

塩の影響により腐食した鋼板の塩分測定方法に関する一考察

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 達朗 山中 翔

1. 目的

塗装鋼構造物を塗替える場合、塗膜の付着性を確保する観点から、被塗面に付着物が存在してはならない。特に、部材表面に付着する電解質として代表的な塩化物イオン (Cl^-) は、被塗面に残留した状態で塗装すると浸透圧の関係によって塗膜の付着性を阻害する要因になりやすく、国内の多くの基準・指針類では既存の塗膜表面に対する Cl^- の残留量の上限が規定されている^{1,2)}。ただし、鋼材表面を対象とした場合、 Cl^- は錆表面と錆内部に分布しており、塗膜の耐久性に影響する Cl^- の範囲が不明瞭であること、塩分の一般的な測定方法が錆内部に分布する Cl^- を測定できるのか不明であることなどから、鋼板表面の Cl^- の残留量の上限について統一された見解がない。本稿では、腐食鋼板に対する塩分測定方法の把握を目的として、筆者らが提案する錆中塩分測定手法³⁾と一般的な表面塩分測定手法を比較した結果を報告する。

表1 複合サイクル条件の概要

工程	試験名	条 件	試験時間
1	人工海水噴霧	噴霧量: 水平捕集面積 80cm ² に対して 1~2cm ³ /h、温度: 40±2℃、RH: 95±3%	4h
2	模擬濃縮雨水噴霧	噴霧量: 水平捕集面積 80cm ² に対して 1~2cm ³ /h、温度: 40±2℃、RH: 95±3%	44h
3	乾燥	45±2℃、RH: 30%以下	16h

2. 塗装系の概要

2.1 腐食鋼板の作製

片面を塗装した SS400 冷間圧延鋼板 (JIS G 3101 に準拠、150×70×3.2mm、サンドブラスト処理) に対して、エッジ部および無塗装面を φ35mm の穴を2つ設けたシールで被覆し、0.05mass%塩化ナトリウム (NaCl) 水溶液の168時間連続噴霧、または「鋼構造物塗装設計施工指針⁴⁾」附属書Cに記載される複合サイクル条件 (表1) での試験を行い、図1に示すように円形の腐食を2箇所作製した。その後168時間蒸留水噴霧を行って鋼板表面の塩分を洗い流した。なお、塩分の測定結果と錆の残存程度との関係を把握するため、ブラストを用いて ISO 8501-1 に規定される除錆度 Sa 2 1/2 または Sa 3 まで錆を除去した腐食鋼板も準備した。

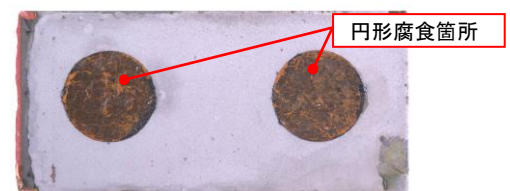


図1 腐食鋼板の外観

2.2 腐食鋼板の Cl^- 測定

現場で用いられる表面塩分測定手法には、BLESEL 法や吸着型の表面塩分計など、対象面に介在・保持させた一定量の水を攪拌して Cl^- を溶出させる手法が挙げられる²⁾。本試験では、ポータブルタイプの表面塩分計 (東亜ディーケーケー製 SSM-21P) を用いた。図2に示すように1つの腐食箇所が測定範囲に収まるように機器を設置し、イオン交換水 10ml を腐食面に接触させた。攪拌時間は標準と定められる 60 秒とした。また、数十分攪拌した場合の Cl^- の溶出量についても評価した。攪拌終了後に溶液を採取し、 Cl^- 検知管を用いて別途溶液中の Cl^- 濃度を測定した。

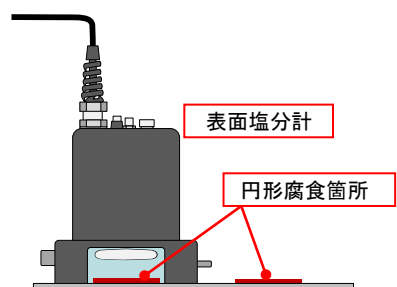


図2 表面塩分計による塩分測定の概要

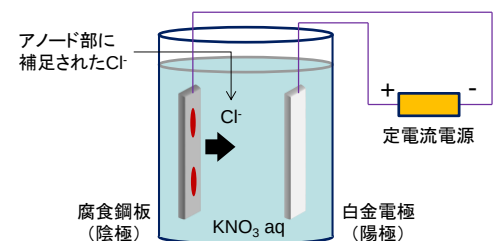


図3 電気的作用による塩分測定の概要

続いて筆者らが提案する電気的作用による錆中塩分測定の概要を図3に示す。腐食鋼板を 0.1mol/L 硝酸カリウム水溶液 1000ml に浸漬し、白金電極を正極、腐食鋼板を負極として 1.0A の定電流を 60 分間印加することで腐食鋼板中の Cl^- を全て溶出させた。溶液中の Cl^- 濃度の測

キーワード 塩分測定、腐食、塗装、表面塩分、さび

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所

TEL:042-573-7339

定には JIS K 0101 に規定される吸光光度法を用いた。なお、本試験で用いた表面塩分計の測定値は、溶液の電気伝導度から換算した NaCl 量を示しているため、全測定結果を NaCl 量に統一して考察した。

3. 試験結果と考察

鍍を残した状態の腐食鋼板に対する表面塩分計の測定結果を図 4 に示す。複合サイクル条件で作製した腐食鋼板の方が大きな値を示し、鍍中からの塩分の溶出傾向は腐食条件によって異なると考えられる。なお、溶出する塩分量は攪拌初期に多く、その後徐々に少なくなる傾向にある。また、電気伝導率から算出される表面塩分計の測定値は Cl^- のみを対象とする Cl^- 検知管の測定値より大きい。これは、鋼材の腐食に伴う鉄イオンの溶出など、 Cl^- 以外のイオンが存在したためと考えられる。

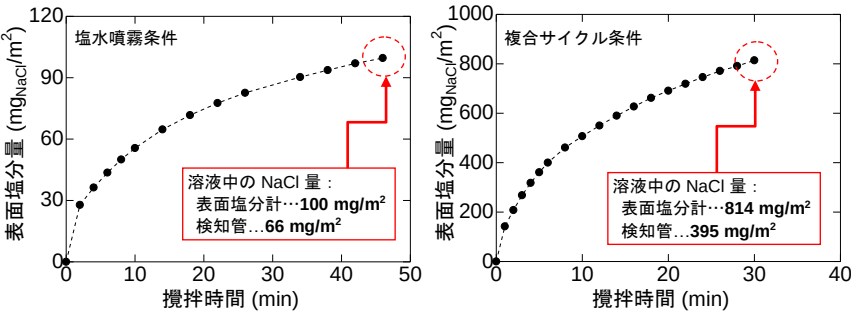


図 4 表面塩分計の測定結果（鍍を残した状態）

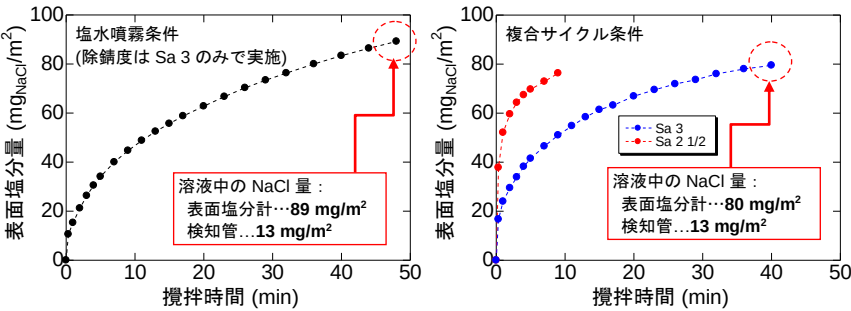


図 5 表面塩分計の測定結果（ブラストして鍍を除去した状態）

ブラストした腐食鋼板に対する表面塩分計の測定結果を図 5 に示す。鍍を残した場合の測定結果と異なり、数十分後の塩分量について腐食条件による大きな違いは見られない。これは、ブラスト後の鋼材表面に残留する塩分量は、鋼板の腐食条件に依らないことを示唆している。また、攪拌時間に対する塩分量の増加傾向は徐々に小さくなること、表面塩分計の測定値は Cl^- 検知管の測定値より大きいなど、鍍を残した場合の測定結果と類似した傾向にあることが確認された。

各手法による測定値を表 2 に示す。電気的作用により鍍中から溶出した全塩分量は腐食条件に依らず、鍍を残した状態では約 $2400\text{mg}_{\text{NaCl}}/\text{m}^2$ 、ブラストして鍍を除去した状態では約 $600\sim 700\text{mg}_{\text{NaCl}}/\text{m}^2$ であり、表面塩分計による標準時間での測定値と比較して数十～数百倍の違いがある。これは、腐食鋼板には表面塩分計では測定困難な塩分が存在しており、これはブラストした場合でも除去し難いことによるものと推定される。

4. まとめ

腐食鋼板に対する鍍中の塩分量の測定手法の把握を目的として、一般的な表面塩分測定方法と電気的作用による測定方法を用いて鍍中の Cl^- 量を測定した。得られた知見を以下に示す。

- ・電気的作用により測定した鍍中の塩分量は表面塩分計による測定値よりも大きい。
- ・表面塩分計での測定値には、 Cl^- 以外のイオンが影響していると考えられる。
- ・電気的作用により測定した鍍中の塩分量と表面塩分計での測定値の関係は、腐食条件や鍍の除去程度によって異なる可能性がある。

参考文献

1) 公益財団法人鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針, 2013
2) 公益社団法人日本道路協会：鋼道路橋防食便覧, 2014
3) 坂本, 山中：電気化学的作用を施した腐食炭素鋼板の性状評価, 材料と環境講演集, Vol.2017, pp.67-68, 2017

表 2 各手法による測定値の違い

腐食条件	測定値 ($\text{mg}_{\text{NaCl}}/\text{m}^2$)	
	表面塩分計 ^注	電気的作用
塩水噴霧条件	20	2400
複合サイクル条件	230	2300

(a) 鍍を残した状態

腐食条件	除鍍度	測定値 ($\text{mg}_{\text{NaCl}}/\text{m}^2$)	
		表面塩分計 ^注	電気的作用
塩水噴霧条件	Sa 3	35	630
	Sa 3	24	690
複合サイクル条件	Sa 2 1/2	52	未実施

(b) ブラストして鍍を除去した状態

注：攪拌時間を 60 秒とした場合の測定値