

塗膜下腐食を抑制する Sn 添加耐食鋼の 3 年暴露試験の調査

阪神高速道路 (株) 正会員 閑上 直浩
阪神高速道路 (株) 正会員 飛ヶ谷 明人
○住友金属工業 (株) 正会員 前田 隆雄
住友金属工業 (株) 正会員 上村 隆之
住友金属工業 (株) 正会員 西尾 大

1. 目的

塩化物が飛来する大気腐食環境においては、鋼の腐食の進行が速いことが知られている。塩化物による鋼の腐食に関しては、塩化物存在下の溶液の特性、 Fe^{2+} の空気酸化プロセス、加水分解速度等に関する検討により、腐食モデルが構築されている^{1)~4)}。本モデルを基礎として、微量の Sn を添加した塗装用の耐食鋼（以下、開発鋼）が開発されており^{5)~8)}、ラボ加速試験において、塗膜脆弱部（キズ部や薄膜部等）で高い耐食性を示し、さらにさびが残存した鋼表面に塗装した場合（補修模擬）でもその効果を発揮することが報告されている(図 1)⁷⁾。また本開発鋼は、機械的特性ならびに溶接継手特性とも JIS G 3106 SM 規格、道路橋示方書を満足するものである⁹⁾。本報告では、東神戸大橋橋脚下において、各種塗装仕様を施した鋼材を暴露し、1 年および 3 年で回収し、塗膜キズ部の腐食、剥離状況を調査した結果について報告する。

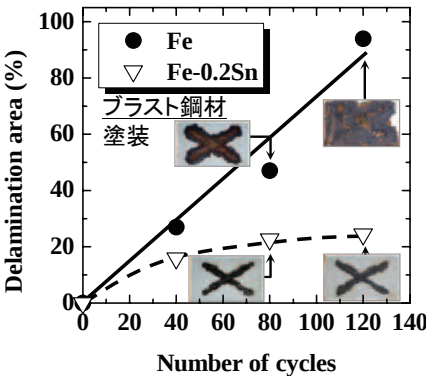


図 1 塗装鋼材の剥離面積率に及ぼす Sn 添加の効果⁷⁾[加速試験: SAE J2334]

2. 暴露試験概要

暴露試験は図 2 に示すように阪神高速 5 号湾岸線の東神戸大橋橋脚下で行った。鋼材(100x 60x 3 mm¹⁾)は開発鋼と比較材として SM 鋼を用いた。塗装仕様として表 1 に示す通常膜厚の仕様 C、無機ジンクリッチペイント[以下、ZP]およびエポキシ樹脂塗料下塗を薄膜化した仕様 N、無機ジンクリッチペイントを省略した仕様 S、さらにエポキシ樹脂塗料下塗を省略した仕様 NS である。試験片には表裏面にスクラッチキズを入れ水平ならびに垂直に設置した(図 2, '08 年 1 月 31 日開始～暴露期間 3 年)。また予め無塗装鋼材を SAE J2334 試験 30 サイクル (30 日) を用いて腐食、さびを形成後、カップワイヤケレンを実施 (鋼材表面残留塩分量は約 700 mg Cl/m²) し作製したさび残存鋼材上に仕様 S, NS を塗装し、同様に暴露を行った('09 年 3 月 19 日開始～暴露期間 1 年)。暴露地は海岸部であるが飛来塩分量は 0.04~0.07 mdd (mg NaCl/100 cm²/day)と比較的少ない環境である。

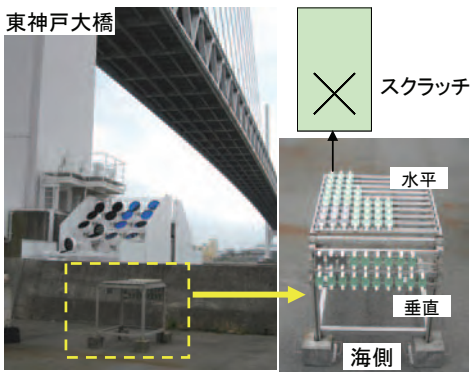


図 2 東神戸大橋における暴露試験状況と塗装試験片(スクラッチ付)の概略

表 1 塗装仕様一覧

仕様	塗料	膜厚
C	第 1 層 無機ジンクリッチペイント	75 μm
	第 2 層 エポキシミストコート	- μm
	第 3 層 エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm
	第 4 層 エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm
	第 5 層 ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
	第 6 層 ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm
合計		250 μm
N	第 1 層 無機ジンクリッチペイント	50 μm
	第 2 層 エポキシミストコート	- μm
	第 3 層 エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm
	第 4 層 ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
	第 5 層 ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm
	合計	165 μm
S	第 1 層 エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm
	第 2 層 エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm
	第 3 層 ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
	第 4 層 ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm
合計		175 μm
NS	第 1 層 ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
	第 2 層 ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm
合計		55 μm

3. 暴露試験結果

ZP を施した仕様 C, N は、水平、垂直暴露ともにスクラッチ部においても腐食は観察されず良好であった。ZP を施していない仕様 S, NS は、開発鋼、SM 鋼ともに暴露 1 年でスクラッチ周りにさびが観察され、暴露 3 年では腐食による塗膜の浮きも一部で観察された。水平暴露材のスクラッチ部周りの塗膜の剥離状況は、図 3 に示すように

下面の剥離が大きい傾向が観察された(図3中aとb, cとd, eとf, gとhの比較)。これは降雨後の乾燥時間, すなわち濡れ時間の相違に起因するものと考えられる。SM鋼に比べて開発鋼の剥離が抑制される傾向が観察され, 特に薄膜仕様のNSで顕著であった(図3中fとhの比較)。さび残存塗装材の仕様S, NSの1年暴露材に関しても外観上の差が観察された(図4)。薄膜の仕様NSではスクラッチ部以外からの発錆, 剥離が観察された(図4中mとn)。さび残存塗装材の場合は, ブラスト塗装材に比べて塗膜剥離が進行することがわかった。図5及び図6にブラスト塗装材並びにさび残存塗装材の剥離面積を示す。飛来塩分量が比較的少ない環境でかつ3年暴露と短期間であるが, ブラスト塗装材において開発鋼は剥離を抑制していることが確認された。さび残存塗装材においても, 1年の短期間の暴露であるが, SM鋼に比べて開発鋼は剥離を抑制している傾向が観られた。

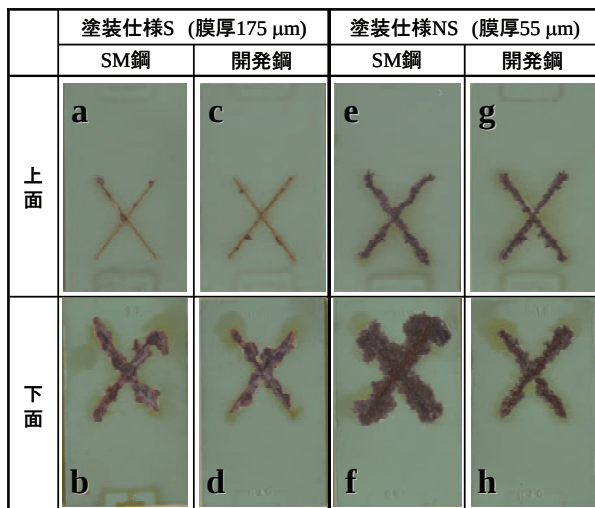


図3 3年暴露ブラスト塗装材のスクラッチ部塗膜剥離評価後の外観

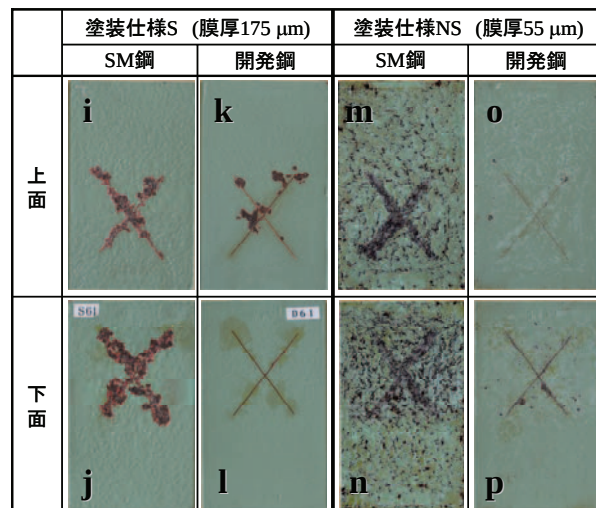


図4 1年暴露さび残存塗装材のスクラッチ部塗膜剥離評価後の外観

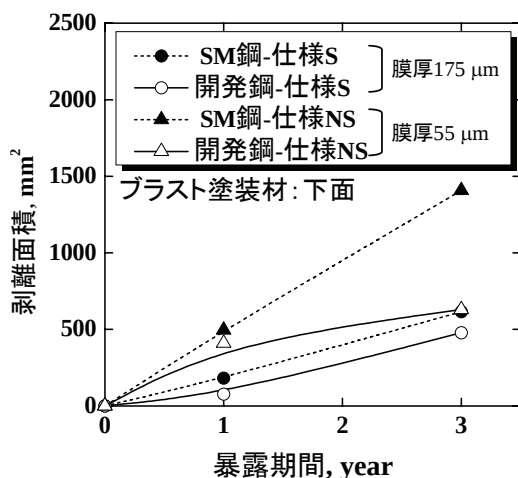


図5 ブラスト塗装材の剥離面積の経時変化

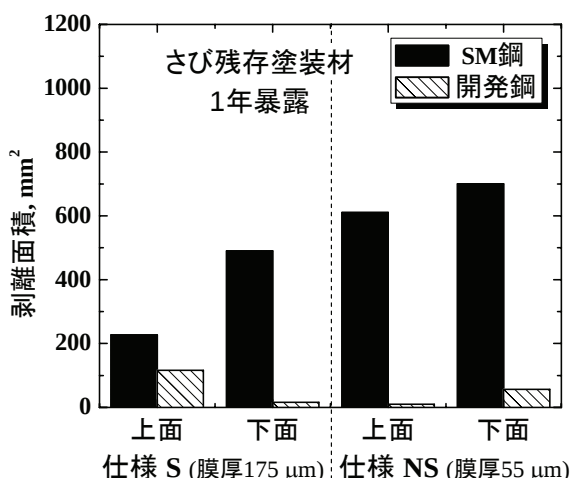


図6 さび残存塗装材の剥離面積

4. 結論

微量の Sn を添加した耐食鋼に各種仕様の塗装を行い, 東神戸大橋橋脚下において暴露試験を行った。その結果, 短い暴露期間ではあるが, 本開発鋼はブラスト鋼材上, さらにさび残存鋼材上の塗膜キズ部の剥離, 腐食を抑制できる可能性が確認された。本開発鋼は新設時のみならず塗り換え補修後の塗膜下腐食を抑制するため, 塗装が施される橋梁等の土木鋼構造物の LCC ミニマム化への寄与が期待される。

参考文献

- 1) 鹿島和幸, 上村隆之, 幸 英昭, 材料学会腐食防食部門委員会資料, 42(234), 52 (2003).
- 2) 上村隆之, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸 英昭, 工藤赳夫: 材料と環境 2008 講演集, C302 (2008).
- 3) 鹿島和幸, 上村隆之, 幸 英昭, 工藤赳夫, 材料と環境 2008 講演集, C303 (2008).
- 4) 上村隆之, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸 英昭, 工藤赳夫: 第 159 回春期鉄鋼協会シンポジウム資料(2010).
- 5) 上村隆之, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸 英昭, 工藤赳夫: 第 56 回材料と環境討論会講演集, C301 (2009).
- 6) 鹿島和幸, 上村隆之, 菅江清信, 幸 英昭, 工藤赳夫: 第 56 回材料と環境討論会講演集, C-302 (2009).
- 7) 上村隆之, 幸 英昭, 西尾 大: 土木学会第 65 回年次学術講演会, V-204 (平成 22 年 9 月).
- 8) 西尾 大, 中村 宏, 上村隆之: 土木学会第 65 回年次学術講演会, V-205 (平成 22 年 9 月).