

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560575

研究課題名(和文)実環境相似型腐食促進試験方法の開発と環境評価手法に関する研究

研究課題名(英文) Study on Accelerated corrosion test for Simulated the Atmosphere and method for Evaluating Corrosivity Environment

研究代表者

押川 渡 (OSHIKAWA, WATARU)

琉球大学・工学部・准教授

研究者番号：80224228

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,200,000円、(間接経費) 1,260,000円

研究成果の概要(和文)：社会資本の維持管理のため、実験室加速試験方法の開発および腐食性評価を簡便にできる亜鉛めっき鋼板センサを開発した。大気環境が海塩量と濡れで定義できるので、海塩を所定の量だけ付着させる塩付着装置を開発し、恒温恒湿試験を行い、海塩と温度、湿度の影響を定量的に評価し、促進試験の基礎データを獲得した。促進条件については今後検討する。環境の腐食性評価には、市販の亜鉛めっき鋼板を暴露するだけで、1年後の赤さび発生面積率が鋼材の腐食速度と対応することがわかった。これにより、簡便に腐食性評価が可能となる見通しが得られた。

研究成果の概要(英文)：To maintain the infrastructure made from steel, the accelerated corrosion test and the evaluation of corrosivity were developed. Because an atmospheric environment was able to be defined by the amount of the sea salt and wet conditions, the device which was able to put the sea salt was developed. The effect which the amount of the sea salt induced on corrosion was examined under the environment by which the temperature and humidity were controlled. The detailed condition will be examined in the future. The evaluation of corrosivity was conducted by exposing galvanized steel. The rust area rate of the galvanized steel has grown by the amount of corrosion of steel large. As a result, the evaluation of corrosivity will become to be easy.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・維持管理工学

キーワード：腐食性j評価 ACMセンサ 亜鉛めっき鋼板 赤さび発生面積率 海塩

1. 研究開始当初の背景

昭和 30 年代に建設された鋼橋が、40～50 年が経過し、劣化損傷が多発する危険性が高まりつつある。点検、診断、補強等の信頼性が十分に確保されるような維持管理手法の開発が大きな課題となっている。

耐候性鋼材は、さびでさびを防ぐという特性を生かし、橋梁をはじめとする多くの鋼構造物に利用されてきている。しかし、飛来塩分の多い地域など腐食環境が厳しい地域での適用や不適切な維持管理の結果、問題が生じている例が見られるのも事実である。沖縄県では飛来塩分量が多く、耐候性鋼の適用は困難な地域であるが、適用指針以前に建設された山間部にある耐候性橋梁は十分な耐食性を維持している例もあり、実際の環境の腐食性を評価する必要がある。

環境の腐食性は ACM センサ等を利用することで評価可能ではあるが、少なくとも 1 年間は必要であると考えている。また、安価にできれば利用価値は広がるであろう。それでも、その 1 年間の評価をもって長期の耐食性あるいは長期寿命を判定するには信頼性は十分とはいえず、長期の試験が必要であろう。長期の試験は最も信頼性があるものの、評価判定にも長期を必要とし、欠点でもある。そこで、長期の試験に代わる方法として、腐食促進試験が行われている。最近では、塩水噴霧試験、塩乾湿複合サイクル試験やその改良版等が提案されている。しかし、鋼種間のスクリーニングは可能とされているが、実際の長期の腐食試験結果との相違、特にさび層の相違が指摘されており、促進試験自体が困難との意見もある。実環境を模擬した促進試験法の開発が望まれている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の 2 点である。

実環境を模擬した腐食促進試験法の確立、簡易小型センサによる腐食環境評価の確立

腐食促進倍率は少々犠牲にして、多少時間がかかろうとも、実際の腐食環境を模擬した腐食促進試験の開発を目指すものである。実際の環境については、沖縄での種々の暴露試験データを保有しており、また、実際の橋梁での腐食モニタリングデータも豊富にある。それらの基礎データを基に、海塩の付着量を均一に一定量付着させ、気温・湿度を変動させたサイクル試験を行う。

簡易小型センサによる環境評価は、種々の小型試験片を環境に設置するだけで、現場での環境評価に適用するものである。これまでは高価な ACM センサを利用してきたが、安価に簡便に評価することを可能にする。これにより、広いエリアで同時測定することで腐食環境マップの作成が可能となる。

3. 研究の方法

環境の腐食性評価には、めっき厚さ 7 μ m

の市販の亜鉛めっき鋼板試験片および Cr 量を変化させたステンレス鋼試験片の腐食外観評価をもってできる簡便評価法の確立を目指す。また、実環境を模擬した加速試験方法を確立するために、屋外での通常の暴露試験をさらに加速させるための塩水散布条件を検討するとともに、実験室においても大気を模擬した温度と湿度条件の下で、塩付着による加速性を高める。塩付着には実際の塩付着状況を模擬した粒径を再現できる超音波霧化装置により、塩濃度を種々変化させることが可能である。実験室加速試験および屋外加速試験の結果を統合させ、通常暴露試験の長期寿命予測が可能となる加速試験方法を確立させる。

4. 研究成果

環境の腐食性を評価するための簡易小型腐食センサは、市販の亜鉛めっき鋼板試験片を用いて 5 カ所の暴露地において、2 年暴露試験で検討した。めっき厚さ約 7 μ m、板厚 0.8mm の試験片において、腐食環境の厳しさを反映して、試験片端面から亜鉛が溶解し、下地の鋼が腐食していき、表面に赤さびとして観察される。その赤さび発生面積率(%)を評価項目とした。一般的に、大気暴露試験において、腐食深さ d(mm)、暴露期間 t(y)の関係は、 $d=at^b$ の形式 (a, n は定数) で表される。画像処理で求めた赤さび発生面積率を、それぞれの暴露地の腐食環境を表す a 値と n 値をマトリックスとする図 1 にプロットした。ここで、a は 1 年目の腐食深さに相当する。また b は腐食の進行具合を表す。b > 1 は、腐食生成物による腐食抑制効果が期待できないことを意味しており、b > 1 の暴露地では、a 値が低くても、赤さび発生面積率も高くなっていた。今後、種々の暴露地および実験室加速試験装置での結果との比較を行う必要がある。

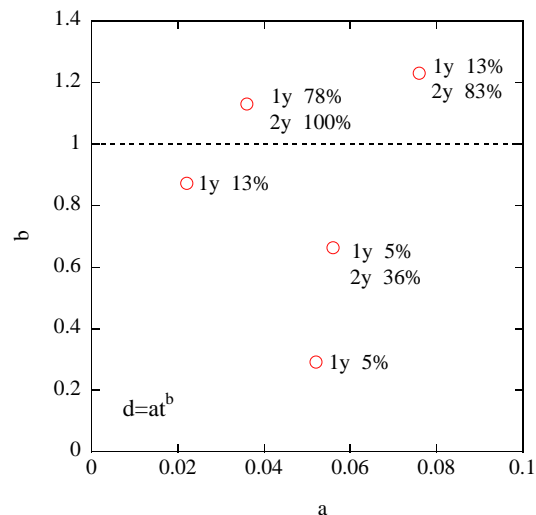


図 1 赤さび発生面積率と腐食環境の関係

実環境を模擬した腐食促進試験法では、腐食を促進させすぎずに、適度に促進させることを念頭においている。これまで塩付着 乾湿 湿潤サイクルが可能な塩乾湿複合サイクル試験機で腐食促進を行ったが、サイクル時間とともに、表面の海塩付着量は異常に多くなる。そのため、腐食促進は達成されるものの、実環境下ではあり得ないほどの海塩付着状態となっており、実際の腐食状態とは言えない場合がある。そこで、腐食要因としての海塩の付着量を実環境に合わせて与えるという発想の下、一定量の海塩付着ができる装置の検討を行った。

まず、水晶板を振動させることで海水を霧状化できる超音波霧化装置を用いた。容器内に試験片をセットし、海水を霧状化させる時間を変更させ、取り出し後の海塩の付着量と分布状況を観察した。ある程度の付着量は達成し、ほぼ均一な分布にはなるものの、超音波霧化装置そのものが時間とともに劣化し、海塩付着量の変動が大きいことが欠点となった。そこで、市販のインクジェットプリンターに、インクの代わりに海水を注入し、印刷を試みた。CD版に3cm×3cmの試験片が4枚はめ込めるように加工した。印刷時の設定で、濃さ(標準, 濃く, より濃く)よりも、色の種類(黒, 灰)で黒を選択する方が多く付着した。海塩付着量を実際の環境に近い $W_s=1\text{g/m}^2$ にするには、印刷回数を増やす必要があり、プリンターの機種で異なっていた。いずれの装置でも粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の海塩を付着させることが可能であった。しかし、付着させる試験片が3cm×3cmと小さいため、通常の暴露試験片のサイズまで可能な装置の検討を行った。コンプレッサーと2流体ノズルを用いて霧状化させ、Xステージを一定速度で移動させる方式を採用した。移動速度あるいは海水濃度を希釈して調整することで、海塩付着量を制御可能であり、 $150\times 70\text{mm}$ の試験片にも均一に分布させることが可能となった。

一定量の海塩を付着させた試験片を一定温度、一定湿度条件下に暴露し、その腐食速度を比較した。図2に示すように、海塩付着量が多いほど、相対湿度が高いほど腐食速度が大きくなる。これは表面に形成される水膜厚さが厚くなるためと考えられる。本データは、腐食因子である温度、相対湿度、海塩量を一定とした場合の腐食速度への影響を定量的に評価した。今後、実環境と同様の温度湿度変化を与えた場合の腐食速度を論ずるための基礎データとして非常に有用となる。

一方、実環境中での炭素鋼(Fe)と亜鉛めっき鋼(Zn)の腐食量の比較を行った。Fe/Znの腐食速度比は、20~160とかなり広範囲で変動した。暴露期間が短いため、今後も継続する必要があるが、文献調査において、長期でもFe/Znの腐食速度比は14~35あり、実際の環境別に異なることが示唆される。した

がって、腐食環境に応じたサイクル条件を設定する必要があるといえる。

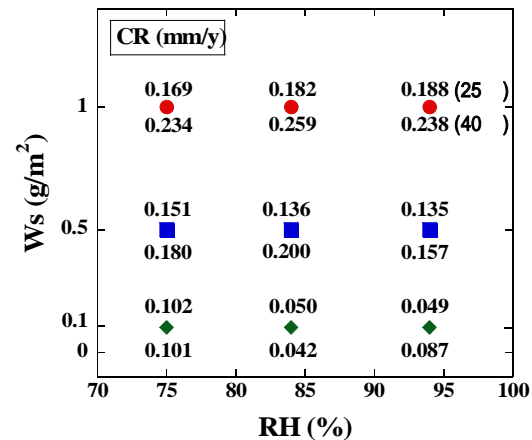


図2 腐食速度に及ぼす海塩量と相対湿度

実験室中での腐食促進に対し、実環境中で促進できると評価時間の短縮が図られる。そこで、実環境での暴露試験時に1日1回塩を与える工程を加える実環境中での加速試験も行った。人工海水に加え、その10倍希釈水、100倍希釈水を1日1回、試験片表面に刷毛塗りした。その際の腐食深さ $d(\text{mm})$ 、暴露期間 $t(\text{y})$ の関係を図3に示す。図には $d=at^b$ で近似した場合の a と n の値も示した。

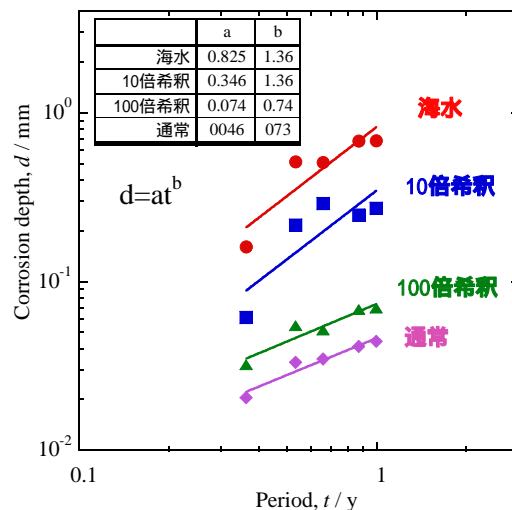


図3 実環境での海水塗布促進試験結果

腐食の進展速度を表す b 値が、通常暴露の $b=0.73$ に比較して、海水とその10倍希釈水を塗布した場合は $b=1.36$ となり、腐食抑制効果が期待できない。これは、宮古島での暴露試験の結果 ($a=0.062$, $b=1.30$) の b 値とほぼ一致する。100倍希釈水は通常暴露に比べ、 b 値はほぼ同じで、 a 値のみ高くなっている。これらの結果より実環境暴露試験において、海塩を塗布することにより、腐食促進が図られることが判明した。100倍希釈海水であれば、 a 値のみ増大させ、 b 値は変化させない結果が得られた。このことは、初期腐食量のみを増加させた試験が可能となることを示

唆するもので、今後、希釈する濃度と塗布する頻度等を最適化すれば、実環境中での加速試験が可能となるであろう。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

押川 渡：社会資本の維持管理技術確立のための腐食環境評価，表面技術，査読無し，Vol.64 ，2013 ，p.159-164

〔学会発表〕(計 1 件)

押川 渡，佐藤聡祐，豊嶋健太，中野 敦：インクジェットプリンタを用いた定量海塩付着装置，材料と環境 2012 ，p.245-248

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者 押川 渡

研究者番号：80224228

(2)研究分担者 なし

研究者番号：

(3)連携研究者 なし

()

研究者番号：