

## 沖縄県内の屋外における鋼材腐食環境評価と ACM センサーの適用性

琉球大学 正会員 淵脇秀晃, フェロ 矢吹哲哉, 正会員 有住康則  
 琉球大学 正会員 山田義智, 正会員 下里哲弘  
 沖縄建設弘済会 正会員 諸見里朋子

### 1. はじめに

鋼構造の腐食・防食対策において鋼材腐食環境を把握・評価することは維持管理上非常に重要なことである。

近年、鋼材の腐食環境評価として長期暴露試験を行うことなしに腐食環境評価が期待される ACM センサー (Atmospheric Corrosion Monitoring sensor) を用いた評価が盛んに試みられている<sup>1),2)</sup>。ACM センサーは、雨がかりのない屋内において腐食環境評価の有用性が確認されているが、屋外での適用性は、研究事例はあるものの未だ確立されていない状況である。調査箇所の沖縄本島は高温・多湿で、海岸線までの距離が東西方向に 4~20km と短く、風が強く海からの塩分も多く飛来し、鋼材の腐食にとって非常に厳しい環境である。しかし、沖縄県において、共用から 28 年経過した耐候性鋼橋が保護性錆を形成した実例があることから、腐食環境を評価することは構造物を構築する上で非常に重要である。

そこで本研究では、沖縄における鋼材腐食環境の評価を目的として内陸部と海岸部での鋼板暴露試験、雨がかり下での ACM センサー試験を行い、その適用性を検討した。

### 2. 実験概要

表 1 に試験場所、西海岸までの距離、試験項目、設置方角を示す。試験期間は 2006 年 1 月から 2007 年 1 月の 13 ヶ月である。以下に実験内容を示す。

#### 2.1 鋼板暴露試験

試験体は縦 130 × 横 50 × 厚 3.2mm の普通鋼板 (SM400) を用いた。ACM センサーの検知面と同様の条件とするため鋼板の裏面と側面はアルミ蒸着テープで被覆し暴露面は縦 100 × 横 40mm とした。試験体は海岸部で東西南北の 4 方角、他の試験場では南北の 2 方角に暴露面を向けて垂直に設置した。1 試験体の暴露期間は約 1 ヶ月とした。除錆方法は JIS Z 2383 および文献 3) に準じて塩酸法で行った。

#### 2.2 ACM センサー試験

ACM センサーは写真 1 に示すように飛来塩分捕集口と同じ面に設置した。設置方角は海岸部で東西南北の 4 方角、他は南北の 2 方角に向けて垂直に設置した。このセンサーから出力される電流値をデータロガーに 10 分間隔で記録した。また、気温と湿度も同時に記録した。

ACM センサーは互いに絶縁された二つの Ag, Fe の異種金属のタイプを用いた。降雨や結露により両金属が連結した際の腐食電流 [  $\mu A = \mu C/sec$  ] を時間的に積算し、腐食電気量 [ C ] を求めた。

### 3. ACM センサーの適用性

表 1 実験概要

試験場所	西海岸までの距離	試験項目	設置方角
内陸部	4700m (東海岸まで: 2500m)	鋼板暴露試験	南,北
		ACMセンサー試験	南,北
海岸部	10m	鋼板暴露試験	東,西,南,北
		ACMセンサー試験	東,西,南,北
海岸部付近	750m	鋼板暴露試験	南,北
		ACMセンサー試験	南,北
国道沿 (国道58号線沿)	1800m	鋼板暴露試験	南,北
		ACMセンサー試験	南,北

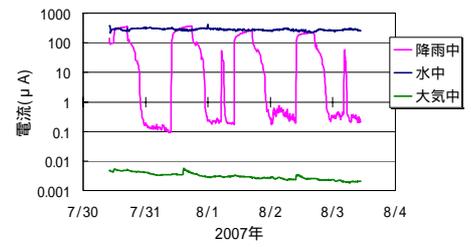
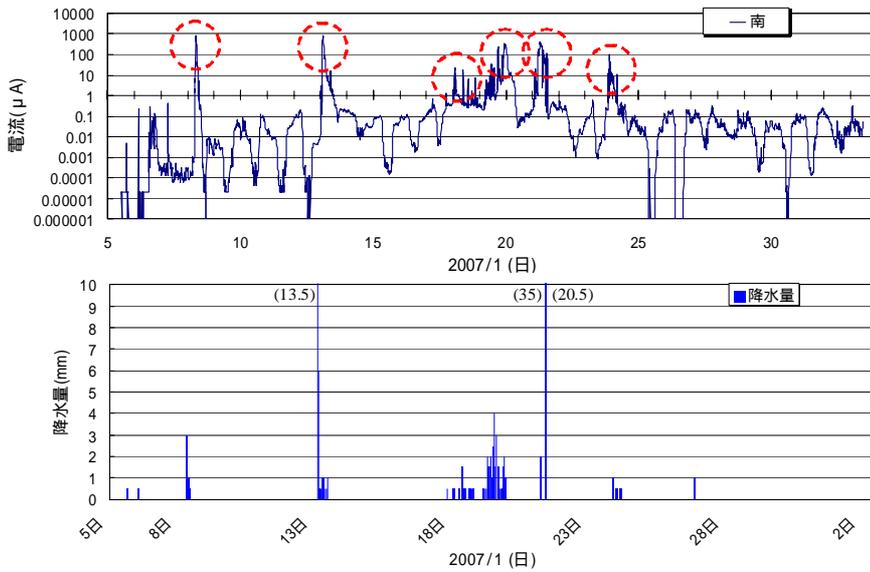
#### 3.1 ACM センサーの出力電流

ACM センサー出力の電流から電気量を算出し、電気量から鋼材腐食速度を算出する評価式が提案されている。ただし、この式は雨が直接かからない屋内環境での腐食を対象としている。本研究は ACM センサーを雨がかりのある屋外で使用した場合の鋼材腐食を評価することを目的としているため、屋外での適用性を検証した。ここで屋内環境と屋外環境の鋼材腐食環境要因の違いは、雨がかりの有無と風の影響が抑制されるか抑制されないかの違いである。

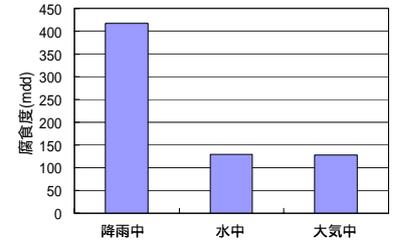
屋外暴露試験場で得られた電流値と降雨の経時変化を図 1 に示す。ここで用いた降水量は、那覇気象台公開資料によるものである。この図より降雨のあった時間帯で ACM センサーは著しく反応しているのが分かる。その値は降雨のない時間帯と比較して約 10,000 倍とかなり大きな電流値が得られている。この電流値から腐食電気量を算出した場合、雨時の電気量がほとんどを占める。鋼材腐食速度の評価において、結露時と降雨時でしきい値を設け<sup>4)</sup>、降雨時電気量を除外して取扱うことも考えられる。しかし、降雨時には鋼板腐食が促進されるため、降雨の影響は無視できない。よって、ACM センサーの雨がかりのある屋外での使用は、腐食速度の評価において降雨時の電流値の評価が重要である。

#### 3.2 人工降雨による ACM センサー試験

ACM センサーの雨がかりの影響を検証するために簡易的な人工降雨装置を用いて、降雨中、水中、大気中の 3 つの条件下で、鋼板腐食試験および ACM センサー試験を行った。降雨時間は一日あたり約 7 時間とし、4 日間行った。図 2-(a) に降雨中、水中、大気中を想定した ACM センサーの電流値を、図 2-(b) に鋼板腐食度を示す。これらの図において降雨時の電流値は水中浸漬とほぼ同じ値で 400  $\mu A$  程度を示し、降雨状態を止めたときで 0.1~0.7  $\mu A$  と低下する。鋼板腐食度は降雨中が一番大きく、水中と大気中はほとんど差がなかった。水中では酸素の供給、大気中では水分の供給が少ない



a) ACM センサー出力



b) 鋼板腐食度

図2 人工降雨実験結果

図1 ACM センサー出力と降水量の検討ためと考えられる。以上のことより、ACM センサーの電流量は水の影響により、大気中の500倍以上大きくなるが、鋼板の腐食度はその量に相当した値となっていない。

3.3 鋼板腐食度と日平均電流量

ACM センサーから鋼材の腐食速度を評価する際、降雨があった時間の、電流値は急激に大きくなるため、その取扱いには注意が必要であることは3.2節で確認した。しかし、鋼板腐食度に対する雨の影響は大きい。よって、結露時と降雨時の電流のしきい値を  $1\mu A$  とした<sup>4)</sup>。降雨電流量を含まない電流量(日平均電流量)と、降雨電流量を含む電流量(日平均総電流量)を算出して鋼板腐食度との関係を考察する。図3に鋼板の腐食速度とACM センサー出力の日平均電流量および日平均総電流量との関係を示す。腐食速度は式(1)に示すように腐食度を年間あたりに換算し、鉄の密度で除した値である。

$$CR=C \times 365 \times 10^{-3} / \rho_{Fe} \dots \dots \dots (1)$$

CR: 腐食速度 [ mm/y ],  $\rho_{Fe}$ : 鉄密度 [ g/cm<sup>3</sup> ]

C: 腐食度 [ mdd ]

また、同図には日平均電流量、日平均総電流量をプロットし、雨がかり下での鋼板腐食速度およびACM センサーの電流量との関係を比較考察する目的で検討式1,2を示す。図より、屋外の検討式1は屋内環境評価式<sup>2)</sup>と比較して、腐食環境が厳しい状態になることを示し、屋外の検討式2は屋内環境評価式と比較して、腐食環境が厳しくないことを示している。しかしながら、雨がかりのACM センサー出力値を全て考慮するのは過大であるため、これらに関してはさらに研究していく必要がある。よって、雨がかり下でのACM センサーの腐食環境評価では降雨の影響を適切に補正することが必要である。

4. まとめ

本研究で、得られた結果を以下にまとめる。

- (1) 雨が鋼板腐食に与える影響は大きい。

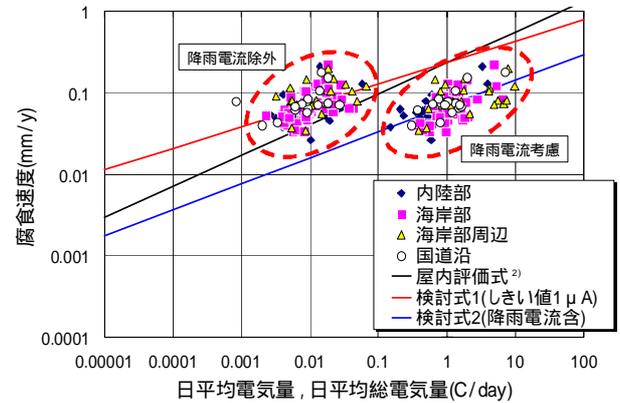


図3 鋼板腐食速度と日平均電流量の関係

(2) 雨がかり下のACM センサーを用いた腐食環境評価は降雨の影響を考慮した補正が必要である。

【参考文献】

- 1) 例えば、淵脇秀晃, 矢吹哲哉, 有住康則, 山田義智, 下里哲弘, 諸見里朋子: 沖縄地域におけるACM センサーを用いた濡れ時間と鋼板腐食の相関評価 - 沖縄本島海岸部, 内陸部を事例として - 土木学会第62回年次学術講演会, I-394, pp.783-784, 2007.9.
- 2) 例えば、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, Vol.51, No.9, pp.398-403, 2002.
- 3) (社)腐食防食協会: 第145回腐食防食シンポジウム資料 [主題] 鋼橋防食技術・新パラダイム具現化へのさびサイエンス, 2004年6月
- 4) 例えば、元田慎一, 鈴木楊之助, 篠原正, 辻川茂男, 押川渡, 糸村昌祐, 福島敏郎, 出雲茂人: ACM 型腐食センサーで測定した海洋性大気の腐食環境条件の年変化, 材料と環境, Vol.44, No.4, pp.218~225, 1995.