

携帯型 XRF を用いた耐候性鋼の付着塩分量測定の可能性

松江工業高等専門学校 専攻科 学生会員 ○松本 彩楓
 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 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. 目的

鋼構造物の場合、最も代表的な腐食要因は付着塩分である。このため、鋼構造物に腐食損傷が見つかった場合には、まず付着塩分量を分析し、腐食環境を評価することが行われる。また、補修施工において、耐久性の高い補修塗装を行うためには、塗装前の鋼面素地の塩分を十分に除去する必要がある。鋼構造物での付着塩分量分析では、測定部位に水を接触させてその電気伝導度を計測する手法が用いられる。ただし、耐候性鋼橋梁の腐食劣化部はその表面が空隙の多いさびで覆われていたり、凹凸が生じていたりするため、計測時に水漏れが生じて正しい測定値が得られないケースがある。このため、水溶液を必要としない分析方法が求められている。そこで本研究では、耐候性鋼の付着塩分分析への携帯型 XRF の適応可能性について検討した。XRF は分析対象に X 線を照射することで生じる分析対象に含まれる元素からの特性 X 線の強度から目的元素の含有量を定量する方法である。このため、分析過程で水を必要としない。近年では、携帯型 XRF が金属、岩石、土壌などの組成を現場でスクリーニングする手段として広く活用されている。ただし、XRF は本来、含有量 (ex. mg/kg) を分析する機器であるため、付着量 (mg/m^2) を分析するためにはそれ専用の検量線が必要となる。本研究では、JIS SMA 鋼板に A-5 塗装系、C-5 塗装系、Ra-III 塗装系、Rc-I 塗装系を塗布した試験片と裸仕様の試験片を屋外に曝露して自然塩を付着させた後、それぞれの試験片に対して、携帯型 XRF による Cl の特性 X 線強度と、ガーゼによる拭き取り法による Cl 量の定量を行った。こうして得られた Cl の特性 X 線強度と Cl 量を比較することを通して、鋼板の付着塩分量を携帯型 XRF で分析できる可能性について報告する。

2. 研究方法

本研究では、70x150x9t の JIS SMA の新しい鋼板に A-5 塗装系または C-5 塗装系を施した試験片、人工的に腐食させた後にさびを除去して補修用の Ra-III 塗装系または Rc-I 塗装系を施した試験片、裸仕様のさび厚 100 μm 程度の試験片を用いた。これらの試験片を島根県松江市の松江高専屋上で遮蔽曝露した後、付着 Cl に関する分析を行った。なお、測定範囲は試験片片面内の 130 mm $\times$ 35 mm とした。携帯型 XRF (Niton XL3t-950S) で、その範囲内の 3 点で Cl に由来する特性 X 線強度を分析し、その平均値を算出した。図 1 に携帯型 XRF による特性 X 線強度の測定例を示す。Cl の特性 X 線強度は、Cl に相当する 2.6 keV のピーク強度 (counts/sec) とピーク前後の強度 (counts/sec) の平均値との差から求めた。その後、130 mm $\times$ 35 mm 内の付着 Cl をガーゼによる拭き取り法で採取し、イオン交換水に溶解した後に、主要付着イオン組成をイオンクロマトグラフィーで定量した。

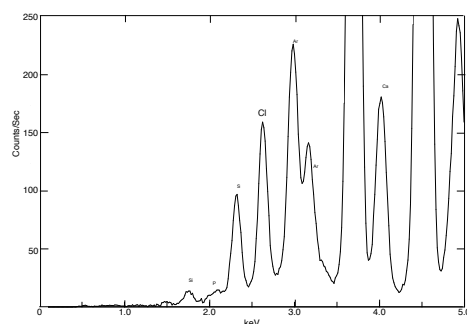


図1 A-5 塗装系試験片の特性 X 線強度の測定例。

キーワード 携帯型 XRF, 付着塩分測定, 特性 X 線強度, ガーゼによる拭き取り法

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 0852-36-5182

3. 結果及び考察

携帯型 XRF による特性 X 線強度とガーゼによる拭き取り法で得られた付着 CI 量を比較したものを図 2 に示す。塗装試験片では、特性 X 線強度と拭き取り法による付着 CI 量の間に明瞭な正の相関関係が見られた。塗装系ごとに傾きと切片が異なっているが、A-5 塗装系と Ra-III 塗装系を施した試験片、または C-5 塗装系と Rc-I 塗装系を施した試験片の傾向は、それぞれ類似している。裸仕様試験片の付着 CI 量は著しく低い値を示した一方で、その特性 X

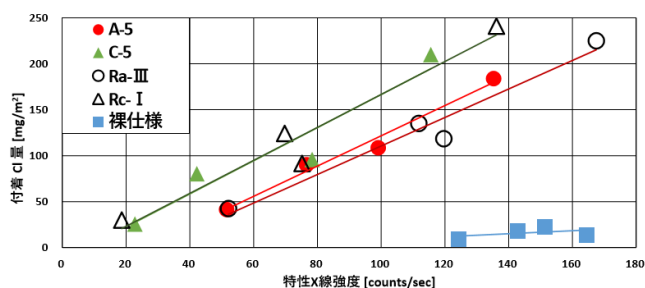


図2 特性X線強度とガーゼの拭き取り法による付着 CI 量の関係。

強度は他の試験片に匹敵するか、より高い値を示した。5種類の試験片は近傍に曝露されており、本来同程度の塩分量が付着していると考えられる。拭き取り法で得られる CI は試験片表面に存在する物のみであると考えられる。耐候性鋼に付着した塩分はさび中に分布することが知られている¹⁾ ことから、裸仕様試験片に対する拭き取り法で得られた低い CI 量は、さび中に存在する CI が採取されなかったことを反映している可能性がある。事前に人工腐食を行っていない A-5 塗装系と C-5 塗装系を施した試験片で得られた関係式をもとに、裸仕様試験片の付着 CI 量を特性 X 線強度から推測すると、裸仕様試験片には数 100 mg/m² の塩分が付着していると考えられる。ただし、A-5 塗装系と C-5 塗装系を施した試験片から得られる関係式は、特性 X 線強度に対する CI 量に 50 mg/m² 程度の差があり、どちらが裸仕様試験片の付着塩分量を推定するのに適しているかは不明である。

塗装試験片で付着 CI 量と特性 X 線強度には明確な関係が得られることから、携帯型 XRF で鋼板表面の付着塩分量を分析することは可能であると考えられる。ただし、特性 X 線強度は分析対象物の組成に影響を受けることから、携帯型 XRF で裸仕様耐候性鋼の付着 CI 量を正確に測定するには、裸仕様耐候性鋼における付着 CI 量と特性 X 線強度の関係を明らかにする必要がある。そのためには、まず、携帯型 XRF 以外の方法で、付着 CI 量を正確に定量する方法を検討する必要がある。また、XRF の検出深さは、数 μm ～数 mm と、試料の状態により異なることが知られている。耐候性鋼に付着した塩分はさび中にも分布すること¹⁾ から、裸仕様耐候性鋼表面のどの深さの CI までは携帯型 XRF の測定対象範囲となるのかを明らかにする必要がある。

4. まとめ

携帯型 XRF を用いた耐候性鋼表面の付着塩分測定の可能性を検討することを目的とし、松江高専屋上で屋外曝露した試験片の表面に付着した CI について、携帯型 XRF とガーゼによる拭き取り法で分析した。本研究で分析対象としたのは、A-5 塗装系、Ra-III 塗装系、C-5 塗装系、Rc-I 塗装系を施した耐候性鋼試験片と、裸仕様耐候性鋼の 5 種である。

塗装試験片では、特性 X 線強度と拭き取り法による付着 CI 量との間に明瞭な正の相関関係が見られた。一方で、裸仕様試験片では、特性 X 線強度は塗装試験片と同程度の値が得られたが、拭き取り法による付着 CI 量は著しく低い値となった。裸仕様試験片では、付着する CI が十分に採取されていない可能性が考えられる。塗装試験片から得られた関係式を活用することで、裸仕様試験片の付着 CI 量をある程度推定することが可能である。ただし、より正確な測定のためには、裸仕様耐候性鋼を対象とした特性 X 線強度と付着 CI 量についてさらに検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 今井ほか、さび安定化補助処理を施した耐候性鋼材の耐久状態定量監視技術に関する研究、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 70, No. 2, 252-264, 2014