

Sn 添加耐食鋼の塩分環境下における 10 年間の曝露試験結果

阪神高速道路㈱ 正会員 青木 康素* 正会員 高田 佳彦*

新日鐵住金㈱ 鉄鋼研究所 正会員 ○菅江 清信** 正会員 上村 隆之**

新日鐵住金㈱ 厚板技術部 正会員 壺岐 浩*** 児玉 正行*** 那須 和夫***

1. はじめに

塩化物が飛来する大気腐食環境の鋼の腐食モデルを基に、塗装用の耐食鋼（以下、開発鋼）が開発された¹⁻⁴⁾。本開発鋼は鋼中に微量の Sn を含み、機械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とともに、塩化物を含む大気環境を模擬するとされる SAE J2334 試験において塗膜脆弱部（きず部や薄膜部等）で高い耐食性を示し、普通鋼に比べて塗装塗替え判定基準に至る期間を 2 倍にする⁴⁻⁵⁾。これまでに、東神戸大橋橋脚や大鳴門大橋橋脚での実環境における 3 年間の曝露試験を実施し、本開発鋼は新設のブラスト上だけでなく、補修を模擬したさび面上の塗装欠陥部の腐食と塗装剥離を抑制できることを確認してきた⁶⁻⁷⁾。さらに、より腐食環境の厳しい茨城県波崎市（7 年間）や沖縄県海岸地域（3 年間）においても、本開発鋼は、普通鋼に比べて塗装きず部の腐食を抑制できることが判明した^{5,8)}。本報告では、東神戸大橋橋脚における 10 年間の曝露試験結果を報告する。

2. 試験概要

曝露試験は図 1 に示す兵庫県南東部の神戸市海岸地域にある阪神高速道路 5 号湾岸線の東神戸大橋橋脚で行った。鋼材（100×60×3 mm¹）は開発鋼と比較材として SM 鋼を用いた。塗装仕様は、表 1 に示す通常膜厚の C 仕様、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 N 仕様、ZP を省略した S 仕様、さらにエポキシ樹脂塗料下塗を省略した NS 仕様である。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を設置した（図 1, 2008 年 1 月 31 日開始～10 年）。また予め無塗装鋼材を、SAEJ2334 試験 30 サイクル（30 日）を用いて腐食、さび形成後、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、さび面上に S と NS 仕様の塗装をし、同様に曝露した（2009 年 3 月 19 日開始～9 年）。曝露環境の飛来塩分量は 0.04～0.07 mmd(mg NaCl/100 cm²/day)と比較的少ない環境である。

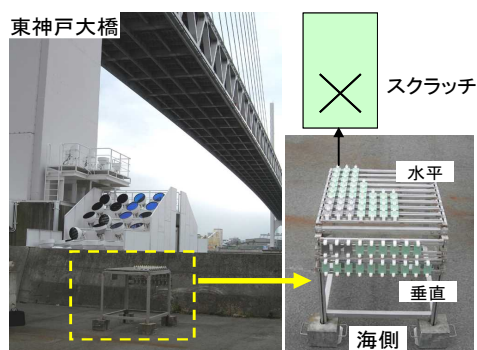


図 1 東神戸大橋における曝露試験状況と塗装試験片(スクラッチ付)の概略

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. 曝露試験結果

ZP を施した塗装仕様 C と N は、曝露 10 年経過しても水平と垂直ともに塗装欠陥部においても腐食は観察されず、良好であった。ZP を施していない塗装仕様 S, NS は、図 2 に示すように、開発鋼、SM 鋼ともにスクラッチキーワード 塩分飛来環境、耐食鋼、曝露試験

連絡先 ** 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町 1-8 TEL 06-7670-5878

*** 〒100-8071 東京都千代田区丸の内 2-6-1 TEL 03-6867-6401

チ周りにさびが観察され、腐食による塗膜の浮きも一部で観察された。図3に補修時のさび残存塗装を模擬した塗装の剥離面積を示す。比較材のSM鋼に比べて開発鋼は、水平と垂直のさび面の補修塗装欠陥部における腐食による塗装剥離を抑制した。図4に新設のブラスト面における10年間の塗装剥離面積の経時変化を示す。厚膜塗装のS仕様に比べ薄膜のNS仕様は、剥離面積が大きくなる傾向を示し、いずれの塗装仕様においても耐食鋼の方は、普通鋼に比べ剥離面積を抑制することがわかった。図5に9年目の補修を模擬したさび残存塗装材の剥離面積を示す。塗膜下地にさび層がある場合においては、塗膜のクロスカット部以外での塗膜下のさび層の成長による膨れによる剥離が生じた。いずれの塗装仕様においても耐食鋼の方は、普通鋼に比べさび面上の塗装の塗膜剥離を抑制した。

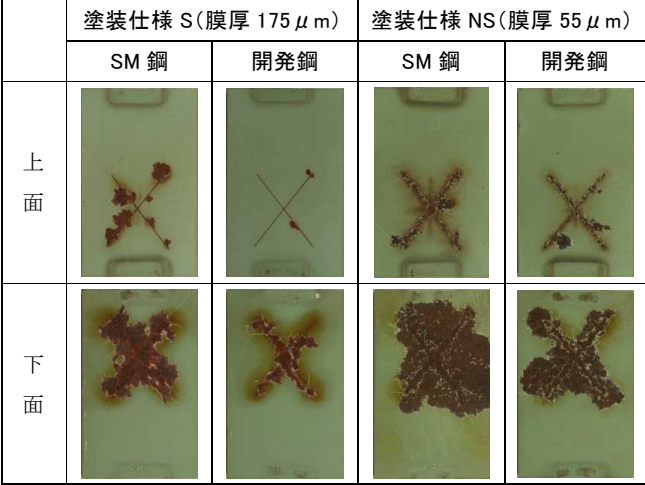


図2 10年暴露ブラスト塗装材のスクラッチ部塗膜剥離評価後の外観

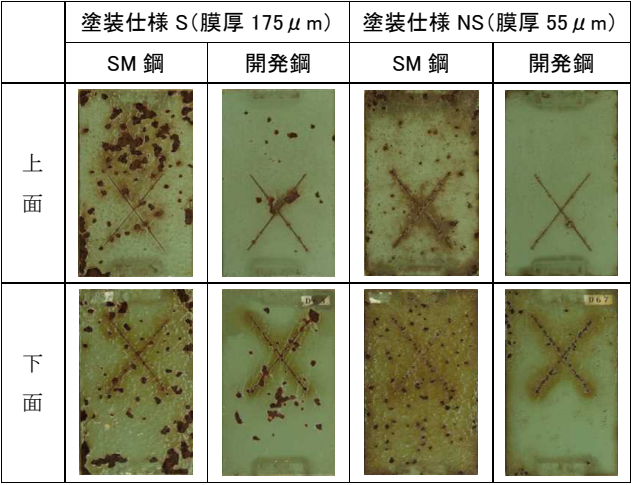


図3 9年暴露さび残存塗装材のスクラッチ部塗膜剥離評価後の外観

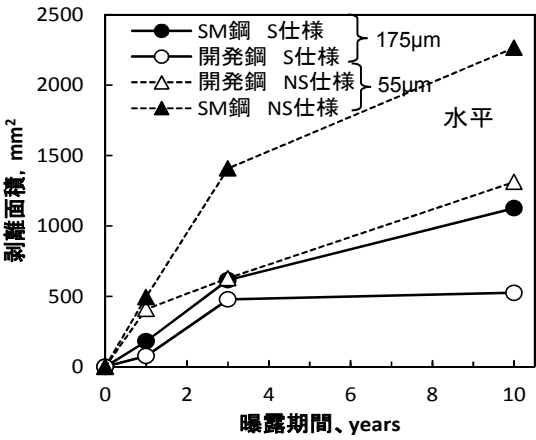


図4 剥離面積の経時変化(水平下面)

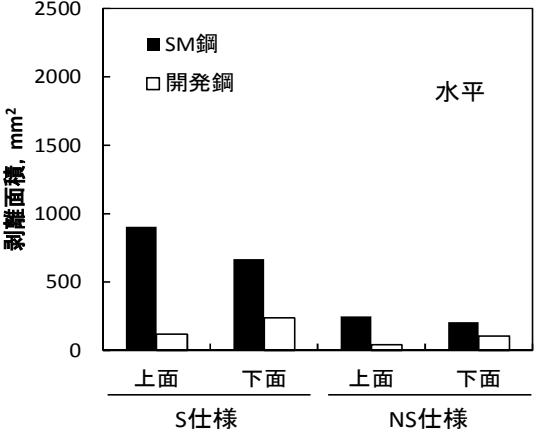


図5 剥離面積(補修模擬/さび残存塗装)

4. まとめ

微量のSnを添加した開発鋼を東神戸大橋橋脚下の10年間暴露した結果、開発鋼は新設のブラスト上、さらに補修を模擬したさび面上の塗装欠陥部の腐食と塗装剥離を抑制できることを確認した。開発鋼は、兵庫県南東部の神戸市沖合のような塩分環境下の橋梁等の塗装された土木鋼構造物の新設時だけでなく、補修後においても腐食劣化を抑制できると考えられる。今後、開発鋼による塗装鋼構造物のLCCのミニマム化の効果を定量化したい。

参考文献

1) T. Kamimura, K. Kashima, K. Sugae, H. Miyuki, T. Kudo: Corrosion Science 62 (2012) 34-41.
2) 上村隆之, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸英昭, 工藤勉夫: 材料, 62 (2013) 207-212.
3) 上村隆之, 西尾大, 前田隆雄, 吉田直嗣, 鹿島和幸, 菅江清信, 幸英昭, 工藤勉夫: 材料と環境, 62 (2013), 187-191.
4) 菅江清信, 上村隆之, 安藤隆一, 都築岳史: 新日鐵住金技報, 400, 79-85
5) 菅江清信, 上村隆之, 田中睦人, 児玉正行, 壺岐 浩: 第71回土木学会年次学術講演会 I-025
6) 関谷直浩, 飛ヶ谷明人, 前田隆雄, 上村隆之, 西尾大: 第66回土木学会年次学術講演会 I-595
7) 田畑晶子, 飛ヶ谷明人, 角 和夫, 上村隆之, 前田隆雄, 西尾大: 第67回土木学会年次学術講演会 I-144
8) 菅江清信, 上村隆之, 田中睦人, 児玉正行, 壺岐 浩: 第72回土木学会年次学術講演会 I-018