

# ACM センサーによる屋外での発錆評価について

構造研究室 035317F 大城 貴哉 015342H 世良田 圭祐

## 1. 目的

沖縄県は高温多湿で、周囲を海に囲まれており、海塩粒子の飛散等により、鋼材の腐食しやすい環境下にある。このような厳しい環境下で、鋼板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する上で極めて重要なことである。本研究では、腐食環境の厳しい海岸部及び比較のため内陸部において、鋼板の暴露試験を行い、発錆状況の変化を調べた。更に、ACMセンサーによる屋外での腐食電流の測定を行い、これを用いて内陸部と海岸部の発錆評価を行った。

## 2. 実験概要

### 1) 暴露方法

#### ① 暴露場所

暴露は、琉球大学構内（内陸部）、那覇新港海岸部（海岸部）、那覇港湾近傍事務所ビル屋上（海岸部屋上1）浦添市勢理客58号線沿い事務所屋上（海岸部屋上2）、に設置した暴露実験場で行った。

#### ② 暴露試験体

実験に用いた鋼板は、幅50mm、長さ120mm、厚さ3.2mmのものを用い、暴露面以外をアルミ蒸着テープによって保護し、正確な暴露面積(40mm×100mm)を測定した。試験片はそれぞれ内陸部に南北2方向各8枚、海岸部に東西南北4方向各6枚、海岸部屋上1に南北2方向各8枚、海岸部屋上2に南北2方向各6枚設置した。

### 2) 暴露試験調査項目

#### ① 外観調査

所定の鋼板供試体を暴露試験場で暴露させた後、鋼板の発錆状態を目視及び写真撮影によって観察した。

#### ② 発錆量測定

鋼板供試体は、暴露前に面積と重量の測定を行った後、暴露した。上記の期間暴露させた後、鋼板供試体はアルミ蒸着テープを除去し、除錆後、重量を測定した。除錆は、JIS Z 2371 及び「腐食減耗評価方法の高精度化（さび付き鋼材の除錆方法）」（社団法人 腐食防食協会）に従って行った。

### 3) ACM 腐食センサーの原理

二つの異種金属 (Fe/Ag) を互いに絶縁した状態で大気環境中に暴露すると、降雨や結露により表面に薄い水膜ができる。この水膜が両金属間を連結した時、腐食電池が形成され両金属間に腐食電流が流れる。この電流を測定し解析することにより、この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。この原理を用いたのがACM型腐食センサーである。そのACMセンサーを用いた測定では、温度・湿度・腐食電流が計測され、このデータを解析することで腐食電気量や結露、乾燥および降雨のそれぞれの時間を求めることができる。

## 3. 実験結果

### 1) 鋼板暴露試験

#### ① 鋼板暴露試験外観調査

写真1に外観調査結果の一例として、0週、1週、2週、3週、4週の海岸部の暴露後鋼板の発錆状況を示す。写真より、設置後1~2週間は点状の錆がまばらに発生し、その後むらはあるものの錆は全体に広がり、1ヶ月後には全体に細かい錆が全面を均一に覆った状態が観察された。錆の色調は、赤褐色から褐色へと変わり、更に暗褐色へと変化していった。また、月毎に発錆状況を見てみると、夏は南側試験片の発錆が顕著であり、冬になるにつれて北側が錆びているように外観から見て取れた。また、降雨後、試験片の錆は急速に進むことも観察された。



0週 1週 2週 3週 4週

写真1 鋼板の発錆状況

#### ② 腐食評価

暴露鉄筋・鋼板の腐食は、次式より評価した。腐食度、発錆量、侵食度を用い、それぞれ次式のように定義される。

$$C = (W_0 - W_1) / (A \times D) \dots\dots (1)$$

C; 腐食度 (mdd) W<sub>0</sub>; 暴露前重量 (mg) W<sub>1</sub>; 除錆後重量 (mg)  
A; 暴露面積 (dm<sup>2</sup>) D; 試験日数 (day)

$$R = (W_0 - W_1) / A \dots\dots\dots (2)$$

R; 発錆量 (mg/cm<sup>2</sup>) W<sub>0</sub>; 暴露前重量 (mg) W<sub>1</sub>; 除錆後重量 (mg)  
A; 暴露面積 (cm<sup>2</sup>)

$$CR = C \times 365 \times 10^4 \rho \dots\dots\dots (3)$$

CR; 侵食度 (mm/y) C; 腐食度 (mdd) ρ; 鋼材の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

測定結果を用いて算定した場所毎の腐食度の一例 (内陸部, 海岸部を図1~図4に示す。これらの図から明らかな様に、7月が発錆量、腐食度、侵食度ともに大きな値を示している。季節別に見てみると、ほとんどの場所で4月から9月まで南の数値が大きく、逆に10月から3月までは北の数値が大きくなる傾向が見られた。場所別に見てみると、内陸部よりも海岸部の方が比較的大きな数値を示した。

## 2) 発錆評価

押川らはACMセンサー出力データ解析で得られた日平均電気量 (Q/day) と侵食度 CR の関係を次式で提案している<sup>3)</sup>。日平均電気量は腐食電流を経過時間分積算し、経過日数で割った値である。

$$\text{LogCR (mm/y)} = 0.3781 \log Q \text{ (c/day)} - 0.636 \dots (4)$$

今回、測定結果は図5より式(4)の値よりも実測で得られた鋼板の値は大きな値を示した。これは、押川らの実験が雨がかりのない条件下 (屋内) で行われたデータに基づいているのに比べて、本研究の場合は、鋼板が暴露期間中風雨に曝されている。乾燥しにくい状態だったからと思われる。図6に、腐食度 (mdd) と濡れ時間 (h/day) の関係を示す。ISOの基準に基づき、各測定場所の湿度が80%以上の時間を積算し経過日数で割った値を濡れ時間と定義した。梅雨時期の5月、6月と台風の影響が考えられる期間の7月、8月は、濡れ時間が大きい。その4ヶ月のデータを除くと、各測定場所別に見れば、濡れ時間と腐食度にゆるやかではあるが比例の関係が見られた。

## 4. 結論

本研究で得られた結果は以下の通りである

- 1) 錆は、まばらに発生し、その後むらはあるものの全体に広がり、最終的には細かい錆が全面を均一に覆っていく。
- 2) 錆の色調は、赤褐色から褐色へと変わり、更に暗褐色へと変化していく。
- 3) 鋼板の腐食度は内陸部より海岸部のほうが大きい。
- 4) 季節別に腐食度を比べると、夏は南側が大きく冬は北側が大きい。
- 5) 暴露の状況が異なったため大きな値を示したが、日平均電気量と侵食度の相関は、押川らによって提案された式と定性的には近いものとなった。
- 6) 腐食度と濡れ時間は、それぞれ測定場所毎にゆるやかではあるが比例の関係がみられた。

## 参考文献

- 1) 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)
- 2) 上野・棚原・中村・益山：ACMセンサーと飛来塩分捕集器による錆環境評価、平成17年度琉球大学工学部卒業論文
- 3) 押川渡、他：雨がかりのない条件化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

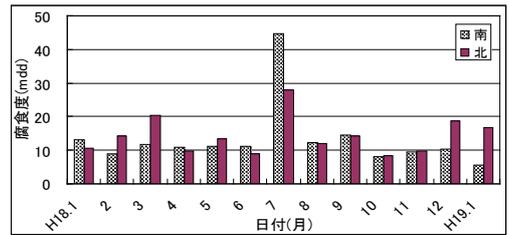


図1 内陸部の腐食度

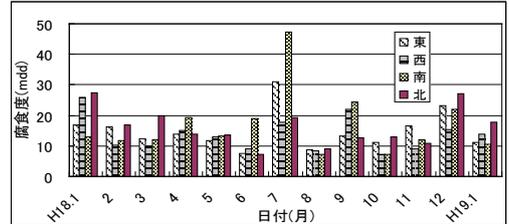


図2 海岸部の腐食度

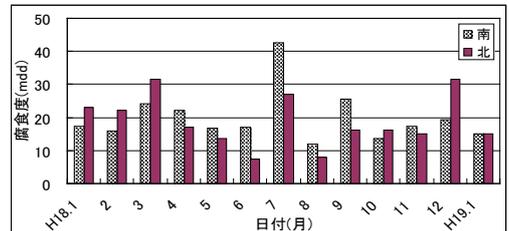


図3 海岸部屋上1の腐食度

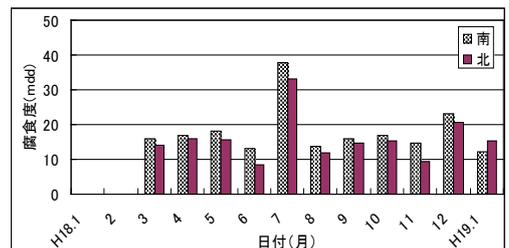


図4 海岸部屋上2の腐食度

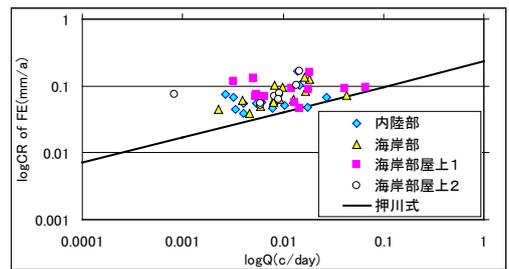


図5 日平均電気量と侵食度

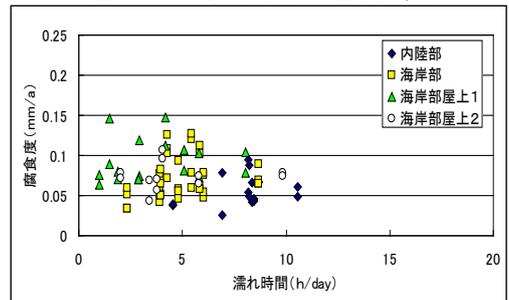


図6 腐食度と濡れ時間

$$C = (W_0 - W_1) / (A \times D) \dots\dots (1)$$

C ; 腐食度 (mdd)     $W_0$  ; 暴露前重量 (mg)     $W_1$  ; 除錆後重量 (mg)

A ; 暴露面積 (dm<sup>2</sup>)    D ; 試験日数 (day)

$$R = (W_0 - W_1) / A \dots\dots (2)$$

R ; 発錆量 (mg/cm<sup>2</sup>)     $W_0$  ; 暴露前重量 (mg)     $W_1$  ; 除錆後重量 (mg)

A ; 暴露面積 (cm<sup>2</sup>)

$$CR = C \times 365 \times 10^4 \rho \dots\dots (3)$$

CR ; 侵食度 (mm/y)    C ; 腐食度 (mdd)     $\rho$  ; 鋼材の密度 (g/cm<sup>3</sup>)

