

Sn 添加耐食鋼の塗装寿命延長化の検証と 7 年間の曝露試験結果

新日鐵住金(株) 鉄鋼研究所 正会員 ○菅江 清信*
正会員 上村 隆之*
厚板技術部 正会員 田中 睦人**
児玉 正行**
正会員 壺岐 浩**

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特性、Fe²⁺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⁾。本モデルを基に、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^{2, 3, 4)}、ラボ加速試験において、塗膜脆弱部（きず部や薄膜部等）で高い耐食性を示すことが報告されている⁴⁾。また本開発鋼は、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ものである⁴⁾。本報告では、ラボの加速試験に基づいた塗装寿命延長化効果の検証と茨城県波崎市において各種塗装仕様を施した鋼材を曝露し、塗膜きず部の腐食、剥離状況を調査した結果について報告する。

2. 試験概要

2.1. 供試鋼材と腐食試験

塗装仕様材の代表的な鋼材規格の一つとして SM490YB を選択し、鋼材の化学成分を表 1 に示す。圧延鋼材から 100×60×3 mm^t の試験片を作製し、表 2 に示す塗装仕様の塗装を施した。塗装試験片の塗膜にスクラッチ疵を塩ビカッターで設け、図 1 に示す飛来塩分の多い大気腐食環境を模擬する腐食試験である SAE J2334 試験⁵⁾で腐食させた。

2.2. 曝露試験

曝露試験は、図 2 に示すように茨城県波崎市で行った。鋼材は、上記と同様の試験片（100×60×3 mm^t）を用いて、表 3 に示す塗装仕様の試験片を作製した。塗装仕様の詳細は、鋼道路橋示方書に記す一般外面塗装仕様である塗装仕様 C と、塗装仕様 N は無機ジंकリッチペイントおよびエポキシ樹脂塗料下塗を薄膜化した塗装仕様 N、無機ジंकリッチペイントを省略した塗装仕様 S、さらにエポキシ樹脂塗料下塗をも省略した塗装仕様 NS である。各種塗装仕様の塗装試験片の塗膜にスクラッチ疵を設け、水平姿勢で曝露試験を実施した。曝露試験場は、年間平均の飛来塩分量が 0.4 mdd（2007 年～測定）と比較的多い環境である。

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

表 1. 化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Sn
開発鋼	0.16	0.35	1.42	0.010	0.002	0.10～0.50
普通鋼	≤0.20	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.006	—

表 2. 塗装仕様

工程	塗料	膜厚
防食下地	無機ジंकリッチペイント	15 μm
ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	120 μm
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm

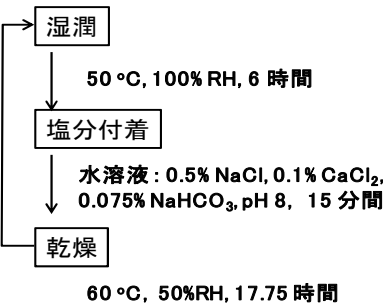


図 1. SAE J2334 試験内容



図 2. 曝露試験の状況

表 3. 曝露試験片の塗装仕様

	塗装仕様	C	N	S	NS
工程	塗料	膜厚			
防食下地	無機ジンクリッチペイント	15 μm	15 μm		
ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—	—		
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm	60 μm	60 μm	
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	60 μm		60 μm	
中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	30 μm	30 μm	30 μm	30 μm
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	25 μm	25 μm	25 μm	25 μm

3. 腐食試験結果

塗装鋼板の剥離面積の変化および劣化寿命予測においてゴンペルツ式を用いられる⁶⁾。SAE J 2334 試験後の塗装試験片の腐食による塗膜剥離部と健全部を画像処理により 2 値化処理し、剥離面積を算出した結果を図 3 に示す。また、塗装剥離面積の経時変化を式(1)に示す Gompertz 関数を用いて近似した。y は剥離%、K は剥離面積の最大値である 100%、a と b は係数を表 4 に示す。また、Gompertz 関数による近似した劣化曲線を図 3 に併せて示す。塗膜剥離面積の 3%を塗装劣化による塗装塗替え時期とすると、普通鋼は 90 サイクルで、開発鋼は 210 サイクルで塗装塗替え時期の 3%に達することが分かった。開発鋼は普通鋼に比べて、塗装塗替え時期を約 2 倍延長することが可能と考えられる。

$$y = Ka^{b^t} \dots (1)$$

表 4 Gompertz 関数の係数

	a	b
SM鋼	0.00063	0.0000031
CORSPACE	0.9915	0.9932

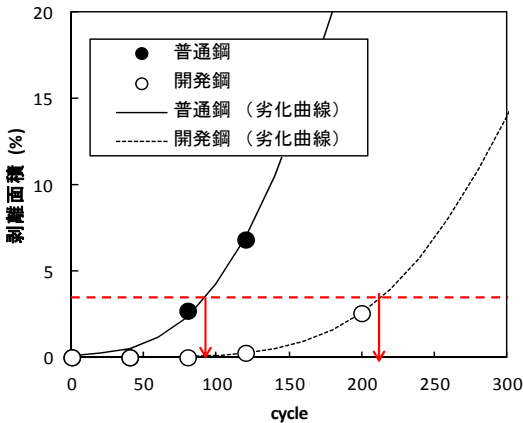


図 3 塗装剥離面積の経時変化と Gompertz 近似による劣化曲線

4. 曝露試験結果

茨城県波崎市で 7 年間曝露した結果、防食下地にジンクリッチペイントを含む塗装仕様である C と N 仕様では、塗装きず部の塗膜剥離と腐食深さは確認されなかった。S と NS 仕様の塗装剥離と腐食深さを図 4 と 5 に示す。Sn を微量に添加した開発鋼は、塗装剥離と腐食深さを抑制することが分かった。

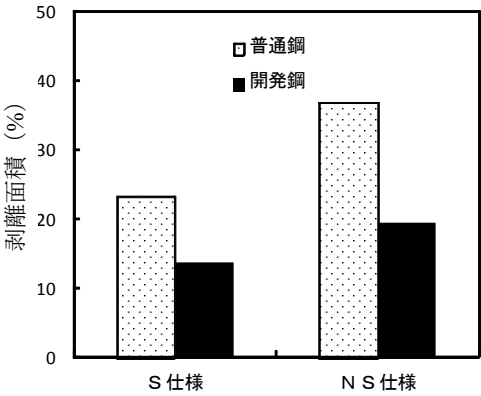


図 4 剥離面積

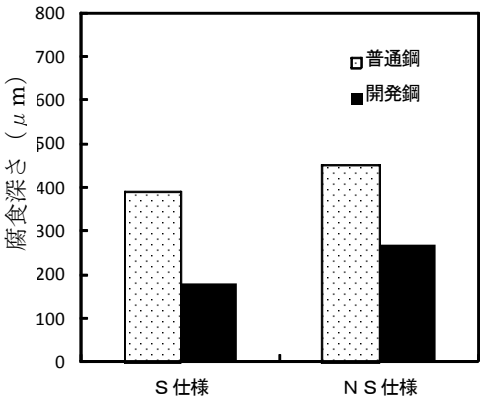


図 5 腐食深さ

5. 結論

飛来塩分の多い環境において Sn を微量添加した開発鋼は、塗装剥離と腐食深さを抑制し、SAE J2334 試験の環境においては、普通鋼に比べて塗装寿命延長を約 2 倍することが可能と考えられる。また、実環境で 7 年間曝露試験を実施した結果、防食下地を含まない塗装仕様でも塗装きず部の腐食を抑制することがわかった。本開発鋼は、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できる。

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, 工藤赳夫 : 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, 工藤赳夫 : 材料と環境, 62 (2013), 187-191.
4) 菅江清信, 上村隆之, 安藤隆一, 都築岳士 : 新日鐵住金技報, 400, 79-85
5) 長野博夫, 内田 仁, 山下正人, 環境材料学—地球環境保全にかかわる腐食・防食工学, p. 74、共立出版 (2004)
6) 金 仁泰, 伊藤義人, 構造工学論文集, 51A, 1069 (2005)