

大気環境腐食性指標に及ぼす環境因子の影響

松江工業高等専門学校 学生会員 ○大田 隼也
 学生会員 安達 良
 学生会員 北川 直樹
 学生会員 落部 圭史
 学生会員 立花 祐輔
 中国電力(株) 非会員 梶谷 慧

(株)コスモ建設コンサルタント 非会員 原 貴之
 松江工業高等専門学校 正会員 大屋 誠
 正会員 武邊 勝道
 山口大学大学院 正会員 麻生 稔彦
 (株) ウエスコ 正会員 松崎 靖彦

1. はじめに

新たな社会資本の整備において初期建設費の低減だけでなく、補修などの維持管理費を含めた長期的な費用、すなわちライフサイクルコストの低減が重要な課題となっている。橋梁の分野ではライフサイクルコストの低減を目的として、耐候性鋼橋梁が多く地域で架橋されている。耐候性鋼材は適度な乾湿のもとで保護性さびと呼ばれる特有のさびを生成する。保護性さびは鋼材の腐食速度を緩めることが可能なため、耐候性鋼材を無塗装で使用できる。

保護性さびの生成には、飛来塩分量と鋼材の濡れ時間が大きく影響を及ぼす。耐候性鋼橋梁はその性質上、海岸付近や飛来塩分の多い地域では適用が制限されているが、適用範囲内でも異常さびを生じている橋梁が見受けられる。これはその地域の地形や環境が飛来塩分量と鋼材の濡れ時間に大きく影響を及ぼしているためである。現在、耐候性鋼橋梁の適用可否を判断する上で飛来塩分量に関する議論は多くなされているが、鋼材の濡れ時間についての議論は十分されていないのが現状である。本研究では大気環境腐食性指標に影響を及ぼす鋼材の濡れ時間および飛来塩分量、硫酸化物量に着目し議論するものである。

2. 大気環境腐食性指標

計画・設計において建設前に耐候性鋼橋梁の部位別の初年腐食量 A_{SMA} を求めることは不可能である。そこで近年、近隣の気象データを用いて地域標準の計算局環境腐食性指標を求める理論的方法^{1), 2)}が提案されている。紀平ら¹⁾は、地域標準の計算局環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値を求めるにあたり、地域標準の大気腐食性指標 Z を以下の式より算出することを提案している。

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

ここで、 TOW ：濡れ時間(Kucera らの濡れ関数³⁾)、 W ：風速効果(m/s)、 C ：飛来塩分量(mdd)、 S ：硫酸化物量(mdd)、 T ：気温(K)、 R ：気体定数 ($\text{kJ/mol} \cdot \text{K}$) である。大気環境腐食性指標 Z 値から計算局環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)を式(2)、式(3)で求めることができる¹⁾。

水平曝露材：

$$A_{SMA}^H(Z) = 0.10517 \cdot Z + 0.0086720 \quad (2)$$

垂直曝露材：

$$A_{SMA}^V(Z) = 0.051121 \cdot Z^3 - 0.13448 \cdot Z^2 + 0.13683 \cdot Z + 0.0029258 \quad (3)$$

3. 調査概要

島根県松江第五大橋渡河部の約 10m の橋上の百葉箱中にドライガーゼ法の捕集器具を設置した。渡河部から南 0.5km にある国土交通省松江維持管理所の屋上にも同様な装置を設置し、これら 2 地点は簡易架台型として調査を行った。渡河部から西 2.0km 地点の橋梁にもドライガーゼ法の捕集器具を桁内 web 平行、桁内 web 垂直と桁下の 3 ヶ所に設置し、既設橋梁型として調査を行った。各試料は 1 ヶ月ごとに回収し、分析を行った。また同じ地点に JIS 耐候性鋼のワッペン試験片を 9 ヶ月間曝露させ、腐食減耗量を測定した。

4. 計算結果

松江気象台のアメダスデータから年平均気温 $T(^{\circ}\text{C})$ 、年平均湿度 $RH(\%)$ 、年平均風速 $W(\text{m/s})$ を求めた。これは松江高専と島根県で進めている共同研究において実施された現地の環境測定で平均気温 $T(^{\circ}\text{C})$ 、平均湿度 $RH(\%)$ 、平均風速 $W(\text{m/s})$ が松江気象台のアメダスデータと大差がなかったためである。年平均気温 $T(^{\circ}\text{C})$ と年平均湿度 $RH(\%)$ を用いて、年間濡れ時間 $TOW(\text{hr})$ を Kucera らの提案した濡れ関数³⁾から求めた結果を表 1 に示す。年間平均飛来塩分量 $C(\text{mdd})$ と硫酸化物量

キーワード 耐候性鋼、大気環境腐食性指標、腐食減耗量、濡れ時間

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 TEL：0852-36-5111 (代)

$S(mdd)$ は、ガーゼ法で回収した試料から算出した値である。その結果を表 2 に示す。ここで簡易架台型のガーゼ法と既設橋梁型のガーゼ法桁下 (BP) での飛来塩分量 $C(mdd)$ と硫黄酸化物量 $S(mdd)$ は側方開放条件で得たものであり、大気環境腐食性指標を計算する場合には、それぞれの値を半分に低減した量を年間平均の飛来塩分量 C 、硫黄酸化物量 S とした。

各方法での大気環境腐食性指標 Z 値を用いて、計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)を算出した。図 1、図 2 はワッペン試験片の 9 ヶ月間の曝露後の腐食減耗量を 12 ヶ月換算した A_{SMA} 値と各箇所での計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)を比較したものである。

表 1 各データ

	$T(^{\circ}C)$	$RH(\%)$	$W(m/s)$
松江気象台	15.7	73.2	3.20
年間濡れ時間TOW(ISO) (hr)	3835		
塩環境濡れ時間(既設橋梁)TOW (hr)	3628		

表 2 年間平均の飛来塩分量と硫黄酸化物量

	渡河部 ガーゼ法	国交省屋上 ガーゼ法	既設橋梁 ガーゼ法		
			web垂直	web平行	桁下
飛来塩分量 C (mdd)	0.257	0.148	0.193	0.061	0.231
硫黄酸化物量 S (mdd)	0.041	0.113	0.018	0.006	0.028

5. 比較検討

簡易架台型においては図 1 からガーゼ法の計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)が換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量 A_{SMA} 値の約 1.4 倍である。既設橋梁型では図 2 から全体的に過大評価の傾向であるが、ガーゼ法桁内 web 平行の計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)が換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量値の 1.2 倍程度で近い値を示している。

簡易架台型、既設橋梁型ともに換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量 A_{SMA} 値よりも高い値を示すことがわかった。これは松江に飛来する塩分量が多いことに由来すると考えられる。

また Kucera らの提案した濡れ関数とは別に、NaCl 臨界湿度に着目して年間濡れ時間 $TOW(hr)$ を求めた。NaCl の臨界湿度は 76%とされ、鋼材に塩分が付着した場合、湿度が 76%を超えると結露が生じて鋼材が濡れる。そのときの時間を積算することで塩環境濡れ時間を求めることが可能である⁴⁾。この塩環境濡れ時間を用いて(表 1)各箇所の計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)を算出した結果、既設橋梁においては 4%程度であるものの換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量 A_{SMA} 値に近づいた。

6. まとめ

ガーゼ法捕集器具を簡易架台型、既設橋梁型として

設置し年間平均の飛来塩分量 $C(mdd)$ 、硫黄酸化物量 $S(mdd)$ を測定した。これらの値と松江気象台のアメダスデータを用いて、計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)を算出した。

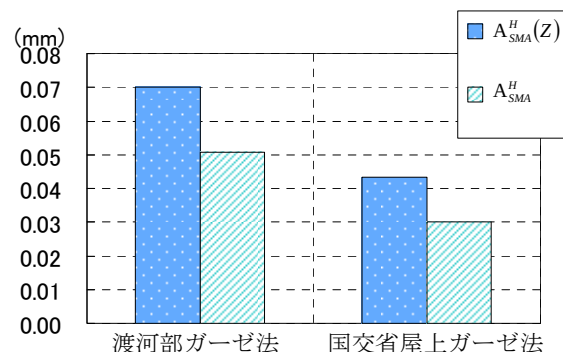
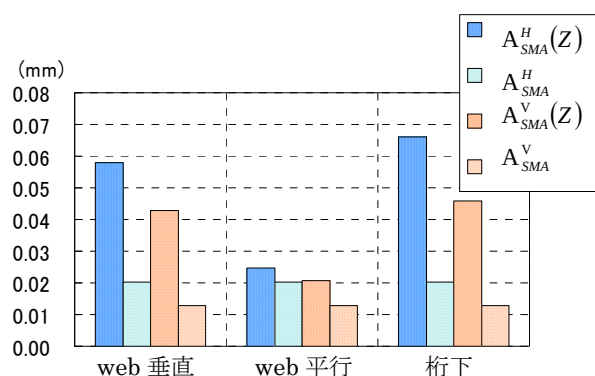
簡易架台型のガーゼ法、既設橋梁型のガーゼ法桁内 web 平行の計算局所環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(mm)は換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量 A_{SMA} 値より大きい近い値となった。これは松江に飛来する塩分量が多いことに由来すると考えられる。今後この数値の信頼性を確認するために、近隣橋梁での調査および継続調査を行っていききたい。また、既設橋梁型においては、年間濡れ時間 $TOW(hr)$ を塩環境濡れ時間に変えた場合の方が 4%程度ではあるものの換算した JIS 耐候性鋼の腐食減耗量に近づいた。

以上の結果から、松江のように塩分の多い地域では実橋の腐食減耗量に比べ、計算局所環境腐食性指標を用いた場合の方が過大評価となることが確認された。

謝辞 本研究は、島根県と松江高専の共同研究の一部として行った。

参考文献

- 1) 紀平寛ら：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-70，pp.71-86，2005
- 2) 鹿毛ら：実曝露試験に基づくニッケル系高耐鋼性鋼の長期腐食量予測，Zairyo-to-Kankyo, Vol.55，pp.152-158，2006.
- 3) V.Kucera ら：ISO/TC156/WG4-N314 AnneX-A，1999.
- 4) 原修一ら：山間部橋梁各部位の実測結露時間による濡れ環境評価，Zairyo-to-Kankyo, Vol.55，pp.75-81，2006.

図 1 渡河部、国交省屋上ガーゼ法の A_{SMA} 値の比較図 2 既設橋梁ガーゼ法の A_{SMA} 値の比較