

表面塩分計を用いた高塩分領域の付着塩分測定

松江工業高等専門学校	実践教育支援センター	正会員	○安食	正太
	出雲市	非会員	伊藤	瞭汰
	(株) 大阪防水建設社	非会員	木村	由真
松江工業高等専門学校	専攻科	学生会員	松本	彩楓
松江工業高等専門学校		正会員	大屋	誠
松江工業高等専門学校		正会員	武邊	勝道
	日鉄防食(株)	正会員	今井	篤実

1. はじめに

鋼構造物に腐食劣化を引き起こす代表的な要因として付着塩分がある。鋼構造物に劣化部位が確認された場合には、付着塩分量の計測を行い、その部位の腐食環境を評価することが行われる。現場で簡便に付着塩分量を調べる目的で、表面塩分計がよく用いられる。広く用いられている機種では、付着塩分量 (mg/m^2) の測定範囲 (表示範囲) が $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ 以下に設定されている。このため、この値を超える付着塩分量の部位では、現場での表面塩分測定で、部位ごとの付着塩分量の違いが腐食劣化へ与えた影響を評価することが難しい。その一方で、最適な補修工法を計画する上では、例えば、付着塩分量が $2,000\text{mg}/\text{m}^2$ 程度か $10,000\text{mg}/\text{m}^2$ に近い値なのかを知ることにより、適切なさび除去方法や素地調整法を選定することが可能となる。従って、 $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ を超える付着塩分部位であっても、付着塩分量の多少を明らかにすることは有効である。近年流通している表面塩分計には、 $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ より高い付着塩分量に相当する電気伝導度の計測能力が備わっている。その電気伝導度値をうまく活用することで、 $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ を超える領域の付着塩分量を推定することが可能であると考えられる。そこで、本報告では、 $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ を超える付着塩分量の範囲において、電気伝導度と付着塩分量の関係を調べ、表面塩分計より得られる電気伝導度値から付着塩分量を測定する方法について検討した。

2. 分析概要

(1) 表面塩分計の仕様

表面塩分計には SNA-3000 及び SSM-21P を用いた。表面塩分計は、測定セル内で精製水に計測部位の付着塩分を溶解させ、その電気伝導度を測定し、その値を付着塩分量に換算して表示する。それぞれの測定範囲は付着塩分量 $0\sim 1,999\text{mg}/\text{m}^2$ 、電気伝導度 $0\sim 1,999\mu\text{S}/\text{cm}$ である。付着塩分量の測定範囲上限 $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ に相当する電気伝導度は、約 $500\mu\text{S}/\text{cm}$ である。

(2) 検量線の作成

塩化物イオン標準液 (JCSS 化学分析用 NaCl 溶液) とカルシウム標準液 2 (JCSS 化学分析用 CaCl_2 溶液) を基にして、様々な塩化物イオン濃度の標準溶液を作成し、これらを表面塩分計の測定セルに充填して電気伝導度を計測した。表面塩分計の測定セルの容積と分析対象面積及び標準溶液の Cl^- 濃度から、相当する付着塩分量を計算した。これらの結果を用いて $0\sim 1,999\mu\text{S}/\text{cm}$ の範囲の電気伝導度と付着塩分量の検量線を作成した。

(3) 高付着塩分部位の計測

2019 年 12 月に、島根県松江市の塗装橋梁及びさび安定化補助処理仕様の耐候性鋼橋梁の桁内側のウェブ面、下フランジの上面及び下面を対象に、表面塩分計を用いて付着塩分量と電気伝導度の計測を行った。なお、塗装橋梁は塩化ゴム系塗料で上塗り塗装されている。また、耐候性鋼橋梁ではエポキシ樹脂塗料で上塗りされているウェブ面と下フランジ上面、ウェザーアクト処理されている下フランジ下面を計測した。表面塩分計による計測部位の近傍で、ガーゼによる拭き取り法で付着塩分量を計測した。ガーゼで拭き取った塩分はイオン

キーワード 表面塩分計, 付着塩分, 電気伝導度, $1,999\text{mg}/\text{m}^2$ 以上

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 0852-36-5198

交換水に溶解し、その水溶液中の主要溶存イオンの量をイオンクロマトグラフで分析した。その後、Cl⁻量から付着塩分量（NaCl mg/m²）を算出した。

3. 結果および考察

図-1 に標準溶液を用いて作成した電気伝導度と付着塩分量の検量線を示す。電気伝導度と付着塩分量は明瞭な正の相関関係を示す。NaCl 溶液と CaCl₂ 溶液を用いて作成した相関直線の傾きの違いは小さく、その差は数%以下である。この検量線を用いることで、表面塩分計の電気伝導度を用いて、約 8,000mg/m² までの付着塩分量が測定可能となる。

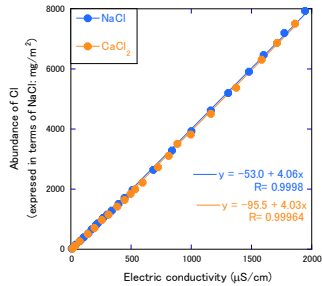


図-1 電気伝導度と付着塩分の関

そこで、実橋梁の付着塩分量を、表面塩分計と NaCl 溶液から作成した検量線を用いて分析した。表面塩分計の付着塩分量表示が 1,999mg/m² 以下の部位では、「表面塩分計が表示した塩分量」と「表面塩分計の電気伝導度から検量線を用いて計算した塩分量」は類似した値を示し、その差は数%程度であった。また、高塩分部位であるために表面塩分計の表示が「>1,999mg/m²」となる部位でも、表面塩分計で得られる電気伝導度と作成した検量線から付着塩分量を算出することができた。

表 1 橋梁での付着塩分量測定結果

mg/m ²			Surface salinity checker		Analyzed value by Gauze method
			Display value by the checker	Calculated value by the conductivity	
Bridge with coating paints	Eastern girder	Web	890	925	387
		Top of lower Flg.	>1,999	2,944	1,772
		Bottom of lower Flg.	1,166	1,187	309
	Western girder	Web	538	552	93
		Top of lower Flg.	>1,999	8,256	2,360
		Bottom of lower Flg.	692	721	9
Weathering steel bridge	Eastern girder	Web	707	731	267
		Top of lower Flg.	>1,999	5,794	2,492
		Bottom of lower Flg.	309	324	133
	Center girder	Web	420	434	311
		Top of lower Flg.	1,592	1,689	850
		Bottom of lower Flg.	237	251	98

ただし、「拭き取り法で得られた塩分量」と「表面塩分計で得られた塩分量」は概ね正の相関関係を示す一方で、表面塩分計で得られる付着塩分量は、ガーゼによる拭き取り法の値より数倍高くなった（表-1）。

拭き取り法による主要イオン量の分析から、今回分析した橋梁の桁には、Cl⁻や Na⁺に匹敵する量の SO₄²⁻や NO₃⁻が付着していることが分かった。これらのイオンも表面塩分計の測定セル中の溶液に溶解すれば、電気伝導度を上昇させる可能性がある。図-2 に「表面塩分計の電気伝導度とガーゼによる拭き取り法から得られた Cl⁻量の差」と「SO₄²⁻と NO₃⁻の合計付着量」の関係を示す。これらは正の相関関係をしめすことから、Cl⁻以外のイオンの量が表面塩分計の電気伝導度に影響を与えていると考えられる。表面塩分計の電気伝導度から付着塩分量を推定するには、Cl⁻以外のイオンが電気伝導度に与える影響の程度について検討する必要があると言える。

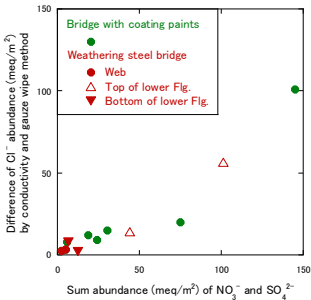


図-2「表面塩分計の電気伝導度とガーゼによる拭き取り法で得られる Cl⁻量の差」と「SO₄²⁻と NO₃⁻の合計付着量」の関係

4. まとめ

本研究では、1,999mg/m²を超える付着塩分量の範囲において、表面塩分計で得られる電気伝導度から付着塩分量を推定することを目的とした。そこで、NaCl 溶液と CaCl₂ 溶液を用いて標準塩分濃度溶液を作成し、表面塩分計の表示する電気伝導度に基づいて検量線を作成した。付着塩分量と電気伝導度は明瞭な正の相関関係を示し、NaCl 溶液と CaCl₂ 溶液のいずれの標準液からも類似した検量線が得られた。

実橋梁を対象とした付着塩分測定では、表面塩分計の計測値が 1,999mg/m² 以下の部位では、表面塩分計が表示する付着塩分量と電気伝導度から検量線を用いて計算した付着塩分量は類似した値を示した。また、1,999mg/m² を超える部位でも付着塩分量を推定することができた。その一方で、表面塩分計で得られる付着塩分量は、ガーゼによる拭き取り法で得られる値より数倍大きくなった。その理由には、Cl⁻や Na⁺以外の付着イオンの存在のために、表面塩分計の測定セル内の水溶液の電気伝導度が上昇した可能性が考えられる。