

腐食抑制技術の開発～環境遮断剤暴露試験

MK エンジニアリング(株) 正会員 ○河埜 紘希 川田工業 (株) 正会員 長坂 康史

MK エンジニアリング(株) 正会員 竹渕 敏郎 デンカ(株) 正会員 藤間 誠司

MK エンジニアリング(株) フェロー 竹之内 博行 琉球大学 正会員 下里 哲弘

1. はじめに

本研究は、社会インフラの老朽化に対して、継続可能で効率的かつ効果的な改修によりコストダウンを図る「スマートレトロフィット (SRF)」の要素技術研究開発の一つとして実施しているものである。

鋼構造の腐食は建設時の防錆仕様と施工品質、供用されてからの年月、環境条件、メンテナンス仕様などにより、特定の部位に外部から腐食因子の影響を受けて発生し、集中して進行することが多い。

本環境遮断剤は、三種ケレンの状態でもサブミクロンサイズの超微細粒子が錆組織の隙間まで浸透し、外部からの腐食因子を鋼材素地から遮断する。その浸透性及び遮断性の基本的性能は、琉球大学において 1008 時間の複合サイクル促進試験により確認されている。

本報告は、実橋補修を想定した適用条件（塗装の損傷度合、残留塩分量、暴露環境）に対する環境遮断剤の性能検証を目的とした、小型試験体及び実橋梁による暴露試験の経過と確認された性能について述べる。

2. 実施中の暴露試験

1) 小型試験体による暴露試験

小型暴露試験により、適用条件（塗装の損傷度合、残留塩分量、暴露環境）変化させて、環境遮断剤および一般的補修塗装の腐食抑制効果を比較検証した。

暴露試験に用いた小型試験体は、板厚 3.2mm の一般構造用圧延鋼材 (SS400) 50mm×100mm のサイズとした。試験体仕様を表 - 2 に示す。

表-2 小型試験体暴露試験仕様一覧

試験体 No.	暴露試験体仕様	
	試験体素地及び模擬した既設塗装系	環境遮断剤
【type-1】下地処理別に既設塗装系の劣化を模擬し、抑制効果の検証		
1	ジンクリッチペイント+エポキシ樹脂+フッ素	○
2	ジンクリッチペイント+エポキシ樹脂	○
3	鉛系+MIO+フタル酸	○
4	鉛系+MIO	○
5	腐食鋼板(人工腐食)	○
6	腐食鋼板(自然腐食)	○
7	プラスト+RC-3塗装系(一般補修塗装系)	—
8	プラスト	○
【type-2】残留塩分による腐食の影響検証		
9	プラスト+塩分付与(残留塩分量：大)	○
10	プラスト+塩分付与(残留塩分量：大)+RC-3塗装系	—
11	プラスト+塩分付与+蒸留水洗浄(残留塩分量：中)	○
12	プラスト+塩分付与+蒸留水洗浄(残留塩分量：中)+RC-3塗装系	—
13	プラスト+塩分付与+UFパブル水洗浄(残留塩分量：小)	○
14	プラスト+塩分付与+UFパブル水洗浄(残留塩分量：小)+RC-3塗装系	—

※残留塩分量 大=400～450mg/m²、中=250～300mg/m²、小=150～200mg/m²

【type-1:損傷度合】一般外面塗装 (C 塗装系, A 塗装系) の段階的な経年損傷度合 (上塗り残存状態, 下塗り残存状態, 腐食進行状態) を再現した。

【type-2:残留塩分量】素地調整後の残留塩分を想定し、3 段階の付着塩分を残留させた。

【暴露環境】設置場所として、一般的飛来塩分地域 (海岸部) の香川県多度津町 (腐食減耗量 0.01～

0.02mm/year) と、更に厳しい環境である沖縄県辺野喜 (0.5mm/year) の 2 箇所を選定し、腐食抑制効果を検証中である。

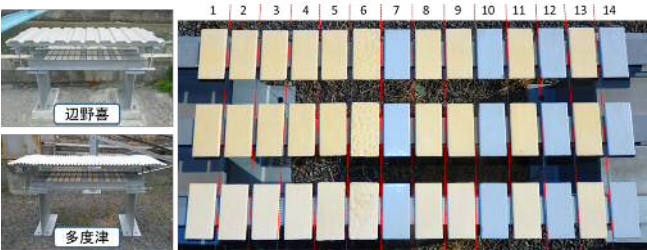


写真-1 小型試験体暴露試験 暴露状況

暴露開始 (平成 28 年 12 月) から約一年経過後の試験体は、両箇所共にNo.10, No.12, No.14 に変状が確認され、写真-2 のとおり、RC-3 塗装で塗装表面の膨れが生じた、環境遮断剤を施した試験体からは、同様の変状は確認されなかった。

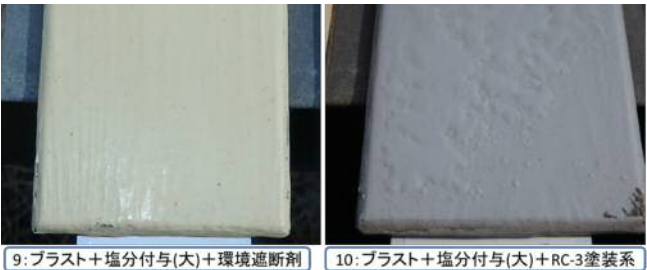


写真-2 小型試験体 経過状況

2) 実橋梁による暴露試験

最も効果的な施工仕様を設定する目的で、沖縄県国頭村にある鋼桁橋にて環境遮断剤適用して、暴露試験を行った。

本橋梁は、耐候性鋼材を使用した無塗装桁で、架設から約 30 年が経過している。現場は高温多湿の亜熱帯気候で、腐食速度:0.022 mm/y, 飛来塩分:0.16mdd の環境である。

施工箇所は伸縮装置周辺からの漏水と湿潤環境により腐食が発生している桁端部内面側とし、各桁同様な腐食具合であったため図-1に示すA~Dのウェブ及び下フランジ上下面とした。

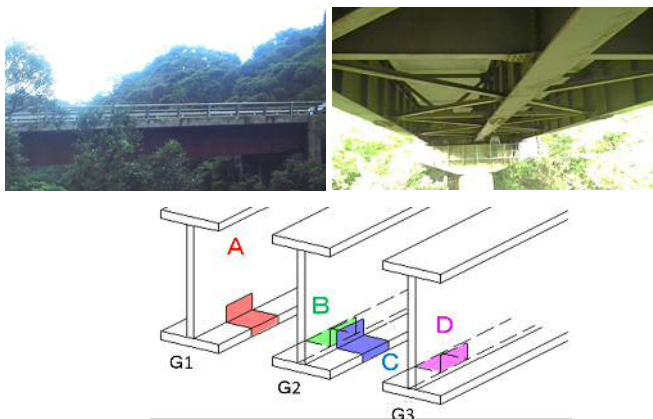


図-1 実橋梁暴露試験 施工箇所

この実橋梁暴露試験では、素地調整、鋼板エッジ部の処理、積層数、従来一般塗装との比較を検討項目とした。(表-1)

表-1 実橋梁暴露試験検証項目

表面処理	腐食抑制対策	エッジ部素地	検証目的
A 1種ケレン サンドブラスト	環境遮断剤 2回塗	1種ケレン	残存錆の影響を排除し、残留塩分に対する環境遮断剤の環境遮断効果の検証
B 1種ケレン サンドブラスト	F-13(一般塗装)	1種ケレン	残留塩分に対する一般塗装の環境遮断効果を検証
C 3種ケレン カップワイヤ	環境遮断剤 2回塗	2種ケレン	残存錆の多い状況での環境遮断剤の浸透効果と環境遮断効果の検証 エッジ部は、残存錆の影響を排除し防食膜の形成状況の検証
D 3種ケレン カップワイヤ	環境遮断剤 3回塗	3種ケレン	環境遮断剤の積層を増やした3層時の環境遮断効果の検証 エッジ部の残存錆部における環境遮断効果の検証

平成 28 年 10 月から暴露試験を開始し、約 1 年経過後に下記の変状を確認した。(写真-1:平成 29 年 11 月確認)



写真-3 実橋梁暴露試験状況

環境遮断剤を施した箇所では、十分な膜厚確保できなかったエッジ部及び施工時に発生した気泡から発錆していることが確認された。

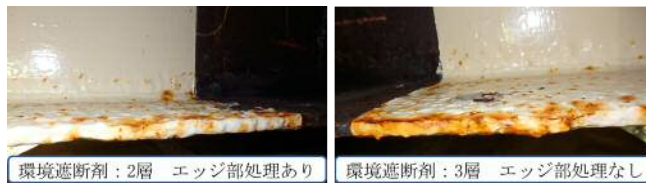


写真 4 - 実橋梁暴露試験 エッジ部比較

3. 確認された性能と検討事項

【確認された性能】

小型試験体暴露試験の結果より、一般補修塗装系(RC-3)と比較し、本環境遮断剤は塩化物イオン及び錆が残存した状況下においても、環境遮断性能により腐食抑制効果を得られることを確認した。

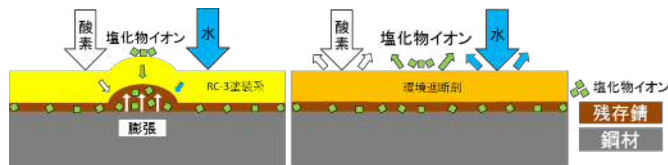


図-2 環境遮断性能の比較

実橋梁暴露試験の結果より、エッジ部に対しては2種ケレン以上の処理により、残存錆及びエッジ形状の影響を排除し十分な防食膜の形成を行うことで腐食抑制効果を得られることを確認した。

【検討事項】

両試験結果ともに、施工時発生したと推測される気泡から発錆が確認された。(図-3)

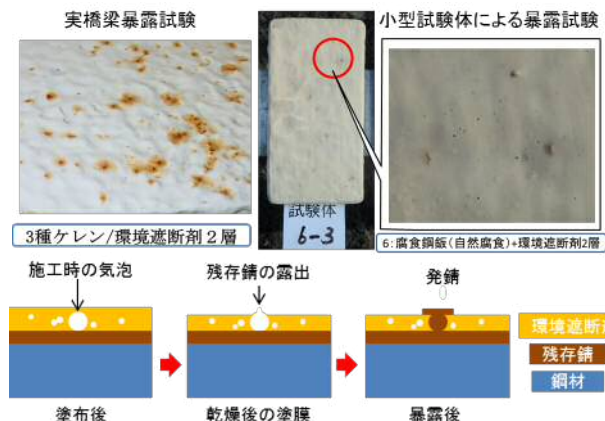


図-3 気泡からの発錆メカニズム

環境遮断性能得るためには、十分な膜厚を形成する必要があるため、気泡が発生しにくい施工方法、本材料の粘性の調整、エッジ部の面取り等が今後の検討事項としてあげられる。

参考文献 1) 竹淵・長坂ほか：沖縄地方において 30 年経過した耐候性鋼橋のスマートレトロフィット(SRF), 第 4 回土木学会西部支部沖縄会技術研究発表会, 2014