

## 第 I 部門

## 塗装鋼板の耐食性に与える腐食生成物の環境遮断効果

|           |         |     |        |
|-----------|---------|-----|--------|
| (株) 神戸製鋼所 | 材料研究所   | 正会員 | ○湯瀬 文雄 |
| (株) 神戸製鋼所 | 材料研究所   | 正会員 | 松林 拓人  |
| (株) 神戸製鋼所 | 厚板商品技術部 | 正会員 | 松下 政弘  |
| (株) 神戸製鋼所 | 鋼板開発部   | 正会員 | 田畑 晃人  |

## 1. はじめに

橋梁分野においては、初期建設コストの低減に加え、メンテナンスや塗装、防食などの維持管理コストも含めたライフサイクルコスト（LCC）の軽減が求められている。鋼橋では、防食と景観上の観点から塗装が行われるが、塗装は時間の経過とともに塗膜が劣化し、防食性能が低下するため塗替えを行う必要がある。LCC 低減には、この塗替え周期を長期化することが有効であるとされている<sup>1)</sup>。鋼材自身の耐食性を高めるために、鋼材に合金元素を添加した各種低合金耐食鋼が開発されている。また、塗料の改良も行われており、近年では防食下地にジンクリッチペイントを用いる重防食塗装が施されることが多い。

しかし、鋼橋の供用期間は長期化しており、橋梁の桁端部など、構造上厳しい腐食環境になると想定される部位などにおいて、より一層の耐食性向上が求められている。

## 2. 耐食性向上について

重防食塗装の劣化メカニズムを考慮すると、鋼材と塗装とのマッチングにより、さらに耐食性を高めることが可能であると思われる。塗膜下腐食抑制機能を高めるために、合金元素を添加し鋼自体の耐食性を高めることに加え、塗装成分とのマッチングを考慮し、腐食生成物の緻密化による環境遮断効果や鋼材塗膜界面の保護作用効果を促進することができれば、塗装弱点部からの腐食進行を抑制することが可能となる。このような考えに基づき、著者らは高湿潤環境対応型耐食鋼板を開発した<sup>2)</sup>が、その塗装耐食性向上の想定メカニズムを図 1 に示す。鋼材と塗装の両面から塗装耐食性が向上し、塗替えまでの時間が延長すると考えられる。

本報では、上記仮説に基づき、合金添加鋼の環境遮断性を調査した結果を報告する。

## 3. 試験概要

ジンクリッチペイント中の亜鉛に対し、腐食生成物の緻密化による環境遮断効果作用効果を発揮すると考えられる合金元素として Mg を抽出した。

試験材として、普通鋼（SM 鋼）と比較鋼（Cu-Ni-Ti-Mg 系）を用い、暴露試験により塗装耐食性を評価した。

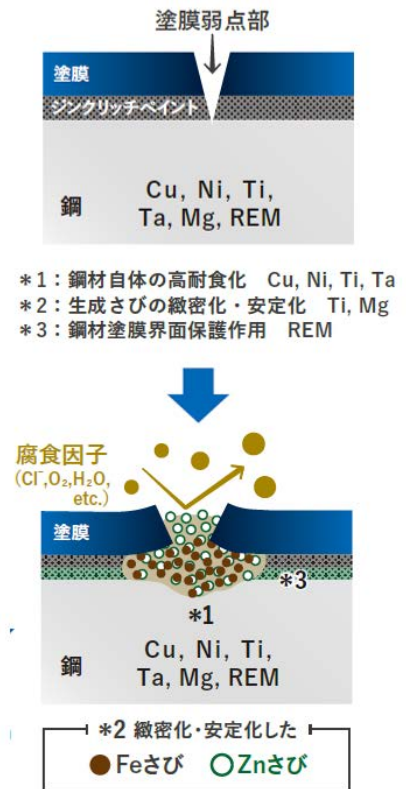


図 1 塗膜下腐食抑制メカニズムの模式図

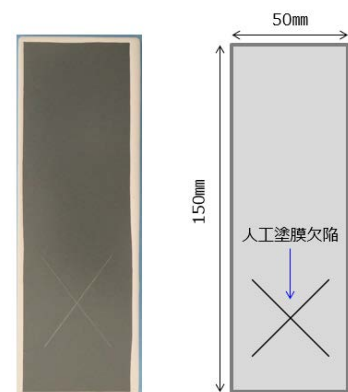


図 2 試験片外観と模式図

小型試験片（150×50×3mm）は、図2に示すように、裏側面をシーリングし、塗装（無機ジンクリッチペイント 35 $\mu$ m、エポキシ系樹脂 20 $\mu$ m、クリア仕様ふっ素系樹脂 20 $\mu$ m の合計 75 $\mu$ m）を施した。養生後に、塗装キズ部やさびが広がりやすいコバ部を模擬して、試験片下部にカッターナイフにて人工塗膜欠陥を付与した。暴露試験は、国内でも有数の厳しい環境として知られる、沖縄県宮古島市の一般財団法人日本ウェザリングテスト試験センターの海岸暴露場を選定した。1.5 年間の暴露試験実施後に、外観観察、腐食生成物の X 線回折測定や断面評価などを行った。

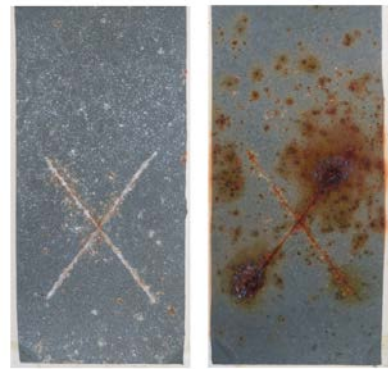


図3 暴露試験後の試験片外観  
(左：比較鋼、右：普通鋼)

#### 4. 試験結果

暴露試験後の試験片外観（人工塗膜欠陥部付近）を図3に示す。普通鋼の塗膜健全部では、赤色の点錆が多く確認された。塗膜欠陥部周辺では腐食が進行し、赤褐色のさびで覆われていた。一方、比較鋼の塗膜健全部では、白いさびがみられた。塗膜欠陥部には白色の腐食生成物が確認できた。一般的に、亜鉛の犠牲防食作用消失後に、鋼材の腐食が始まり、赤褐色の鉄さびが生成することから、比較鋼の方が腐食の進行が抑制されたと考えられる。

また、腐食生成物は測定個所により異なるが、鉄さび以外に、金属亜鉛、酸化亜鉛、塩基性塩化亜鉛などで構成されていた。比較鋼の方が鉄さびの割合が少なく、腐食の進行が遅いことが推察された。保護性があるとされる塩基性塩化亜鉛の結晶子サイズを算出した結果を図4に示すが、比較鋼の方が普通鋼よりも小さかった。

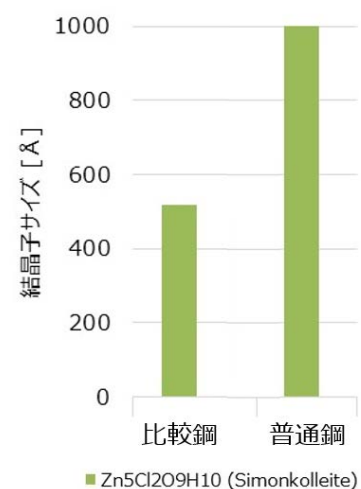


図4 腐食生成物の結晶子サイズ  
(左：比較鋼、右：普通鋼)

人工塗膜欠陥部の断面観察を行った結果を図5に示す。比較鋼は塗膜欠陥部も亜鉛の腐食生成物で覆われており、鋼材の腐食はあまり進んでいなかった。また Cl は鋼材表面へ侵入しておらず、腐食生成物表面に多く存在していた。

比較鋼の腐食生成物は保護性が高い亜鉛の腐食生成物が多く、また微細になっており、それらが環境遮断効果を高め、腐食因子の侵入を抑制し、耐食性を向上させたと考えられた。

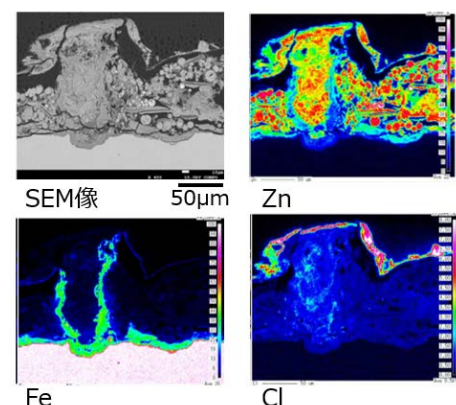


図5 比較鋼の断面観察結果（SEM 像、Zn、Fe、Cl マッピング）

#### 5. まとめ

鋼橋のライフサイクルコスト低減に寄与すべく、塗装成分とのマッチングを考慮した合金元素を添加した鋼材の耐食性を検討した。暴露試験にて耐食性を評価した結果、合金を添加した比較鋼は、普通鋼より腐食の進展が抑制され優れた塗装耐食性を示した。添加元素の効果により腐食生成物が緻密化し、環境遮断効果により塗膜下腐食を抑制することができたためと考えられた。

#### 参考文献

- 1) (社) 日本鋼構造協会：JSSC テクニカルレポート 55, 2002.      2) 湯瀬、松林、松下：2023 年度土木学会関年次学術講演会，V-261