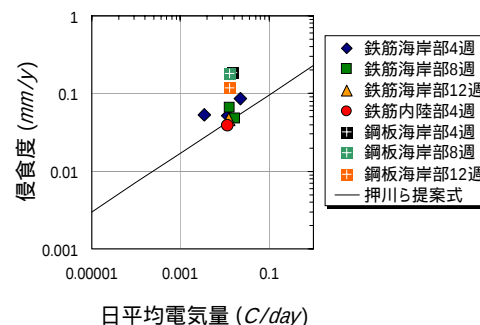


図4 侵食度と日平均電気量の関係

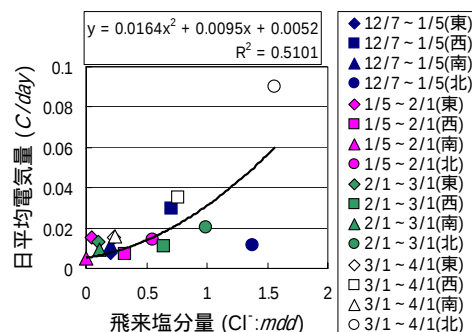


図5 日平均電気量と飛来塩分量の関係

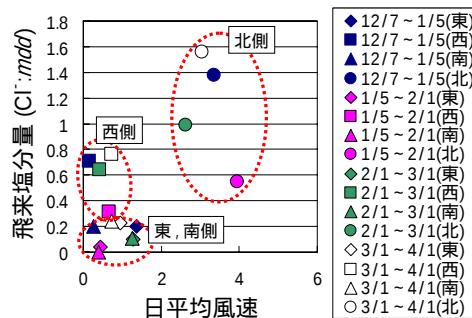


図6 飛来塩分量と日平均風速の関係