ブラッシング現象の塗膜防食性に与える影響についての評価試験

鉄道総研 正会員 ○坂本 達朗　　鉄道総研 正会員 田中 誠　　鉄道総研 非会員 江成 孝文
建設塗装工業 正会員 桐村 勝也　　建設塗装工業 非会員 瓜谷 詔夫
大日本塗料 非会員 山本 基弘　　大日本塗料 正会員 永井 昌憲

1　はじめに

ブラッシングとは、塗膜の乾燥過程に生じる塗膜変状であり、図 1 に示すように塗膜表面が白くぼける現象を指す。この要因には、結露や塗装後の降雨等による水分の介在が挙げられる。例えば、防食塗料中の樹脂成分で一般的に用いられているエポキシ樹脂においては、硬化剤成分由来の遊離アミンが水分および空気中の炭酸ガスと反応し、白色のアミノカーボネートを生成することでブラッシングが発生するとされている[1)]。ブラッシングによる塗膜変状は極表層のみに限られ、経験的には塗装系の防食性には大きく影響しないとの判断がなされ、景観性を重視する構造物においてのみ増し塗りによる補修を行うこととされてきた。しかしながら、ブラッシングの生じた塗膜の防食性を評価した事例は少ない。そこで、ブラッシングの発生を模擬した試験片を作製し、層間付着性や防食性に与える影響を検討した。

図 1　ブラッシングした塗膜面

2　評価試験方法

表 1 に付着性および防食性の評価試験に用いた試験片の概要を示す。塗装系には、防食性評価用の塗装系（変性エポキシ樹脂塗料を 4 層塗りしたもの）を用いることとした[2)]。また、ブラッシングを発生させる層を実構造物での施工を想定して定めた。ブラッシングの発生条件には、結露および降雨を想定し、実構造物のブラッシングに近い外観変状（ツヤ引け、白化）が得られる条件を選定した（表 2）。

・付着性試験

ブラスト処理鋼板（150×70×3.2mm）に基準塗料（変性エポキシ樹脂塗料）を膜厚 60μm となるように刷毛塗りで 4 層塗りした。塗装する際の標準条件は 23±2℃、相対湿度 60%とし、標準条件で 4 層塗りしたブランクの試験片と、3 層目に表 2 の条件①でブラッシングを発生させ、その後標準条件で 4 層目を塗装した試験片と、3 層目に条件①でブラッシングを発生させた後、サンドペーパを用いて面荒らししてから 4 層目を塗装した試験片を準備した。付着強さの測定は JIS K 5600-5-7　塗膜の機械的性質－付着性（プルオフ法）に準じて行った。付着性の評価は、JIS K 5600-7-2　塗膜の長期耐久性－耐湿性（連続結露法）に準じた耐湿試験を行い、0 時間、700 時間、1400 時間後の付着強さの変化程度で行った。

表 1　試験片の概要

		ブラッシングを発生させる層			
評価試験	試験板	無し	3 層	4 層	3,4 層
付着性試験	ブラスト処理鋼板	○	○	－	－
防食性試験	さび鋼板	○	－	○	○

さび鋼板とは腐食環境における塗替え塗装を想定した、塗装する面のさびた鋼板を指す。

表 2　ブラッシングの発生条件

	想定条件	条件
条件①	結露	5℃の雰囲気下で塗装し、その直後に 25℃、100%RH の室内に 24 時間放置する。その後取り出して、室温にて自然乾燥させる。
条件②	降雨	5℃の雰囲気下で塗装し、塗装から 3 時間後に 5℃の水中に水平に没水させて 24 時間放置する。その後取り出して、5℃にて自然乾燥させる。
条件③	降雨	5℃の雰囲気下で塗装し、塗装から 3 時間後に塗膜表面全体に水滴を滴下して水膜を形成する。その後、5℃にて自然蒸発させる。（条件②よりも、より白化する）

キーワード　ブラッシング，防食性，塗料，鋼構造物，層間付着性
連絡先　　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(財)鉄道総合技術研究所　ＴＥＬ042-573-7339

・防食性試験

防食性の評価は、屋外での塗替え時を想定して行った。このため、試験片にはさび鋼板（150×70×3.2mm）を用いた [2)]。塗装方法は付着性評価試験と同様、基準塗料（変性エポキシ樹脂塗料）を膜厚 60μm となるように刷毛塗りで 4 層塗りしたものとし、標準状態で 4 層塗りしたブランクの試験片と、3 層目もしくは 4 層目を表 2 の条件①でブラッシングさせたものと、4 層目を条件②もしくは条件③でブラッシングさせたものを準備した。試験片は同条件で作製したものを 2 枚用意し、その内 1 枚にプラスチックカッターにて図 2 に示す位置にスクラッチを導入した [2)]。防食性への影響は、複合サイクル条件による促進劣化試験を用い、経過時間における塗膜の外観変状の観察から推定した。複合サイクル条件は、JIS K 5600-7-9 塗膜の機械的性質－塗膜の長期耐久性（サイクル腐食試験方法）のサイクル D に準じた。観察は、スクラッチを導入した部分（カット部）とし、図 3 に示すようにカット部に沿って発生するふくれ幅において、大きい方から選択した 5 点の平均値とした。

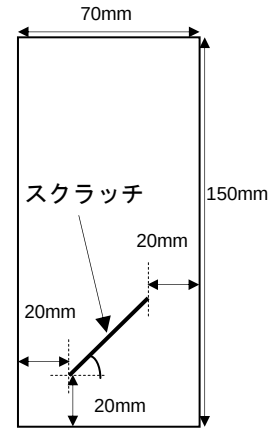

図 2　スクラッチの導入箇所

図 3　ふくれ幅の測定箇所

3　評価試験結果

・付着性試験

表 3 に、耐湿試験 0 時間、700 時間、1400 時間経過後の塗膜の付着強さを示す。耐湿試験 0 時間では、何れの試験片においても 7MPa 程度の付着強さであった。耐湿試験後は、何れの試験片においても試験時間の経過に伴って付着強さが減少しており、ブラッシングの有無やブラッシングの発生した表面の面荒らしに影響しないことが分かった。ブラッシングを発生させた試験片の付着試験後の破断跡を観察したところ、3 層目と 4 層目の層間からの破断は観察されず、層間付着性の低下は見られなかった。

表 3　付着強さの試験結果

ブラッシング条件	付着強さ [MPa] 耐湿試験 0h 後	耐湿試験 700h 後	耐湿試験 1400h 後
ブランク	7.0 以上	5.3	5.2
条件①で 3 層目にブラッシング	7.0 以上	7.0 以上	6.0
条件①で 3 層目にブラッシング（面荒らし）	7.0 以上	5.0	5.5

・防食性試験

図 4 に、試験サイクル数におけるカット部に発生したふくれ幅（5 点の平均値）を示す。何れの試験片においてもサイクル数の増加に伴ってふくれ幅の増加が確認されたが、712 サイクル試験終了後でもブラッシングの有無、ブラッシング発生条件、ブラッシングの発生箇所による大きな違いは見られなかった。

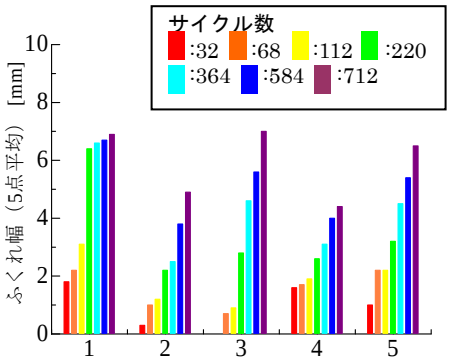

図 4　複合サイクル試験結果

1…ブランク
2…条件①で 4 層目にブラッシング
3…条件①で 3,4 層目にブラッシング
4…条件②で 4 層目にブラッシング
5…条件③で 4 層目にブラッシング

4　まとめ

塗膜に発生するブラッシングの防食性への影響を調べるため、実構造物に発生するブラッシングを模擬した塗装試験片を作製し、層間付着性および防食性についての評価試験を行った。その結果、ブラッシングの発生による層間付着性や防食性への悪影響を示す結果は得られなかった。

参考文献

1)　重防食塗料作業部会：重防食塗料ガイドブック」,（社）日本塗料工業会, P199 (2002.3)

2)（財）鉄道総合技術研究所編：鋼構造物塗装設計施工指針 (2005.5)