

溶融亜鉛メッキ劣化部の補修に関する検討

本州四国連絡橋公団 正会員 帆足 博明

○本州四国連絡橋公団 正会員 大西 貴浩

1. はじめに

橋梁に設ける点検管理路、鋼製防護柵、オープングレーチング、照明柱など（以下、「橋梁付属物」という。）の防錆処理は溶融亜鉛メッキを採用することが多い。その防錆機能は、亜鉛及び合金層の緻密な被膜による「保護被膜としての作用」、亜鉛が鉄に防食電流を流し込み電気化学的に鉄を保護する「犠牲防食作用」により発揮するものであるが、月日の経過とともに亜鉛層と合金層は消耗する。

本州四国連絡橋の橋梁付属物のほとんどが溶融亜鉛メッキを施して、供用から15年程度が経過したものの中には、外観が赤褐色に変色し亜鉛層と合金層が消耗し始めているものもある。本州四国連絡橋公団では平成2年度に劣化した溶融亜鉛メッキ面の補修塗装仕様を規格化しているが、塗装仕様制定から約10年が経過したことや塗装以外の補修方法の方が適していると思われる部材があることから、最新の知見を取り入れ補修方法の見直しを検討している。

本報告は、上記を目的に実橋の溶融亜鉛メッキ部材の状況観察と部材別に最適な補修方法の検討を行った結果を報告するものである。

2. 実橋調査

(1). 調査内容

調査は、本州四国連絡橋のうち供用から10～20年程度が経過している大三島橋、因島大橋、大鳴門橋、瀬戸大橋などの橋梁付属物について行った。建設当初の溶融亜鉛メッキ付着量はほとんどの部材が550g/m²（膜厚；75μm、JIS H 8641 2種HDZ55）である。

調査方法は、見本帳¹⁾（劣化度Ⅰ；軽い白錆、Ⅱ；著しい白錆、Ⅲ；褐色の錆、Ⅳ；赤黒い錆）を用いた目視とし、橋軸方向に10m程度をひとつのグループとして、劣化している箇所がグループ内に占める面積割合を考慮し表1のとおり評価を行った。

表1 評価基準

グルーピング内の劣化度合	劣化の評価
全て劣化度Ⅰ	Ⅰ 良い
劣化度Ⅱが認められるが、大半は劣化度Ⅰ	Ⅰ ⁺
劣化度ⅠとⅡの割合が半々	Ⅰ～Ⅱ
劣化度Ⅰが認められるが、大半は劣化度Ⅱ	Ⅱ ⁻
ほとんどが劣化度Ⅱ	Ⅱ
劣化度Ⅱと劣化度Ⅲが半々	Ⅱ～Ⅲ
ほとんどが劣化度Ⅲ	Ⅲ
ほとんどが劣化度Ⅳ	Ⅳ 悪い

(2). 調査結果

表2は、調査の結果を橋梁及び部材別にまとめたものである。以下のことがわかる。

- ①. いずれの橋梁も溶融亜鉛メッキは概ね良好な状態である。
- ②. 架橋環境の違いによる劣化傾向が溶融亜鉛メッキと塗装では異なる。

表2 各橋梁の部材別の劣化度

橋 梁 名	点検管理路	鋼製防護柵	オープングレーチング	照明柱
大鳴門橋	Ⅰ(Ⅰ ⁺)	塗装	Ⅱ ⁻ (Ⅱ ⁻)	Ⅰ ⁺ (Ⅰ ⁺)
岩黒島橋	Ⅰ～Ⅱ(Ⅲ)	Ⅰ～Ⅱ(Ⅱ)	なし	Ⅰ～Ⅱ(Ⅱ)
南備讃瀬戸大橋	Ⅰ ⁺ (Ⅰ～Ⅱ)	Ⅰ～Ⅱ(Ⅱ)	Ⅱ ⁻ (Ⅱ ⁻)	Ⅰ～Ⅱ(Ⅰ～Ⅱ)
因島大橋	Ⅰ ⁺ (Ⅱ)	Ⅱ ⁻ (Ⅱ)	Ⅱ～Ⅲ(Ⅱ～Ⅲ)	Ⅰ～Ⅱ(Ⅱ)
大三島橋	Ⅰ(Ⅰ)	Ⅰ～Ⅱ(Ⅱ～Ⅲ)	なし	アルミ製

※ カッコ内は最も悪い劣化の評価を表す。

大鳴門橋の鋼製防護柵は溶融亜鉛メッキの劣化は見られなかった。

- ③. 溶融亜鉛メッキの上に塗装を行うことは効果的である。

キーワード 劣化溶融亜鉛メッキ、補修方法検討

連絡先 〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡橋公団 保全部 T E L 078-291-1000

3. 部材毎の補修方法の比較

劣化した溶融亜鉛メッキ部材の補修方法として、取替え、補修塗装、再メッキが考えられる。これらの工法について概要を表一3にまとめた。取替えについては、施工が大規模なうえコストもかかると考えられるので、検討の対象外とした。

表一3 補修工法の比較

名称	取替え	補修塗装	再メッキ
概要	使用限界ぎりぎりまで使用し、新規部材に取替える。	溶融亜鉛メッキがある程度劣化したら、塗装を行い亜鉛メッキを保護する。	溶融亜鉛メッキがある程度損耗したら、再メッキを行う。工場作行となり、補修期間中は仮部材等が必要。
備考		一般的な補修方法。	再メッキの性能等の確認が必要。

表一4は、補修塗装、再メッキについて、部材毎にライフサイクルコスト（以下、「LCC」という。）を比較するための条件であり、表一5はLCC比を表したものである。なお、溶融亜鉛メッキの劣化速度は因島大橋鋼製防護柵の測定結果から $2.8 \mu\text{m}/\text{年}$ とした。劣化した溶融亜鉛メッキの補修を行う劣化状態は、補修塗装は塗装による被覆後も溶融亜鉛メッキの防錆が期待できる劣化度Ⅲ、再メッキは防錆機能が残っている劣化度Ⅳとした。具体的には図一1のとおり補修塗装が15年、再メッキが21年となる。なお、LCCの比較期間は供用から100年間とした。この表からわかることは「オープングレーチングを除き、補修塗装が再メッキに比べ有効な補修方法であること。」である。

表一4 比較条件

項目	補修塗装	再メッキ
仕様	変性エポ×2+ふっ素上塗り	建設時と同様の付着量 ($550\text{g}/\text{m}^2$ 、 $75 \mu\text{m}$)
耐用年数	塗膜の耐用年数より15年とする。	残亜鉛の防錆機能（劣化度Ⅳ）を加味して、21年とする。

表一5 補修塗装と再メッキのLCC比較

部材名	再メッキ／補修塗装
点検管理路	再メッキのための撤去は非現実的
鋼製防護柵	3.14
オープングレーチング	部材形状から補修塗装は不可能
照明柱	1.07

4. 補修仕様の検討作業

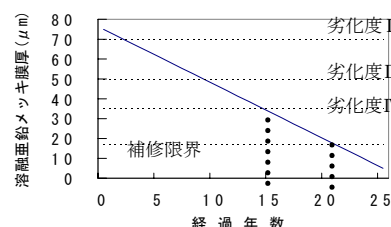
補修塗装の検討として表一6の塗装仕様について室内試験を行っている。塩水噴霧試験の結果、有機金属不動態化塗装系は傷部が腐食しやすく、高濃度亜鉛含有塗料と無機溶剤無機質塗装系は変性エポ×2+ふっ素に比べて耐久性に劣ることを確認しており、変性エポ×2+ふっ素が有効な塗装仕様と考えられる。今後は複合サイクル試験（JH S403-1992）の結果を踏まえ塗装仕様を検討する。再メッキの施工性並びに性能については、「一般工程に対して、脱脂・酸洗工程において1/2～1/3の時間で実施可能であり、メッキ前後の変形も生じなかった。」ことが確認されている²⁾。

5. まとめ

本州四国連絡橋に用いられている溶融亜鉛メッキは15年程度が経過しても概ね良好な状態であった。劣化した溶融亜鉛メッキ部材の補修方法については、ほとんどの部材で補修塗装が有効であることが判った。今後はLCCを考慮した最適な塗装仕様を選定し、要領化する予定である。

参考文献

- 1) 日本電信電話(株) 建築部；溶融亜鉛めっき鉄塔の劣化度写真見本帖 経済的な補修時期の判断
- 2) 有馬；オープングレーチングの亜鉛メッキ劣化度評価、本州四国連絡橋公団 第11回技術発表会
- 3) 日本鉛亜鉛需要研究会；亜鉛ハンドブック



図一1 溶融亜鉛メッキの耐用年数

表一6 補修塗装仕様検討対象塗料

	塗装仕様名
①	変性エポ×2+ふっ素
②	高濃度亜鉛含有塗装系
③	無溶剤無機質塗装系
④	有機金属不動態化塗装系