

Sn 添加耐食鋼の沖縄海岸部における 5 年間の曝露試験結果

日本製鉄(株) 鉄鋼研究所 正会員 菅江 清信* 正会員 加藤 祐介* 正会員 上村 隆之*

日本製鉄(株) 厚板技術部 正会員 壺岐 浩** 児玉 正行**

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、JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材、JIS G 3140 橋梁用降伏点鋼板、ISG 3101 一般構造用圧延鋼材が要求する機械特性ならびに溶接継手特性を満足し、さらに道路橋示方書に記す機械特性と溶接継手特性満足するものである⁴⁾。本開発鋼は鋼中に微量の Sn を含み、溶出した Sn イオンによる鉄の溶出反応抑制効果により優れた耐食性を発揮する⁵⁾。そのため、保護性のさび層の効果により優れた耐食性を示す耐候性鋼をはじめとする耐食鋼とは異なり、保護性さびを形成し難い塩化物の多い環境でも優れた耐食性を発揮し、鋼構造物の長寿命化に貢献できると期待される。本開発鋼は、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約 2 倍にする^{4, 6)}。また、実際の腐食環境下においても長期間優れた耐食性を示すことを確認してきた⁶⁻⁹⁾。本報告では、本開発鋼を沖縄県海岸部の非常に厳しい腐食環境下において 5 年間の曝露試験を実施した結果を報告する。

表 1. 化学成分 (mass %)

	C	Si	Mn	P	S	Sn
普通鋼	0.16	0.39	1.46	0.010	0.005	—
開発鋼	0.15	0.31	1.11	0.010	0.002	Add*

*target mass% > 0.1 %

表 2. 塗装仕様

工程	塗料	膜厚
防食下地	無機ジンクリッチペイント	75 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

2. 試験概要

2. 1. 供試鋼材

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。SM490YB 鋼を比較鋼とした。圧延鋼材から 100 × 60 × 3 mm^t の試験片を作製した。試験片の表面をショットブラストし、表 2 に示す橋梁用一般外面塗装仕様の C-5 塗装仕様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た。

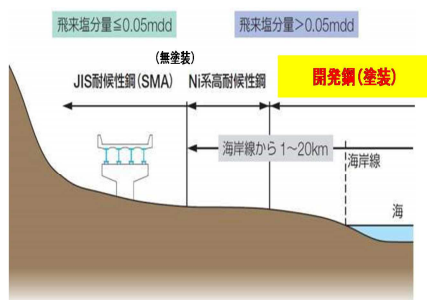
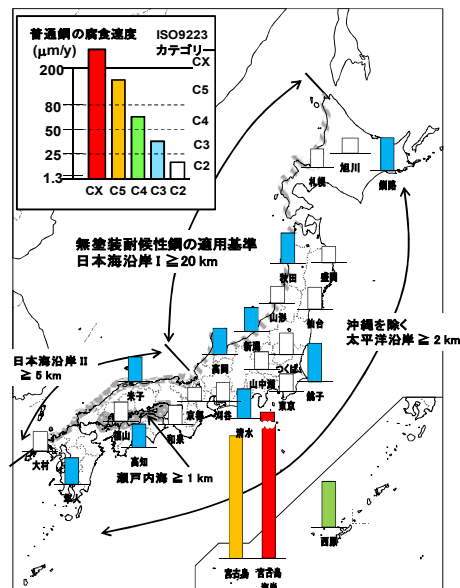


図 1. 開発鋼の適用環境

2. 2. 曝露試験

沖縄県海岸地域において、雨洗効果のある大気曝露条件と雨洗浄効果の無い軒下雰囲気条件で水平に設置して 3 年間曝露試験を実施した。なお、曝露試験の環境は、ISO9223 の腐食環境区分の C5 に相当し、図 1 および図 2 に示すような海岸地域で、かつ保護性さびの形成による防食効果の発揮が期待できない程厳しい腐食環境である。



(財)日本ウェザリングテストセンター 大気暴露試験ハンドブックの鉄鋼の腐食速度値と無塗装耐候性鋼の適用指針(建設省土木研究所、鋼材倶楽部、日本橋梁建設協会資料)を基に作成したもの

図 2 各環境の鋼の腐食速度と ISO9223 の腐食区分^{10, 11)}

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

3. 試験結果

図3に沖縄海岸部に5年間曝露試験を実施した試験片の評価後の外観写真を示す。雨洗効果の有る大気曝露と雨洗効果の無い軒下曝露の両方において、SM鋼に比べて開発鋼は腐食による剥離を抑制した。なお、防食下地にジंकリッチペイントを含む塗装仕様は、長期間腐食環境に曝されると、腐食していない箇所ですら凝集破壊により剥離する場合がある¹²⁾。腐食部は、図3中の黒色に変色した部分であり、同部分の面積率を剥離面積率として求めた。その結果を図4に示す。開発鋼は、SM鋼に比べて塗膜剥離を抑制した。図5に塗装きず部における腐食深さの測定結果を示す。開発鋼は、SM鋼に比べて腐食深さを約半分まで抑制した。

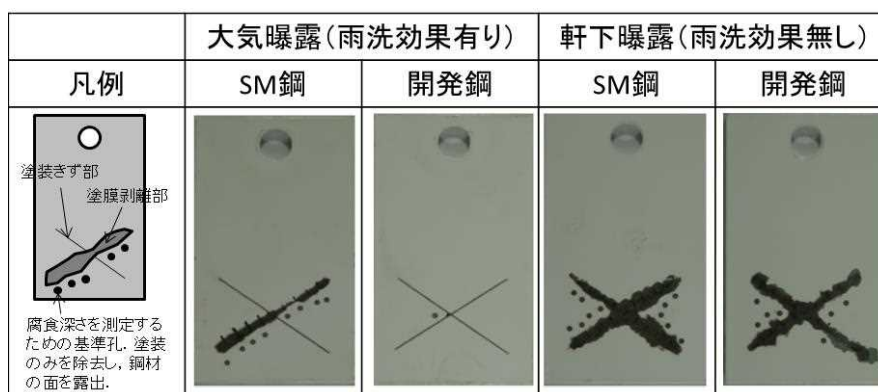


図3. 曝露試験片の評価後の外観写真

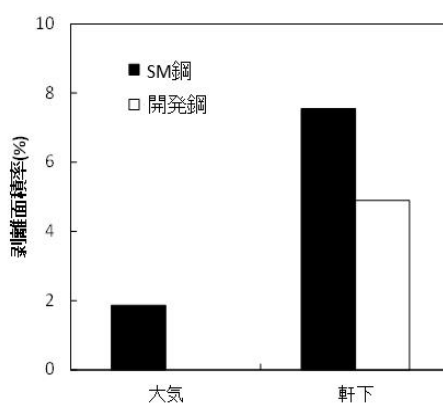


図4. 塗膜剥離面積率

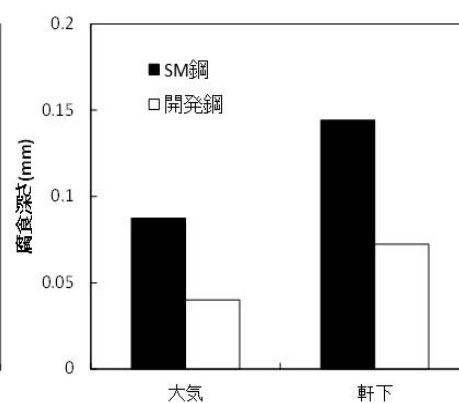


図5. 塗装きず部の腐食深さ

4. 適用事例

本開発鋼は、2018年に沖縄県浦添市の国道58号線、浦添北道路の牧港高架橋の鋼桁部に適用された(図6)。

5. まとめ

微量のSnを添加した開発鋼を沖縄県海岸部に5年間曝露した結果、開発鋼は普通鋼に比べて塗装欠陥部の腐食と塗装剥離を抑制することを確認した。開発鋼は、沖縄県海岸部のような非常に厳しい腐食環境下の橋梁等の塗装された鋼構造物に限らず、国内外の様々な大気腐食環境において適用でき、鋼構造物の長寿命化に貢献できると期待できる。



図6. 開発鋼が適用された橋梁

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, 都築岳史: 新日鐵住金技報, 400, 79-85.
- 5) K. Sugae, T. Kamimura, H. Miyuki, T. Kudo, Materials Transactions, 59 (2018) 779-786.
- 6) 菅江清信, 上村隆之, 沓岐浩, 児玉正行, 防錆管理, 62 (2018) 363-367.
- 7) 菅江清信, 上村隆之, 田中睦人, 児玉正行, 沓岐浩: 第71回土木学会年次学術講演会 I-025.
- 8) 菅江清信, 上村隆之, 田中睦人, 児玉正行, 沓岐浩: 第72回土木学会年次学術講演会 I-018.
- 9) 青木康素, 高田佳彦, 菅江清信, 上村隆之, 沓岐浩, 児玉正行, 第73回土木学会年次学術講演会 I-040.
- 10) (財)日本ウエザリングテストセンター 大気曝露試験ハンドブック, p13, <http://www.jwtc.or.jp/gijutsu/index.html>.
- 11) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・防食便覧, (2012) 第8版, III-16.
- 12) 田中誠, Structure Painting, 38 (2010), 18-25.