

低温低圧型金属溶射技術を用いた硬着さびに対する防食性能に関する研究

(一社)施工技術総合研究所 学生会員 ○新田 健太

琉球大学 正会員 下里 哲弘

首都高技術(株) 正会員 日和 裕介

1. はじめに

重要な社会基盤施設の1つである鋼橋には、維持管理上の課題として防食がある。図-1.1は、鋼橋の腐食状況を示しており、桁端部やボルト継手部において著しく発生しやすい^[1]。このような腐食部の補修に行われる1種ケレンでは、さびの完全除去を目的に行われるが、構造形状からブラストノズルが入らない箇所や部材が重なった箇所では、完全に除去できない部分が存在する^[2]。よって、残存さび面でも長期間防食が可能となる、新たな防食下地処理技術の開発が求められる。そこで、筆者らは低温低圧型溶射技術であるCold Spray(以下、CS)技術に着目した鋼橋の防食技術開発を行っている。そこで本研究では、局部的な硬着さびに対する、防食下地処理技術としてCS防食皮膜を適用し、硬着さび面に対する防食効果の検証実験を行った。

2. 硬着さびのさび組成分析

(1) ラマン分光法を用いたマッピング分析結果

ラマンマッピング分析箇所を図-2.1に示す。各試料の腐食皮膜におけるラマンマッピング分析結果から以下のことが推察された。

まず、図-2.2に示すように硬着さびは素地近傍で活性さびである塩化物イオンを多く含む β -FeOOHが発生している。また、硬着さびの中間層は、不活性さびである非晶質さびで活性さびが覆われていることが確認できた。硬着さび面の上面は、水の影響で生成されたマグネタイトが確認された。

(2) マイクロビッカース硬さ試験

CSの成膜には、既往の研究より、粒子/基材の材料硬さパラメータにCS適用可能範囲の検証が行われ、皮膜粒子より基材のほうが硬いことが成膜の条件されている^[3]。図-2.3にマイクロビッカース硬さ試験の



図-1.1 鋼橋のさび状況

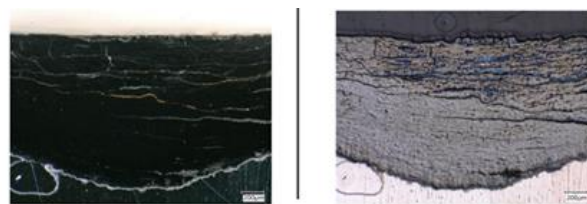


図-2.1 分析箇所付近光学顕微鏡像

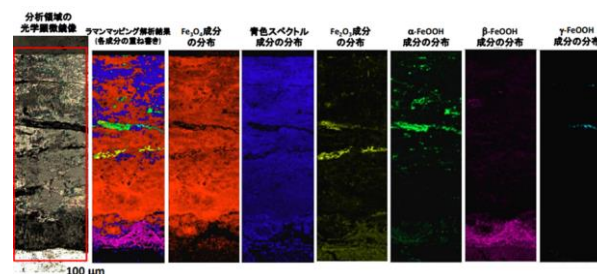


図-2.2 ラマンマッピング分析における成分分布

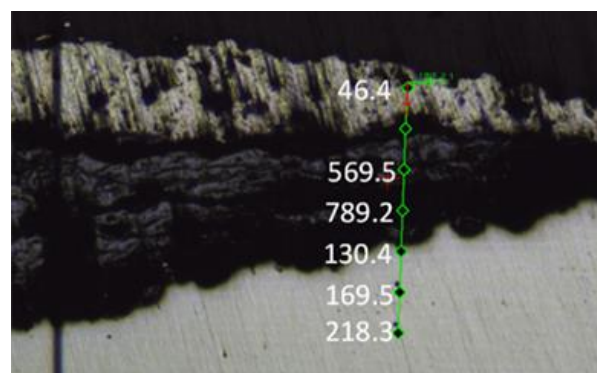


図-2.3 マイクロビッカース硬さ試験結果

キーワード 腐食, 低温低圧型金属溶射, 防食, 維持管理

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 TEL 080-8639-0811

各層の硬さ結果(Hv)を示す。硬着さびは、約 600Hv と高い値を示し、鋼素地と比べて硬い。また、亜鉛の CS 層は 50Hv 程度と亜鉛の標準的な硬度である。これらの亜鉛<鋼<さびの硬度差により、CS 亜鉛粉体が音速で硬いさびに衝突し、その際に亜鉛が塑性変形しながら、硬いさび面に密着したと推察される。よって、硬く除去できないようなさびに対しては、新材と同様に粒子が扁平化しながら超音速で衝突することにより界面は金属の冶金的に強固に結合され成膜されている。

3. 硬着さび上の防食性能評価

本研究では、図-3.1 に示すような CS 成膜と比較として溶融亜鉛メッキを使用した。各試験片の自然電位測定は、図-3.2 に示す条件の乾湿繰り返し複合サイクルによる腐食促進試験を 160cycle の中で適宜行った。各試験片にはんだで導線を取り付けて、試験体の 20mm×20mm の範囲が露出するようにシーリング処理を施した。その後、3mass%NaCl 溶液中に約 20 分間浸漬し参照電極の銀塩化銀電極ポテンシオスタットを用いて自然電位を測定した。各試験片の電気的特性と犠牲防食作用による防食効果を把握するために腐食促進試験 0,24,84,126,160cycle 経過時の自然電位測定結果を図-3.3 に示す。全ての試験片は、試験初期(0cycle)に-1.0Vvs.Ag/AgCl の自然電位を示し、CS 施工は 84cycle 経過時まで緩やかに貴化していることが分かる。84cycle 時には全て約-0.85Vvs.Ag/AgCl 程度の電位になっている。また、溶融亜鉛メッキも腐食速度は違うが 160cycle 経過後も CS 施工と同様な値を示した。よって、貴化の速度は違うが腐食鋼板上の CS 施工及び新材上の CS、溶融亜鉛メッキ施工は、同等の電気的特性が確認される。また、160cycle 経過してもすべて炭素鋼の自然電位に達しておらず、防食皮膜として機能していることが分かる。

4. 結論

本研究で行った硬着さび面に対する防食効果の検証実験により得られた結果を以下に示す。

(1) 硬着さび上のさび組成分析

硬着さびは、活性さびと不活性さびで構成されており、素地近傍では活性さびが分布しておりさびの再発が懸念される。活性さびが進展した場合には、鋼材の減肉となることが懸念されている。マイクロビッカース硬さ試験の結果から、硬着さびは、最も硬い

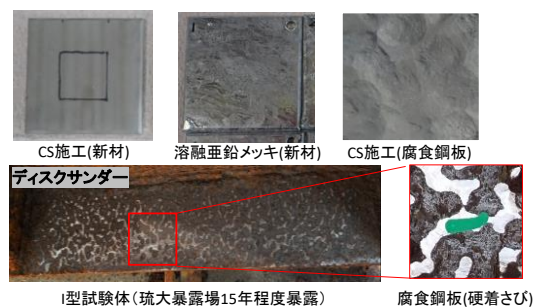


図-3.1 使用した試験鋼板



図-3.2 乾湿繰り返し複合サイクル条件

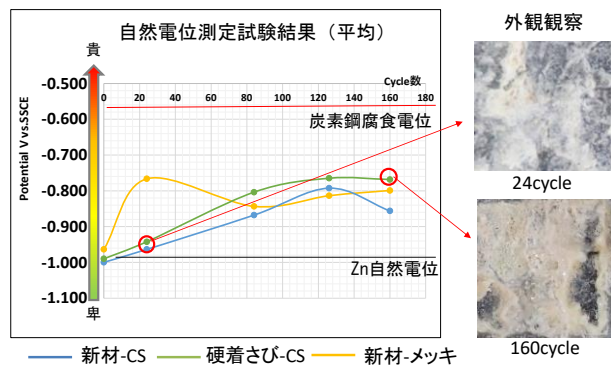


図-3.3 自然電位測定結果

箇所は 790Hv と確認でき、鋼材より硬いことより硬着さびの除去は鋼材切削作業と同等の作業が求められる。

(2) 硬着さび上の防食評価

複合サイクル試験 160cycle 経過後の結果より、硬着さび上の CS 皮膜は、新材面の亜鉛メッキと同等以上の十分な防食性を確認できた。

参考文献

- 1) 土木学会：腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法，丸善，2014
- 2) 新田健太，佐藤志帆，下里哲弘：腐食した鋼部材の腐食補修技術に対する各種ケレン方法の錆除去能力，第 10 回 土木西部支部沖縄会，pp.78-79，2021.1
- 3) 榊和彦，永田孝一郎，高田光一，湯藤大樹，清水保雄：コールドスプレーの粒子付着状況に及ぼす金属粉末と基材の材質組み合わせの影響，日本溶射協会第 89 回全国講演大会 講演論文集，pp19-20，2009