

さび中の塩分を除去した塗装さび鋼板の塗膜耐久性評価

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 達朗

1. 目的

塗装によって防食された鋼構造物を長期間供用する場合、塗膜が著しく劣化する前に塗り替える必要がある。このとき、さびが残存した状態で塗り替えると早期に塗膜下腐食を生じる。この傾向は沿岸に架設された鋼構造物で多くみられることから、さび中に蓄積される塩（塩化物イオン）が腐食速度に影響すると考えられる。本稿では、さび中の塩化物イオン量と塗膜の耐久性の関係の把握を目的として、塩水噴霧により作製したさび鋼板に対して電気化学的な手法を用いてさび中の塩化物イオンを除去し、その後に塗装した場合の塗膜の耐久性評価を行なった結果について述べる。

2. 試験方法

2. 1 さび鋼板の作製

さび鋼板は塩水噴霧により作製した。片面をエポキシ樹脂塗料で塗装したサンドブラスト処理SS400冷間圧延鋼板(150×70×3.2mm)に対して、0.01wt%塩化ナトリウム水溶液を168時間もしくは840時間噴霧して鋼面を腐食させたものをさび鋼板とした。さび鋼板の素地調整にはワイヤブラシを用い、緩く付着するさびを除去した。

2. 2 さび中の塩化物イオンの除去方法

一般に、さび中の塩化物イオンの大部分はさび/鋼素地の界面に濃縮し、純水等への浸漬のみでは完全に除去することは困難である。そこで、素地調整後のさび鋼板を0.1mol/lの硝酸カリウム(KNO₃)

水溶液1000mlに浸漬し、白金電極を正極、さび鋼板を負極として定電流電源により1.0Aの電流を60分印加することで、さび中の塩化物イオンを抽出した。このとき、浸漬液を5~10分間隔で約20ml採取し、JIS K 0101に規定される吸光光度法を用いて溶出した塩化物イオン量を測定した。なお、比較対象とするさび中の塩化物イオンを除去しないさび鋼板についても、通電せずにKNO₃水溶液に60分浸漬した。

2. 3 塗装さび鋼板の作製および室内促進劣化試験

さび中の塩化物イオンを除去した後、2通りの塗装系を施した。1つは鉛・クロムフリーさび止めペイントと長油性フタル酸樹脂塗料から成る塗装系（以下、塗装系Bとする）で、もう1つは厚膜型変性エポキシ樹脂塗料と厚膜型ポリウレタン樹脂塗料から成る塗装系（以下、塗装系Tとする）である。水分や酸素の遮断性の観点から、塗装系Tの方が高い耐久性を有するとされる。各塗装系の概要を表1に示す。

室内促進劣化試験には、複合塗膜の耐久性評価試験方法として用いられる鉄道総研式複合サイクル試験を適用した¹⁾。本サイクル試験の試験条件を表2に示す。塗膜の耐久性評価は、塗膜表面に観察される塗膜膨れや点さびから塗膜変状面積率を算出して行なった。このとき、本サイクル試験を実施しても、塗装さび鋼板の作製条件によっては塗膜の耐久性を評価しうる程度まで塗膜変状を生じない場合がある。そこで、試験結果を基にしたロジスティック回帰を行ない、一定の塗膜変状面積率となるのに要するサイクル数を推定した²⁾。

表1 各塗装系の概要

工程	塗装系 B	塗装系 T
第1層	鉛・クロムフリーさび止めペイント (35)	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料 (60)
第2層	鉛・クロムフリーさび止めペイント (35)	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料 (60)
第3層	長油性フタル酸樹脂塗料中塗 (25)	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料 (60)
第4層	長油性フタル酸樹脂塗料上塗 (20)	厚膜型ポリウレタン樹脂塗料 (60)

カッコ内の数字は、目標となる膜厚(μm)を示す。

表2 鉄道総研式複合サイクル試験条件

工程	試験名	試験時間	次の工程
1	オゾン暴露	12h	2
2	人工海水噴霧	4h	3
3	模擬濃縮雨水噴霧	44h	4
4	乾燥	48h	2

注意:工程2から工程4の作業は、1サイクルにつき3回繰り返す。

3. 試験結果と考察

3. 1 さび中の塩化物イオンの除去

通電時間と溶液中の塩化物イオン濃度の関係を図1に示す。塩水噴霧条件によって塩化物イオンの溶出傾向は異なるが、両条件とも通電開始から50分経過した段階で塩化物イオン濃度は一定値となった。これより、さび中の塩化物イオンがほとんど除去されたと考えられる。通電前後のさび鋼板の外観を図2に示す。通電後にはさびが全体的に黒色に変化した。これは、通電にともなう電気化学反応によって含水水酸化鉄が還元され、マグネタイトに変化したためと考えられる。

3. 2 室内促進試験

サイクル数と塗膜変状面積率の関係を図3に示す。また、塗膜変状面積率が10%または50%に達するまでに要するサイクル数をロジスティック回帰によって算出した結果を表3に示す。これより、塗装系および塩水噴霧条件に関わらず、電気化学的にさび中の塩化物イオンを除去した塗装さび鋼板の方が塗膜変状を生じにくいことが確認された。ロジスティック回帰による10%または50%の塗膜変状面積率に達するまでに必要なサイクル数を比較すると、塗装系Bの場合には1.5~2倍に増加した。塗装系Tの場合には塩水噴霧条件によって大きく異なり、塩水噴霧168時間では約1.5倍、塩水噴霧840時間の場合には数~数十倍に増加した。さび中に塩化物イオン等のイオン性物質が存在する場合、浸透圧の作用によって塗膜内へ水分が浸入しやすくなる。塗装系Tは高い環境遮断性を有するため、さび中の塩化物イオンを除去することによって塗膜内への水分の浸入を大幅に抑制し、その結果、塗装系Bと比較して塗膜変状面積率の増加割合が大きく低減したと推定される。

4. まとめ

さび中の塩化物イオン量と塗膜の耐久性の関係の把握を目的として、塩水噴霧によって作製したさび鋼板を対象に、電気化学的手法によってさび中の塩分を除去した後に塗装した場合の塗膜の耐久性評価試験を実施した。以下に得られた知見を示す。

- ・電気化学的手法によって、さび中の塩化物イオンをほとんど除去できる。
- ・電気化学的にさび中の塩分を除去した塗装さび鋼板の方が塗膜変状を生じにくくなる。この傾向は、環境遮断性の高い塗装系において顕著である。

参考文献

1) (公財) 鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針 2013.12
 2) 坂本：塗装さび鋼板の素地調整程度と塗膜変状面積率に関する考察，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.69，VI-089，2014.8

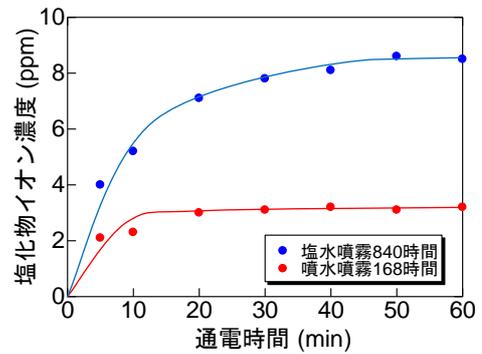


図1 通電時間に対する溶液中のCl⁻濃度



図2 通電前後のさび鋼板の外観

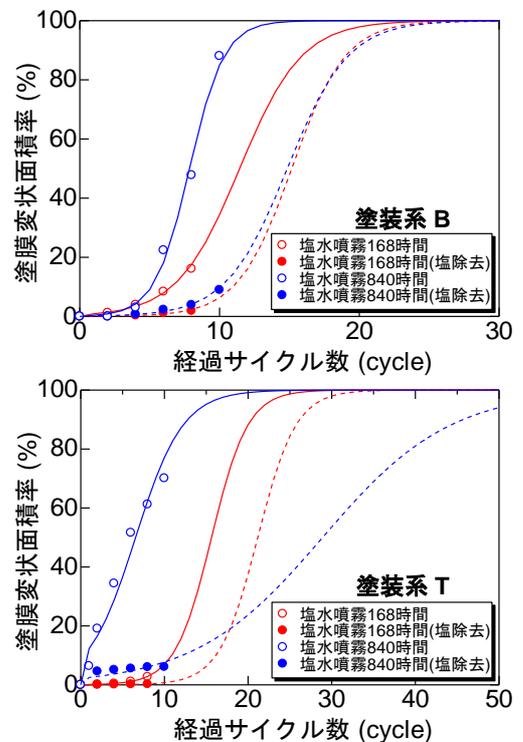


図3 塗膜変状面積率の推移

表3 所定の塗膜変状面積率となるサイクル数(ロジスティック回帰)

塗装系	塩除去の有無	168時間噴霧		840時間噴霧	
		10%	50%	10%	50%
B	未除去	6.6	11.4	5.1	7.9
	除去	11	15.2	10.1	14.8
T	未除去	10.9	15.6	0.3	6.6
	除去	16.2	21.2	12.1	28.9