

## 腐食抑制技術の開発～環境遮断剤の小型試験体暴露試験

MK エンジニアリング(株) 正会員 ○和田 浩介 デンカ(株) 藤間 誠司  
 MK エンジニアリング(株) 正会員 竹淵 敏郎 川田工業(株) 正会員 長坂 康史  
 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、継続可能な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)」の要素技術開発の一つとして行っているものである。鋼橋の腐食は、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、劣化の進展具合は大きく異なっている。腐食に対する最も一般的な工法は補修塗装であるが、腐食要因の一つである付着塩分は、通常の素地調整処理では完全に除去できず、また、塗装も空気を完全に遮断するものではないため、塩分が還元剤となり再度腐食が発生する場合が多い。

環境遮断剤は、空気と水分を遮断して残留塩分の潮解性による腐食促進を防止することにより、鋼材を防錆する材料として開発を行っている。本報告は、現在までの基本性能試験の結果を踏まえて、実橋補修を想定した適用条件（既設塗装損傷度合、残留塩分量、暴露環境）に対する環境遮断性能の検証を目的とした小型試験体による暴露試験について述べるものである。

### 2. 環境遮断剤の基本性能試験の経緯

本環境遮断剤は、酸化チタン、炭酸カルシウム、非晶質シリカ等を顔料成分とするエポキシ樹脂系の特殊防錆剤であり、サブミクロンサイズの粒子が外表面を覆い錆組織の隙間に浸透することで、大気をほぼ遮断する防錆機構を有している。

本環境遮断剤の基本防錆性能に関しては、予めの複合サイクル試験により素地調整が異なる試験体に1008時間の促進試験を実施した。その結果、2回塗りの試験体では、全ての素地調整試験体で発錆が確認されなかった。また、試験体断面の電子顕微鏡観察により、本材料が腐食生成物内部に浸透している状況が確認できた。

並行して実施している沖縄県辺野喜（腐食減耗量0.5mm/year以上：琉球大学レポートより）の屋外暴露試験は、約2年が経過しているが、促進試験と同様に2回塗りの試験体では高い環境遮断効果が得られている。

### 3. 環境遮断剤の小型試験体による暴露試験

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）とし、50mm×100mm

のサイズとした。試験条件は以下の3項目である。

【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）を模擬し、それらに対する腐食抑制効果を検証した。

【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、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、それより更に厳しい環境である沖縄県辺野喜の2箇所での腐食抑制効果を検証した。

試験体仕様毎の試験目的を表-1に示す。

試験体/架台	暴露試験体仕様	試験目的
【損傷度合】既設塗装系の劣化を模擬した抑制効果検証		
試験体(1)	C塗装系上塗りまで + 環境遮断剤	ふっ素樹脂上塗りとの相性
試験体(2)	C塗装系下塗りまで + 環境遮断剤	エポキシ下塗りとの相性
試験体(3)	A塗装系上塗りまで + 環境遮断剤	フタル酸上塗りとの相性
試験体(4)	A塗装系下塗りまで + 環境遮断剤	フェノールMIOとの相性
試験体(5)	腐食鋼板(自然腐食) + 環境遮断剤	腐食度合(大)による相性
試験体(6)	腐食鋼板(人工腐食) + 環境遮断剤	腐食度合(小)による相性
試験体(7)	素地調整(プラストのみ) + 環境遮断剤	健全素地への適用
試験体(8)	素地調整(プラストのみ) + RC-3塗装	一般的補修塗装系との比較
【残留塩分量】残留塩分量を模擬した抑制効果検証		
試験体(9)	塩分付与(400～450mg/m <sup>2</sup> ) + 環境遮断剤	塩分量(大)による検証
試験体(10)	塩分付与(400～450mg/m <sup>2</sup> ) + RC-3塗装	一般的補修塗装系との比較
試験体(11)	塩分付与(250～300mg/m <sup>2</sup> ) + 環境遮断剤	塩分量(中)による検証
試験体(12)	塩分付与(250～300mg/m <sup>2</sup> ) + RC-3塗装	一般的補修塗装系との比較
試験体(13)	塩分付与(150～200mg/m <sup>2</sup> ) + 環境遮断剤	塩分量(小)による検証
試験体(14)	塩分付与(150～200mg/m <sup>2</sup> ) + RC-3塗装	一般的補修塗装系との比較
【暴露環境】暴露環境毎の抑制効果検証		
架台1	沖縄県辺野喜暴露場(腐食減耗量0.5mm以上/年)	【環境比較】(1)～(14)×3体
架台2	香川県多度津町(腐食減耗量0.01～0.02mm/年)	【環境比較】(1)～(14)×3体

キーワード 防錆, 暴露試験, 腐食抑制技術, 環境遮断, 補修材料

連絡先 〒154-0012 東京都世田谷区駒沢 2-16-1 サンドー駒沢ビル MK エンジニアリング(株) TEL 03-6805-4710

1) 既設塗装劣化の模擬試験体【損傷度合】

既設塗装損傷度合は、図-1 に示す経年劣化状態を再現し、既設塗膜および素地との相性を検証した。



図-1 既設塗装の損傷度合

既設塗膜残存の試験体は、一般外面 C 塗装系の上塗り（ふっ素樹脂塗料）と下塗り（エポキシ樹脂塗料），および A 塗装系の上塗り（フタル酸樹脂塗料）と下塗り（フェノール樹脂 MIO）の残存塗膜を再現した。模擬塗装を施工した試験体を写真-1 に示す。



写真-1 残存塗膜の再現

素地露出状態の試験体は、腐食度合による差異の再現として、自然腐食鋼板と人工腐食鋼板とを準備した（写真-2）。人工腐食鋼板はブラスト鋼板に 7 日間の屋外暴露（塩水付与 1 回/日）を行うこととし、自然腐食鋼板は長期屋外暴露で約 1.5mm 腐食した H 形鋼のウェブ面から切り出した。また、比較対象として健全素地のブラスト鋼板に、環境遮断剤と一般的補修塗装（RC-3 塗装）を施工することで、暴露試験による差異を検証することとした（試験体 (7), (8)）。



写真-2 腐食鋼板

上記で準備した試験体に対し、環境遮断剤および RC-3 塗装を電子秤量器による使用量管理にて施工した。環境遮断剤は、標準使用量 200g/m<sup>2</sup> (1g / 1 枚・回) を、約 30 分の間隔で 2 回塗りした。RC-3 塗装は規定間隔（1 日または 2 日以上）で、計 5 層の塗装を行った（写真-3, 4）。



写真-3 環境遮断剤施工状況



写真-4 RC-3 塗装状況

2) 残留塩分付与の模擬試験体【残留塩分量】

塩分付与試験体は、ブラスト鋼板に 1%食塩水を 4 回吹き付けた後、7 日間室内放置した。その後 3 種

ケレンの素地調整を行った結果、塩分量は 431 mg/m<sup>2</sup>（平均）となり、これを最大付着量の試験体とした。

残留塩分の段階的差異を設けた試験体は、実橋での付着塩分洗浄を想定し、最大付着量の試験体を洗浄水の種類を変えてトレイにて 5 分間浸漬させることとした。洗浄水には、精製水とナノバブル水（酸素 UFB：平均粒径 92nm×気泡密度 76 億個/mL）を使用した。浸漬後、乾燥させて素地調整を行った後の塩分量は、精製水洗浄は 274mg/m<sup>2</sup>（平均）、ナノバブル水洗浄は 185 mg/m<sup>2</sup>（平均）であった（写真-5, 6, 7）。



写真-5 付着塩分計測状況



写真-6 塩分付与 7 日間放置



写真-7 洗浄状況

上記で準備した試験体に対し、既設塗装劣化の模擬試験体と同様に、環境遮断剤および RC-3 塗装を電子秤量器による使用量管理にて施工した。

3) 試験体の現場設置【暴露環境】

小型暴露試験体は、香川県多度津町と沖縄県辺野喜に平成 28 年 11 月初に設置した。試験架台には紫外線による表面からの劣化防止と、雨水による付着塩分の流出防止のため、屋根を設置した（写真-8, 9）。



写真-8 沖縄県辺野喜 H29. 3/8



写真-9 香川県多度津 H29. 3/13

4. まとめ

暴露開始後 4 ヶ月経過の試験体には、全ての条件において腐食等の損傷は見られない。今後、段階的な劣化状況の経過観察と発錆の場合は原因調査を行い、適用条件（既設塗装損傷度合、残留塩分量、暴露環境）による腐食環境遮断性能を検証する。