防食塗装した Sn 添加鋼の長期耐食性評価

名古屋大学大学院　学生会員　○奥野　貴文
名古屋大学大学院　正会員　廣畑　幹人
新日鐵住金（株）　正会員　上村　隆之
名古屋大学大学院　フェロー会員　伊藤　義人

1. 研究の背景および目的

鋼材表面の防食に限らず，耐食性の優れた下地鋼材が鋼橋の腐食劣化を遅らせることが知られており，一般の炭素鋼に Sn（スズ）を微量添加することで，塩分飛来環境下における防食欠陥部の耐食性を向上させた鋼材（以下，Sn 添加鋼）が開発されている [1].

防食塗装した Sn 添加鋼の防食欠陥部からの腐食劣化特性の解明を目的とし，これまでに一連の環境促進実験を実施してきた [2]．本稿では 2500 サイクル（1 サイクル/6 時間）の環境促進実験により得られた長期の実験結果を報告する．

2. 塩水噴霧複合サイクル環境促進実験

本実験に用いた供試鋼材は，JIS G 3106 に規定される SM490 鋼材に Sn を微量添加（0.01~0.5%）した Sn 添加鋼と，比較材として用いた SM490 鋼である．板厚 9mm の供試鋼材を 150×70mm に切断し，表面にブラスト処理（SIS Sa2.5）を施した後，A 塗装系および C 塗装系の防食塗装を施した．その後，図-1 に示す防食欠陥部（クロスカット：幅 1mm，素地露出部：幅 20mm）を設けた．

大気暴露試験との相関性が高いことが知られている S6 サイクル塩水噴霧複合サイクル実験 [3]を合計 2500 サイクル（4 サイクル/1 日）実施した．400 サイクルごとに，A 塗装系と C 塗装系それぞれ Sn 添加鋼：3 体，SM490：1 体を環境促進実験装置の槽内から取り出し，防食欠陥部の経時変化を観察・計測した．なお，1600 サイクル以降に用いた供試体（Sn 添加鋼：2 体，SM490：1 体）については，1200 サイクルに用いた供試体を引き続き使用し，実験を 2500 サイクルまで継続した．

3. 実験結果

400 サイクルごとに実験槽から取り出した供試体のクロスカット部に対し，レーザ深度計を用いて表面形状を計測した．2400 サイクル終了後の A 塗装系および C 塗装系供試体のクロスカット部周辺の表面形状計測結果を図-2 に示す．クロスカット部および素地露出部の周辺に下地鋼材の腐食に起因する塗膜のふくれが観察された．塗装の健全部から 50μm以上のふくれが計測された領域の面積 [4]（ふくれ面積と定義）の推移を図-3 に示す．2500 サイクルの実験終了後，A 塗装系では，SM490 と Sn 添加鋼のふくれ面積はほぼ同じであるのに対し，C 塗装系では，800 サイクル以降 SM490 に比べて Sn 添加鋼のふくれ面積が約 50%に抑えられる結果となった．

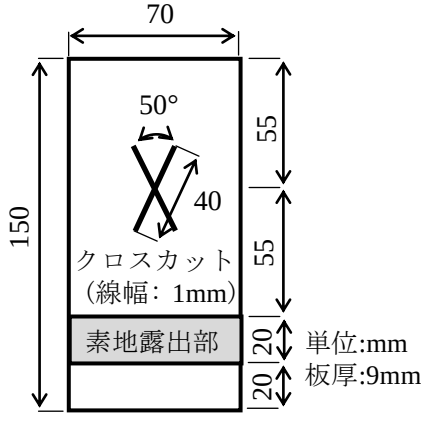

図-1　実験供試体

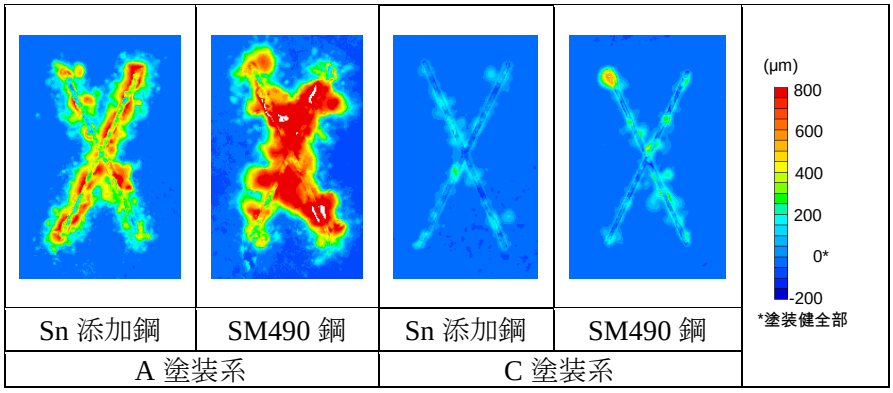

図-2　クロスカット周辺の表面形状計測結果（2400 サイクル後）

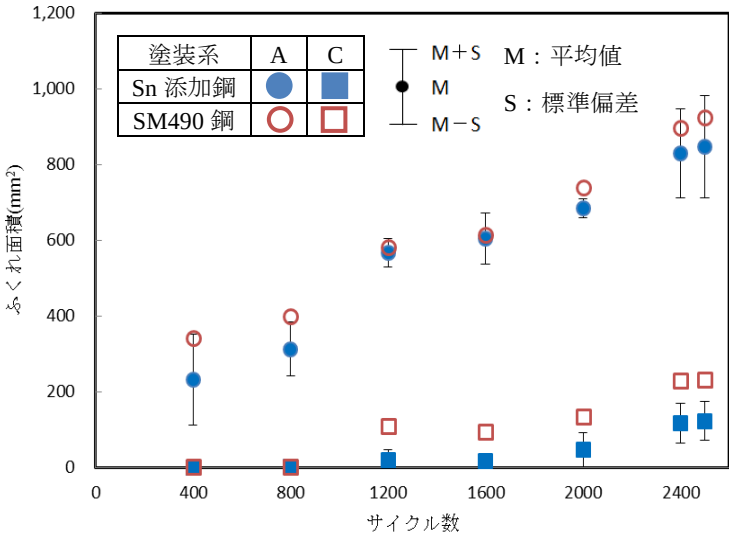

図-3　ふくれ面積の推移（2400 サイクル後）

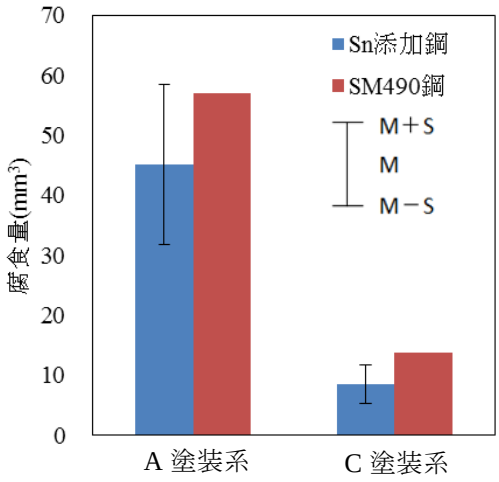

図-4　クロスカット部の腐食量

2500 サイクルを終えた供試体に対し，残存塗膜および腐食生成物を除去した後，クロスカット部周辺の塗膜下鋼材の表面形状の計測を行い，腐食量を算出した．図-4 に腐食量の比較を示す．Sn 添加鋼の腐食量は，SM490 鋼と比べて A 塗装系で約 80%，C 塗装系で約 60%に抑えられる結果となった．ふくれ面積，腐食量の両方の評価において C 塗装系で Sn 添加鋼による抑制効果は大きかった．

Sn 添加鋼が塗装の劣化を抑制するメカニズムは，溶出した Sn イオンが主にアノード反応のインヒビターとして pH の低下を抑制することに起因すると考えられている．素地鋼材が露出したクロスカット部がアノードに固定されることにより，腐食がクロスカット部に集中し，クロスカット部において pH が低下する環境では Sn 添加の効果がより顕著に現れることが検証されている [1)]．C 塗装系に比べ耐久性が低い A 塗装系では，Sn 添加の効果により腐食および塗装の劣化が抑制されるものの，クロスカット周辺の塗装の劣化に伴い，クロスカット部がアノードに固定されにくくなる．このため，C 塗装系に比べ，A 塗装系では Sn 添加による腐食および塗装の劣化抑制効果が小さくなったと考えられる．

4.　まとめ

Sn 添加鋼の防食欠陥部からの腐食劣化進行挙動を解明するために，S6 サイクルの塩水噴霧複合サイクル環境促進実験を 2500 サイクル実施した．得られた主な知見を以下に示す．

(1) SM490 に比べて Sn 添加鋼では防食欠陥部からの腐食の進展を抑制する効果が確認された．その効果は A 塗装系よりも C 塗装系の方が大きかった．実験後のふくれ面積を比較すると，Sn 添加鋼のふくれ面積は SM490 鋼と比べて A 塗装系で約 90%，C 塗装系で約 50%に抑えられた．

(2) SM490 鋼と比べ，Sn 添加鋼の腐食量は A 塗装系で約 80%，C 塗装系で約 60%に抑えられた．

参考文献

1) 上村隆之，鹿島和幸，菅江清信，幸英昭，工藤赳夫 (2013) :塗膜欠陥部を有する Sn 添加鋼の耐食性，材料，日本材料学会，Vol.62，No.3，pp.207-212.

2) 奥野貴文，廣畑幹人，上村隆之，伊藤義人 (2014) :防食塗装した Sn 添加鋼の腐食劣化特性と鋼橋への適用に関する一考察，平成 25 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集，I-003，pp.5-6.

3) 伊藤義人，岩田厚司，貝沼重信 (2002) :鋼材の腐食耐久性能評価のための環境促進実験とその促進倍率に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.48A，pp.1021-1029.

4) 伊藤義人，清水善行，小山明久 (2007) :酸性雨噴霧および塩水噴霧複合サイクル環境促進実験による鋼橋塗装の耐久性に関する研究，土木学会論文集 A，Vol.63，No3，pp.506-517.