

大気環境腐食性指標に及ぼす濡れ時間の影響

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の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である。そのため、耐候性鋼材は環境を選べば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。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。

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} を実現す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計算局部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、計算局部環境腐食性指標 $A_{SMA}(Z)$ 値(以後 $A_{SMA}(Z)$ と呼ぶ)を求めるにあたり、地域標準の大気腐食性指標 Z 値(以後 Z と呼ぶ)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 (kJ/mol·K) である。 $A_{SMA}(Z)$ は式(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 の檣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た。これら 2 地点は以後、簡易架台型と呼ぶことにする。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 ヶ所に設置した。以後、既設橋梁型と呼ぶことにする。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. 結果および考察

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。これらのデータ値は現地で測定された平均気温 $T(^{\circ}\text{C})$, 平均湿度 $RH(\%)$, 平均風速 $W(\text{m/s})$ とよく一致する。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 $S(\text{mdd})$ は、ガーゼ法で得られた値である。その結果を表 2 に示す。ただし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 $C(\text{mdd})$ と硫酸化物量 $S(\text{mdd})$ は側方開放条件で得たものであり、 Z 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 $C(\text{mdd})$ 、硫酸酸化物量 $S(\text{mdd})$ とした。

各部位で得られた分析値を基に計算された Z を用いて、 $A_{SMA}(Z)$ 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(以後 A_{SMA} と呼ぶ)と各箇所での $A_{SMA}(Z)$ を比較したものである。簡易架台型においてはガーゼ法の $A_{SMA}(Z)$ が A_{SMA} の約 1.4 倍である。既設橋梁型の桁内で web 垂直のガーゼ法および、桁下のガーゼ法で得られた分析値を基に計算した場合は、 $A_{SMA}(Z)$ が A_{SMA} の約 3 倍近くで過大に評価される傾向がある(図 2)。桁内で web 平行のガーゼ法で得られた分析値で計算した場合は $A_{SMA}(Z)$ が A_{SMA} の約 1.2 倍であり、一番近い値となった。

$A_{SMA}(Z)$ は簡易架台型、既設橋梁型ともに A_{SMA} よりも高い値を示すことがわかった。 $A_{SMA}(Z)$ を計算する式(1)でガーゼの設置箇所異なる数値を用いるのは年間平均の飛来塩分量 $C(\text{mdd})$ と硫酸酸化物量 $S(\text{mdd})$ である。この 2 つの値が大きいことが A_{SMA} より高い $A_{SMA}(Z)$ を算出させた原因であると考えられる。松江のように飛来塩分量の多い地域では式(1)で正確に腐食環境を予測できない恐れがあるといえる。

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 $TOW(\text{hr})$ 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(表 1)を用いて計算した結果、既設橋梁において $A_{SMA}(Z)$ は 4%程度であるものの A_{SMA} 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 $C(\text{mdd})$ 、硫酸酸化物量 $S(\text{mdd})$ を測定した。これらの値と松江气象台のアメダスデータを用いて、 $A_{SMA}(Z)$ を計算した。

今回用いたデータの中では、橋梁桁内において web 平行のガーゼ法で得られる分析値を用いて計算した $A_{SMA}(Z)$ が一番 A_{SMA} に近い値となった。全体的な傾向として、 $A_{SMA}(Z)$ は A_{SMA} よりも高い値を示すことがわかった。これは $A_{SMA}(Z)$ の計算式が飛来塩分量 $C(\text{mdd})$ と硫酸酸化物量 $S(\text{mdd})$ の影響を強く反映させるためである。また塩環境濡れ時間を用いて $A_{SMA}(Z)$ を計算した方が、既設橋梁においてはより A_{SMA} に近い値となった。今後これら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う予定である。

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 et.al.：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.

表 1 各データ

	$T(^{\circ}\text{C})$	$RH(\%)$	$W(\text{m/s})$
松江气象台	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酸酸化物量

	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
硫酸酸化物量 S (mdd)	0.041	0.113	0.018	0.006	0.028

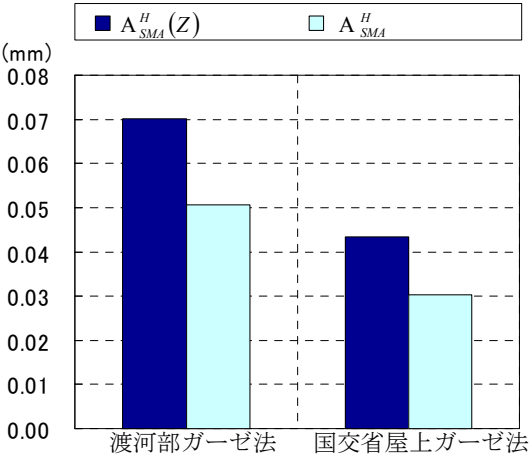


図 1 渡河部、国交省屋上ガーゼ法に基づく $A_{SMA}(Z)$ と A_{SMA} の比較

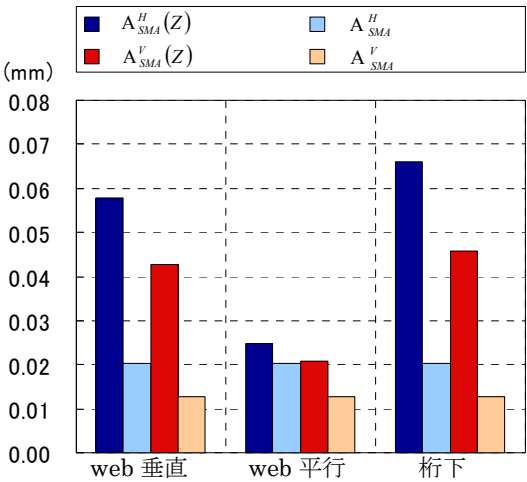


図 2 既設橋梁ガーゼ法に基づく $A_{SMA}(Z)$ と A_{SMA} の比較