

電気伝導度法と吸光光度法を用いた付着塩分量計測の高度化

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
	五洋建設株式会社	非会員	渡部	来実
	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
	日鉄防食株式会社	正会員	今井	篤実
	日鉄防食株式会社	正会員	松本	洋明

1. はじめに

鋼構造物を腐食劣化させる代表的な要因として付着塩分がある。劣化部位が発見された場合には、まず表面塩分計を用いて付着塩分量の計測を行い、腐食環境を評価する。筆者らの既往研究¹⁾では、電気伝導度法を用いた表面塩分計による付着塩分量計測では、計測部位に付着している SO_4^{2-} や NO_3^- の影響を受けて電気伝導度が上昇する可能性があり、付着塩分 (NaCl) 量が多く表示されていると推察している。そこで、本研究は、まず SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度と電気伝導度の関係について明らかにする。その後、吸光光度法を用いて SO_4^{2-} と NO_3^- の分析を行い、電気伝導度法の値を補正することで、付着塩分量計測の高度化を図ることを目的とする。

2. 分析概要

付着塩分量計測の高度化を検討するために、電気伝導度法、吸光光度法による補正法、ガーゼ拭き取り法の3手法で付着塩分量の計測を行う。電気伝導度法では、表面塩分計 (SNA-3000 及び SSM-21) を用いて、測定セルを計測部位に固定し、付着物を精製水に溶解させて得られた電気伝導度より付着塩分量を求める。吸光光度法による補正法では、まず、電気伝導度法で計測を行った後、電気伝導度法の計測を終えた測定セル内の溶液をシリンジで吸い取り、 SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度を吸光光度分析で測定する。測定した SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度から電気伝導度に与える影響量を算出し、それを電気伝導度法から差し引いて Cl^- 量を求める。ガーゼ拭き取り法では、計測部位の付着物をガーゼで採取し、ガーゼに付着した付着物を精製水に溶出させてイオンクロマトグラフィによってイオン組成分析を行い Cl^- 量を求める。

(1) SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度と電気伝導度及び吸光度の関係性について

SO_4^{2-} 標準液と NO_3^- 標準液を基にして様々な濃度の標準液を作成した。表面塩分計の測定セルにこの標準液を充填して電気伝導度を測定することで、濃度と電気伝導度の関係を明らかにする。一方で、共立理化学研究所の水質測定用試薬セット No.16 硫酸と No.19 硝酸 (硝酸性窒素) を用いて標準液を発色させ、吸光光度分析を行い、 SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度をそれぞれと計測し、濃度と吸光度の関係を明らかにした。

(2) 試験片を用いた分析

Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- の相対割合が同程度 (33%) となる溶液を作成し、その溶液を試験片 (ステンレス板: 300 mm × 100 mm) に霧吹きで噴霧して付着させた。この試験片表面に付着する各イオン量の測定値を、吸光光度法による補正法とガーゼ拭き取り法とで比較をした。

(3) 実橋梁を対象とした分析

2つの既設鋼橋の桁を対象に、電気伝導度法、吸光光度法による補正法、ガーゼ拭き取り法で付着塩分量の計測を行い、付着塩分量計測の高度化の可能性を検討した。

3. 結果及び考察

(1) SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度と電気伝導度及び吸光度の関係について

SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度と電気伝導度は、それぞれ正の相関関係を示し、 SO_4^{2-} と NO_3^- が電気伝導度の上昇に影響を及ぼすことが確認された。

キーワード 付着塩分, 表面塩分計, 電気伝導度法, 吸光光度法, Cl^- 量

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

響を与えることが明らかとなった。また、 SO_4^{2-} と NO_3^- の濃度と吸光度についても、それぞれ正の相関関係が得られた。従って、これらの相関関係を利用し、溶液の吸光度を計測することで SO_4^{2-} と NO_3^- の電気伝導度に与える影響量を算出し、それを差し引くことで Cl^- 量を導くことができる。

(2) 試験片を用いた分析結果

図-1 に、吸光光度法による補正法とガーゼ拭き取り法それぞれで分析を行った Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の値の割合を示す。ガーゼ拭き取り法による分析結果では、各イオンが33%程度となり、実際の付着量を正確に分析できていると考えられる。このことから、ガーゼ拭き取り法を基準として電気伝導度法と吸光光度法による補正法について議論することとする。

電気伝導度法で計測した Cl^- 量はガーゼ拭き取り法の2.1~4.2倍の値となった(図-2)。これは、 SO_4^{2-} 及び NO_3^- の影響を受けて電気伝導度が上昇したためだと考えられる。一方、 SO_4^{2-} 及び NO_3^- の影響を吸光光度法で補正した場合の Cl^- 量は、ガーゼ拭き取り法の0.6~1.8倍となり、補正することでより実際に近い値が得られた。ただし、吸光光度法による補正法での分析では、各イオンの相対割合が33%程度になるところ $\pm 10\%$ のばらつきがある(図-1)。これは、 SO_4^{2-} 及び NO_3^- の濃度に対する電気伝導度を用いて算出するため、 SO_4^{2-} 及び NO_3^- の測定誤差が Cl^- 量に影響していると考えられる。

(3) 実橋梁を対象とした分析結果

電気伝導度法と吸光光度法による補正法で分析した Cl^- 量を、ガーゼ拭き取り法で分析した Cl^- 量との比較を図-3に示す。電気伝導度法が示した Cl^- 量はガーゼ拭き取り法の0.7~91倍であった。なお、ガーゼ拭き取り法の Cl^- 量が $50\text{mg}/\text{m}^2$ 以上の範囲では0.7~7.3倍であった。一方で、吸光光度法による補正法によって算出した Cl^- 量は、付着量が少ない部位ではマイナス値となり $-230\text{mg}/\text{m}^2$ の大変低い値を示す部位も見られた。その他の部位ではガーゼ拭き取り法の0.1~2.2倍の値を示した。これより、吸光光度法による補正法の方で、より実際に近い値が得られることがわかった。ただし、吸光光度法による補正法では、 Cl^- 量が低く算出される傾向がある。これは、吸光光度法の NO_3^- はガーゼ拭き取り法よりも高く分析されている傾向があることから(図-4)、 NO_3^- の測定誤差が影響していると考えられる。一方で SO_4^{2-} も低くなる場合があるため、その原因や影響についても今後調査を行う。

4. まとめ

鋼構造物の付着塩分量計測の高度化を検討した。電気伝導度の上昇に影響を与える SO_4^{2-} 、 NO_3^- の量を吸光光度法により分析を行い、その影響量を電気伝導度法で得られる電気伝導度値を補正することで、より正確に Cl^- 量を分析することができた。ただし、試験片を用いた分析では、各イオンの測定精度に $\pm 10\%$ 程度のばらつきが生じ、その測定誤差が Cl^- 量の誤差に影響した。実橋における分析では、電気伝導度法よりも吸光光度法による補正法の方がより実際に近い値が得られることがわかった。ただし、吸光光度法の補正法では、 NO_3^- の測定誤差が生じ、 Cl^- 量が低く算出される傾向があるため、より正確に NO_3^- の濃度を計測する改善が必要と考える。一方で、 SO_4^{2-} も低くなる場合があるため、その原因や影響についても今後調査を進める予定である。

参考文献

- 1) 安食正太, 伊藤瞭太, 木村由真, 松本彩楓, 大屋誠, 武邊勝道, 今井篤実: 表面塩分計を用いた高塩分領域の付着塩分測定, 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会概要集, I-340, 2020.

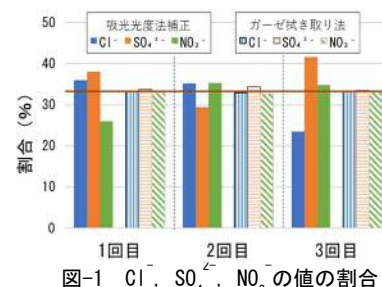


図-1 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- の値の割合



図-2 試験片における Cl^- 量の比較

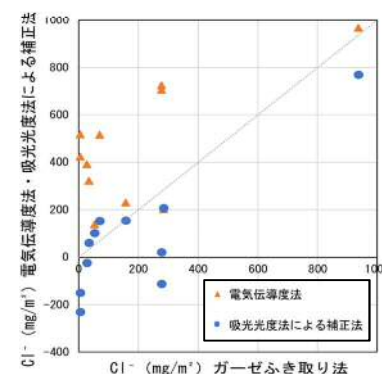


図-3 電気伝導度法と吸光光度法による補正法の Cl^- 量の比較

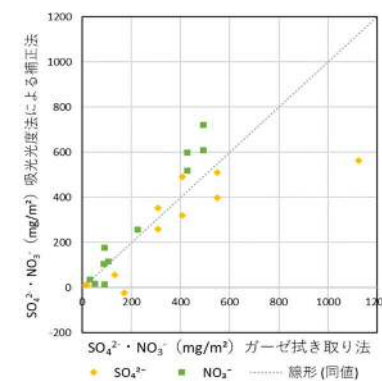


図-4 吸光光度法とガーゼ拭き取り法の SO_4^{2-} 及び NO_3^- の比較