

アメダス観測データを用いた山陰地方における腐食減耗量の推定

松江工業高等専門学校 正会員 ○広瀬 望
松江工業高等専門学校 学生会員 木村 泰
松江工業高等専門学校 正会員 武邊勝道
松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠

1. はじめに

耐候性鋼材はさびでさびを制するというユニークな特性ゆえに橋梁をはじめとする多くの実構造物に適用されてきた。その結果、構造物の維持管理コスト低減に成功している事例が多い。しかし、飛来塩分の多い海浜地域や凍結防止剤散布の影響を受ける部位などに不用意に適用した場合、問題が生じることもある。これらの問題は耐候性鋼材の防食機能自体に問題があったわけではなく、環境と材料の整合性の検討過程において、照査指標体系が未整備であったことを示唆している。そのため、ミニマムメンテナンスによる長寿命化を安全・安心に実現するためには、計画・設計段階での環境の吟味と適正な材料選定プロセスにおける判断精度を向上する必要があると考える。そこで、設計段階において、架橋対象地点の飛来塩分量や気象要素(気温、風向・風速、湿度)を観測し、腐食環境を精査し、耐候性鋼橋梁の建設計画を立案することが求められている。しかし、橋梁を100年近く維持する観点から、数年以上の詳細な観測を実施しなければ、架橋地点の普遍的な腐食環境は把握できない。加えて、対象地点の観測のみでは、観測地点の周辺を含めた地域的な腐食環境を解析できない。そのため、筆者らは腐食環境評価の高度化を行い、より汎用的な腐食環境評価マップを作成するための基礎的検討を行ってきた。特に、架橋予定地域の詳細な気象観測は労力を要するものの、気象庁の気象観測網を使用することができれば、広域の腐食環境をより容易に把握することが可能になる。

そこで、本研究では、気象庁地上観測の気象観測データに着目し、紀平ら(2005)に基づき、中国地方における長期的な腐食環境の評価を目的とする。具体的には、1961年から2008年までの気象要素(風速、気温、湿度)を用いて、局部環境腐食性指標を算出し、100年後の腐食量を予測する。その結果を検討し、長期的な傾向を明らかにするとともに、地域的な特徴を議論する。なお、飛来塩分量は耐候性鋼材の腐食環境を左右する重要なパラメータである。しかしながら、その長期観測データがない。そこで、本研究では、山陰地方における飛来塩分量の観測結果に近い値を使用して、飛来塩分量以外のパラメータの影響を検討する。

2. 局部環境腐食性指標の概要

大気環境腐食性評価指標 Z は、式(1)で定義される。

$$Z = 10^6 \cdot TOW \cdot \exp(-0.1 \cdot W) \cdot \frac{C + 0.05 \cdot S}{1 + 10 \cdot C \cdot S} \cdot \exp\left(\frac{-50(kJ/mol \cdot K)}{R \cdot T}\right) \quad (1)$$

ここで、 TOW は年間ぬれ時間を、 W は年平均風速を、

C は飛来塩分量を、 S は硫酸化物量を、 T は気温をそれぞれ示し、 R は気体定数である。式(2)より推定した局部環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ と腐食パラメータ B_{SMA} を式(3)に代入し、累積腐食減耗量 Y [mm] を推定する。

$$\text{水平曝露材: } A_{SMA}^H(Z) = 0.1517 \cdot Z + 0.0086720$$

$$\text{垂直曝露材: } A_{SMA}^V(Z) = 0.051121 \cdot Z^3 - 0.13448 \cdot Z^2 + 0.13683 \cdot Z + 0.0029258$$

$$Y = A_{SMA} \cdot X^{B_{SMA}} \quad (2)$$

$$Y = A_{SMA} \cdot X^{B_{SMA}} \quad (3)$$

ここで、 X は期間を示した。 $X=100$ 年とすれば、100年後の SMA 材の腐食量を推定できる。 SMA 耐候性鋼は50年で片側0.3[mm]以内の腐食減耗に収まると予測される環境条件で使用可能である。

3. 年間ぬれ時間の算出方法

年間ぬれ時間の定義は二つあり、算出方法が異なる。年間ぬれ時間 TOW_{76} は湿度が76%に達した時間を年間で積算したものである。もう一つは $ISO\ 9223\ Standard$ (気温>0°C、湿度>80%を満たす時間)の定義より、式(4)を用いて、年間ぬれ時間 TOW_{ISO} を求める。

$$TOW_{ISO} = 8766 \cdot P_1(Rh) \cdot P_2(T) \quad (4)$$

ここで、 P_1 、 P_2 は年平均湿度 (Rh) 及び年平均気温 (T) の確率密度関数であり、紀平ら(2005)を参考に求めた。

4. 使用したデータ

本研究では、1961年から2008年までの約50年間にわたる気象庁地上観測より気温、風速、湿度の時間データを用いた。図1に本研究の対象地点(松江、米子、境、鳥取、西郷、浜田、広島、福山、岡山)を示した。

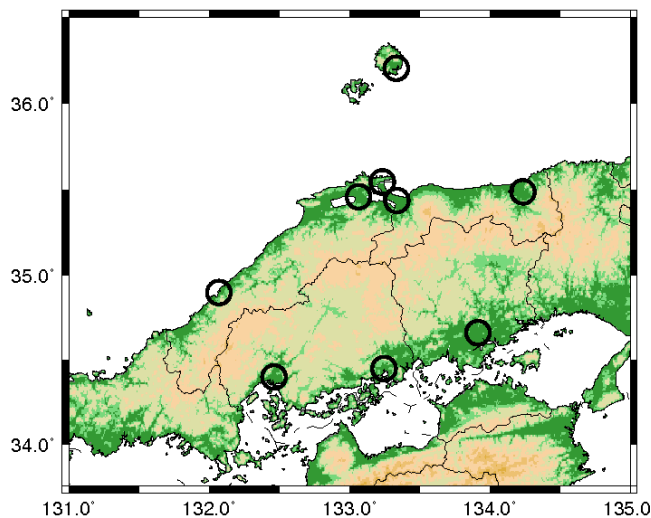


図1 本研究で対象とした観測地点(O)を図示した

5. 地上観測データに基づく腐食量 Y_{100} の妥当性

腐食の進行が大きい水平暴露材に着目し、図 1 の各地点における 100 年後の腐食量 Y_{100} を式(1)～式(3)より求めた。設計共用期間 100 年に対応する適用環境限界内であれば、片側累積腐食量 0.5mm と予測される。なお、 Y_{100} の推定には、年間ぬれ時間は TOW_{ISO} を用いた。飛来塩分量 $C=0.05, 0.2$ [mdd], $S=0$ とした。

これまでの観測結果では、松江市周辺部における総合的な腐食環境調査結果では、2006 年から 2008 年における飛来塩分量の変動幅は、ガーゼ法で 0.076～1.122 [mdd]、土研法で 0.007～0.164[mdd]であった。また、一年程度の腐食減耗量に基づく 100 年後の腐食量の予測結果 Y_{100} は 0.129～0.333[mm]であった。

飛来塩分量 $C=0.05$ [mdd]として、算出した結果、山陰地方における Y_{100} の年々変動は 0.32mm～0.34mm の間を推移する。一方、飛来塩分量 $C=0.2$ [mdd]の場合、 Y_{100} の年々変動幅は、1.5mm～3.0mm の間をであった。したがって、飛来塩分量 $C=0.05$ [mdd]を用いれば、気象庁地上観測データでも、現地観測結果と同様な結果が得られることがわかった。しかし、飛来塩分量の違いは腐食量の予測結果を大きく左右するため、飛来塩分量の年々変動把握が大きな課題である。

6. 腐食量 Y_{100} の長期変動の特徴

1961 年から 2008 年までの Y_{100} の長期傾向を検討するため、各地点の回帰直線の傾き α と決定定数 R^2 の傾向を整理した(表 1, 2)。なお、年間ぬれ時間は TOW_{ISO} を用いた。飛来塩分量 $C=0.05$ [mdd], $S=0$ とした。

山陽地方の各地点では、負の勾配を示した。特に岡山では、その傾向が顕著である。これは、年平均湿度が減少傾向であるため、年間濡れ時間が減少するためである。一方、山陰地方の各地点では、長期的な傾向が見られなかった。

表 1 山陽地方における Y_{100} の長期変動の勾配 α と決定定数 R^2 の比較

	広島	福山	岡山
$\alpha \times 10^{-4}$	-1.00	-0.50	-2.00
R^2	0.456	0.187	0.698

表 2 山陰地方における Y_{100} の長期変動の勾配 α と決定定数 R^2 の比較

	松江	浜田	西郷	境	鳥取	米子
$\alpha \times 10^{-4}$	-0.70	0.50	0.30	0.20	-0.10	-0.02
R^2	0.297	0.190	0.099	0.042	0.016	0.001

7. ぬれ時間の違いが腐食量の長期予測に与える影響

次に、年間ぬれ時間の違いが 100 年後の腐食量 Y_{100} の推定に及ぼす影響を検討する。各地点で、ぬれ時間 (TOW_{ISO} , TOW_{76}) と Y_{100} の平均値(1991 年から 2008 年)を求め、比較した(図 3)。飛来塩分量 $C=0.05$ [mdd], $S=0$ とした。

中国地方における、二つのぬれ時間と Y_{100} は正の相関がある。 TOW_{76} を用いた場合、両者の相関は高くなる。これは、年平均湿度のみで決定される TOW_{ISO} より、湿

度の日変化を考慮した TOW_{76} は山陰地方と山陽地方における湿度の違いを明瞭に示している。そのため、各地点の大気環境を表す指標として、 TOW_{76} は適切である。

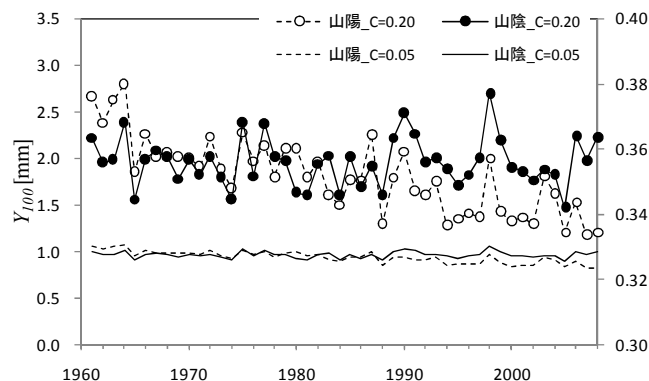


図 2 山陽地方(点線)と山陰地方(実線)の Y_{100} の長期変動。飛来塩分量 C を 0.05(無印), 0.2(円)の 2 ケースで計算した。

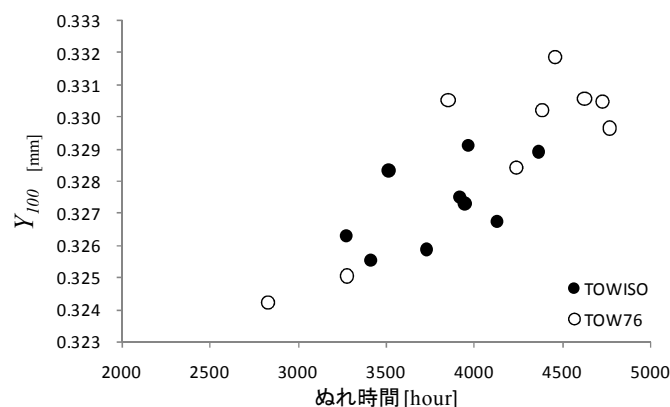


図 3 各地点のぬれ時間 (TOW_{ISO} , TOW_{76}) と Y_{100} の関係。1991 年から 2008 年までのそれぞれの平均値を求め、比較した。

8. まとめと今後の課題

本研究では、1961 年から 2008 年までの気象庁の地上観測データを用いて、100 年後の腐食量 Y_{100} を求め、中国地方における Y_{100} の長期変動特性を検討した。その結果、年平均湿度によって決まるぬれ時間の長期的な変化が腐食量に影響を与えることがわかった。一方、年平均風速の変動幅が小さいため、風速の影響はみられなかった。また、ぬれ時間の違いが Y_{100} の長期変動に与える影響を検討した。 TOW_{76} の方が各地点の違いをより明確に示すことがわかった。

本研究では、飛来塩分量を固定し、気象要素が腐食環境の長期変化に及ぼす影響を検討した。今後は、飛来塩分量を長期に予測し、より妥当な腐食量を用いて、腐食環境の長期的な傾向を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 紀平ら, 2005 ; 耐候性鋼の腐食減耗予測モデルに関する研究、土木学会論文集, No. 780/I, pp. 71-86.