

犠牲防食作用を有する粘着テープを用いた防食工法の開発と性能評価

Development of an Anticorrosion Method Using an Adhesive Tape with the Sacrificial Anticorrosion Effect, and Performance Evaluation of the Adhesive Tape

塗料事業部門 構造物塗料事業部
テクニカルサポートグループ
Coating Business Div.
Protective Coatings Dept.
Technical Support Group



吉田 新
Arata YOSHIDA



田邊 康孝
Yasutaka TANABE

要 旨

鋼構造物の防食手法として一般的に塗料が用いられているが、塗膜は様々な環境要因によって劣化するため、定期的なメンテナンスを必要とする。メンテナンスの方法として、部分塗り替え塗装が一般的に行われているが、部分塗り替え塗装には4～6日の施工日数が必要であり、近年メンテナンス需要が増大している状況から、十分な対策がとられていない事例が多く認められている。そのため、より簡便な補修方法が必要とされている。

著者らはより簡便な補修方法として、粘着テープを用いた工法を検討し、従来の重防食塗装と同等な防食性能を有する工法を開発したので、本報にて報告する。

Abstract

Paint is commonly used as an anticorrosive method for steel structures. However, regularly maintenance is required, because the coating film deteriorates due to various environmental factors.

Partial repainting is generally performed as a maintenance method. It takes application period about 4-6 days, sufficient measures do not take despite the increasing demand for maintenance, therefore, it requires a better and easier method than before.

In this report, we describe as a simpler repair method what we developed construction method performance the same as current heavy-duty anticorrosion coatings.

1. はじめに

1.1 国内インフラの現状

国内には橋梁などの鋼構造物、タンクや配管など各種プラント設備が数多く存在している。中でも橋梁は、高度経済成長期にその多くが建設されたことから、建設後50年以上経過したものが2023年度には47%、2033年度には67%を占めると推計されている¹⁾。我が国の財政事情を考慮すると、これらの長期経年した橋梁を建設しなおすことは現実的ではない。そのため、橋梁に適切な維持管理を施し、長期にわたり供用していくことが重要となる。

一方、国内の橋梁の約7割を管理する市町村では、「維持修繕予算の減少」や「土木技術者の不足」などの要因により、満足な維持管理が行えていないのが現状である²⁾。

こうした背景から、橋梁の維持管理の負担軽減を目的とした、高い耐候性と防食性を有し、かつ省工程である工法の開発が強く求められている。

1.2 部分塗り替え塗装について

国土交通省国土技術政策総合研究所は「鋼道路橋の部分塗り替え塗装要領(案)」において「部分塗り替え塗装は、部分的に劣化が進行した部材・部位を塗替えることにより、塗膜全体の防食機能の維持と腐食の進行防止を図ることを目的とする」と提言している³⁾。劣化が進行した塗膜を部分的に塗り替えることで塗膜全体の防食性を維持し、ライフサイクルコスト(LCC)の低減を図るという考え方である。

しかし、従来の塗料による部分塗り替え塗装には最短4日の施工日数が必要である。表1に部分塗り替え塗装の工程例を示す。

「予算不足」「人材不足」の中、部分塗り替え塗装による補修を適切な時期に行うことが困難な場合が多く、より簡便な補修方法が必要とされている。

表1 従来の部分塗り替え塗装工程

工 程		塗装間隔
工程①	素地調整(2種ケレン(電動工具))	4時間以内
工程②	1層目 有機ジンクリッチペイント	1日~10日
工程③	2層目 弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	1日~10日
工程④	3層目 弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	1日~10日
工程⑤	4層目 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	1日~10日
工程⑥	5層目 弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	—

1.3 本検討の目的

このような課題を解決するために、著者らは粘着テープを用いた防食工法の検討を行ってきた。複数の工程が必要な従来の「塗装」から、「貼る」だけで施工が完了する工法に転換すれば、橋梁の維持管理の負担を大幅に削減することができる。また、工場成型品の粘着テープを用いることで、施工時の膜厚管理などが不要となる利点もある。本検討では、従来の重防食塗装と同等な防食性能を付与できる「粘着テープを用いた防食工法」を開発することを目的とした。

2. 開発コンセプト

2.1 粘着テープとは

一般的な粘着テープの構成を図1に示す。粘着テープは主に次のような層で構成される。

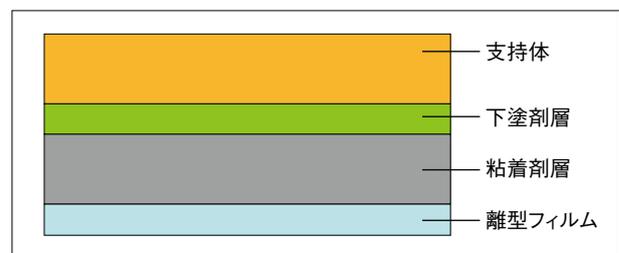


図1 一般的な粘着テープの構成

- ①支持体:紙、布、金属、プラスチックなどで構成され、粘着層を均一に塗工するための母体。
- ②下塗剤層:支持体と粘着剤層を強固に接着するた

めの層。支持体と粘着剤の種類によっては不要となる場合がある。

- ③粘着剤層:粘着性を持つ高粘度液体で構成される層。アクリル系、シリコーン系、ウレタン系などの種類がある。
- ④離型フィルム:粘着剤層を剥がしやすいような表面処理が施されたフィルム。巻き取り式の粘着テープの場合、支持体表面に加工される場合もある。

2.2 目標性能

本工法は施工を1工程で完了させるため、粘着剤層と支持体に以下の性能をもたせることを目標とした。自己修復機能については、施工後に飛び石などにより粘着剤層および支持体が損傷を受けた場合に、防食性を保持するために必要な機能である。

◆粘着剤層

- ・重防食塗装系と同等の防食性
- ・長期の供用を可能とする強力な粘着性
- ・外的要因によって生じる傷に対する耐性(自己修復機能)

◆支持体

- ・粘着層と鋼材を保護するための環境遮断性
- ・長期の供用を可能とする耐候性

これらのコンセプトを基に、次節に記載する粘着テープを開発した。

3. 開発品の概要

3.1 開発品の構成

開発した粘着テープ(以下、開発品と記す)は、①支持体、②亜鉛末含有粘着層(以下、粘着層と記す)、および③離型フィルムの3層からなる。開発品の構成を図2に示す。

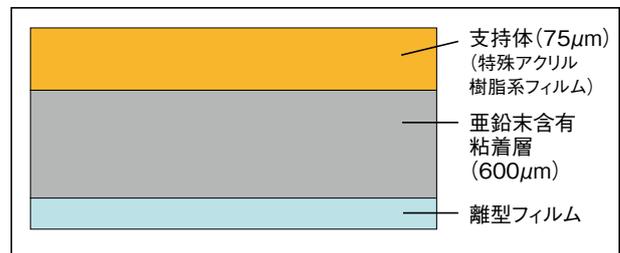


図2 開発品の構成

3.2 開発品各層の概要

粘着層は膜厚約600 μ mであり、亜鉛末を含有する層である。亜鉛末を含有させることにより、ジンクリッチペイントと同水準の犠牲防食作用・長期耐久性を期待した。また、柔軟性の高い粘着剤を採用した。これは、粘着層の自己修復機能の発現を期待したためである。粘着剤は押し広げられても元の状態に戻ろうとする弾性を持っており、再接着することで傷が修復する。この機能が自己修復機能である。自己修復機能のメカニズムを図3に示す。

支持体は約75 μ mの特殊アクリル樹脂系フィルムを採用し、高い耐候性と環境遮断性を期待した。

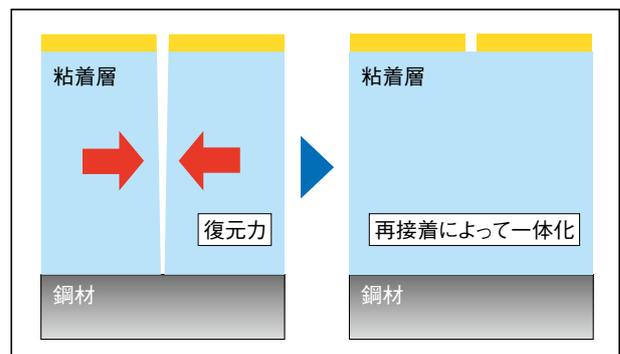


図3 自己修復機能の概要

4. 性能評価

4.1 試験片作製

試験片は一般構造用圧延鋼材(70×150×t3.2mm以下、鋼材と記す)にグリッドブラスト処理(RzJIS=25μm)したものをを用いた。開発品は任意のサイズに裁断した後、手動式圧着装置(2kg)を2往復させることで接着

した。

また、比較として重防食塗装系の試験片を供試した。その仕様を表2に示す。塗装はエアスプレーにて行い、養生期間は塗装後7日間(23°C、50%RH)とした。

表2 試験水準

		開発工法	新設仕様(C-5塗装系)	塗替え仕様(Rc-1塗装系)
仕様	素地調整	グリッドブラスト処理 (ISO Sa 2 1/2)	グリッドブラスト処理 (ISO Sa 2 1/2)	グリッドブラスト処理 (ISO Sa 2 1/2)
	粘着テープ	開発品	—	—
	防食下地	—	ゼッターOL-HB (無機ジंकリッチペイント)	ゼッターEP-2HBスマイル (有機ジंकリッチペイント)
	ミストコート	—	エポニックス#30下塗 HB (エポキシ樹脂塗料下塗)	—
	下塗り	—	エポニックス#30下塗 HB (エポキシ樹脂塗料下塗)	エポオールスマイル (弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗)
	下塗り	—	—	エポオールスマイル (弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗)
	中塗り	—	Vフロン#100H中塗 (ふっ素樹脂塗料用中塗)	Vフロン#100Hスマイル中塗 (弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗)
	上塗り	—	Vフロン#100H上塗 IG (ふっ素樹脂塗料上塗)	Vフロン#100Hスマイル上塗 IG (弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗)

4.2 粘着力試験

粘着力試験はJIS Z 0237:2009に準拠した90°引きはがし法にて実施した。試験の概要を図4に示す。粘着力試験には精密万能試験機((株)島津製作所製オートグラフAG-Xplus)を使用した。また、実環境中での供用を考慮し、各種劣化試験後の開発品においても同様の粘着力試験を実施し、初期との比較を行った。

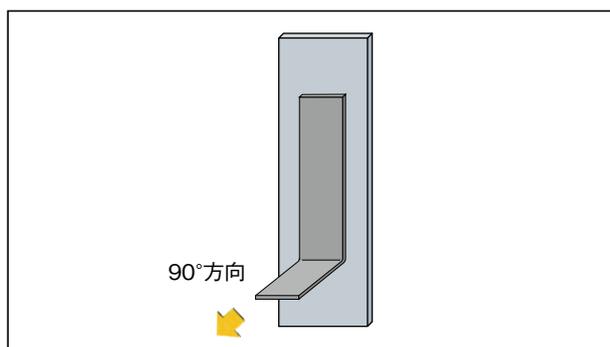


図4 粘着力試験の概要

4.3 防食性試験

防食性試験として、耐複合サイクル試験(JIS K 5600-7-9:2006 サイクルD 以下、CCTと記す)、耐中性塩水噴霧性試験(JIS K 5600-7-1:1999 以下、SSTと記す)を実施した。クロスカットは刃厚0.38mmのカッターナイフにて鋼材に達するまで行い、試験時間2500時間とした。なお、従来の重防食塗装系も同時に供試し、開発品との比較を行った。

4.4 自己修復機能の確認

CCT試験後の試験体のカット部断面を走査型電子顕微鏡((株)日立ハイテク製SU-70 以下SEMと記す)にて観察した。

4.5 犠牲防食機能の確認

鋼材に露出部としてすき間1mmの間隔を設けて開発品を貼りつけ、CCTに10サイクル供試後の鋼材露出部および開発品貼付部の様子を評価した。試験片の模式図を図5に示す。

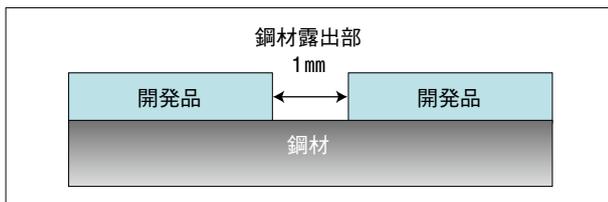


図5 犠牲防食機能確認用試験板の概要

犠牲防食が機能している場合、粘着層中の亜鉛末から生成する酸化物によって鋼材が保護されることが期待できる。評価は目視観察および電子線マイクロアナライザ((株)島津製作所製EPMA-1720 以下EPMAと記す)にて行った。

4.6 促進耐候性試験

促進耐候性試験はキセノンランプ法(JIS K 5600-7-7:2008)を2000時間実施し、外観・光沢保持率・白亜化の等級を確認した。

5. 結果と考察

5.1 粘着力試験

粘着力試験の結果を表3に示す。開発品は、初期および各種劣化試験後においても、40N/25mm以上の高い粘着力を有していることを確認した。これは、住宅建築材料の固定などに用いられる粘着剤と同等の性能である。

表3 粘着力試験結果

促進試験	規格	目標値 (N/25mm)	粘着力 測定結果 (N/25mm)	
初期(23℃、3日後)	—	40以上	55.2	合格
耐複合サイクル試験 (480時間後)	JIS K 5600 -7-9:2006 サイクルD		55.7	合格
耐水性試験(240時間後)	JIS K 5600 -6-1:2016		42.4	合格
耐湿潤冷熱繰返し性試験 (10サイクル後)	JIS K 5600 -7-4:1999		55.8	合格
耐熱性試験 (160℃、30分間)	JIS K 5551 :2018		62.5	合格

5.2 防食性試験

防食性試験の評価結果を表4に示す。何れの試験片においても一般部およびカット部に異常は見られず、従来の重防食塗装系と同等以上の防食性を有していることを確認した。

表4 防食性試験結果

試験名	開発工法		新設仕様(C-5塗装系)		塗替え仕様(Rc-1塗装系)	
	CCT	SST	CCT	SST	CCT	SST
初期						
2500時間						
一般部	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし
カット部	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	ふくれ:1.0mm	ふくれ:1.0mm

5.3 自己修復機能

CCT試験後の試験片断面(300倍)を図6に示す。カット部の支持体には破断跡が確認されるが、粘着層には破断が確認されず、均一な層となっていることを確認した。

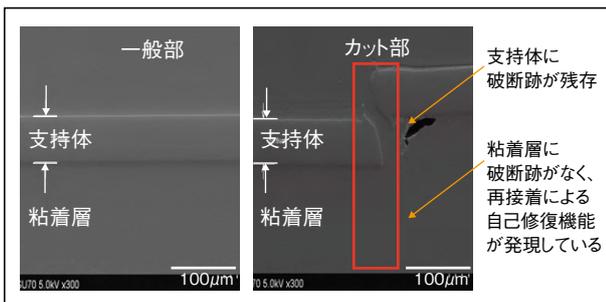


図6 SEMによる開発品の断面観察(300倍)

5.4 犠牲防食機能

CCT試験後のEPMA結果を図7に示す。

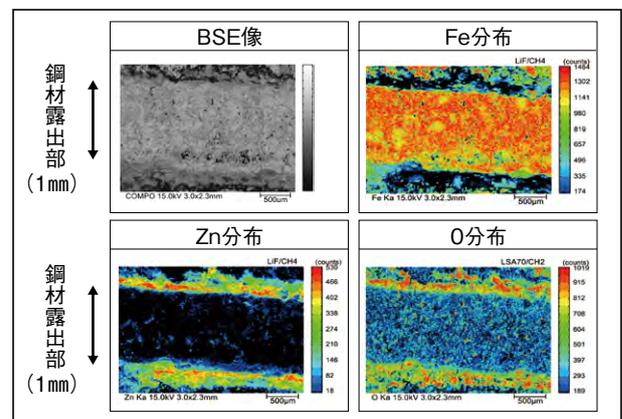


図7 EPMAによる鋼材露出部の観察

目視観察において露出部に錆などの異常は見られず、犠牲防食機能の発現が示唆された。またEPMAの結果より、開発品貼付部では酸化亜鉛や水酸化亜鉛の生成が示唆された。このことから、粘着層に含まれる亜鉛により犠牲防食機能が発現したと考えられる。

5.5 促進耐候性試験

促進耐候性試験結果を表5に示す。開発品の外観に異常はなく、光沢も95%保持されており、従来仕様と同等の耐候性があることを確認した。

表5 促進耐候性試験結果

	開発工法	新設仕様 (C-5塗装系)	塗替え仕様 (Rc-1塗装系)
初期			
2000 時間			
	外観に異常なし	外観に異常なし	外観に異常なし
	光沢保持率:97%	光沢保持率:96%	光沢保持率:95%
	白亜化の等級:0	白亜化の等級:0	白亜化の等級:0

6. まとめ

支持体(特殊アクリル樹脂系フィルム)、亜鉛末含有粘着層、離型フィルムからなる粘着テープと、それを用いた防食工法を開発した。本開発工法は各種試験前後において、高い粘着力を保持しており、耐久性に優れていることを確認した。また、亜鉛末含有粘着剤による犠牲防食機能を示唆する結果が得られており、優れた防食性能を期待できる。

当社は今後も新商品の開発を通じて、広く社会の繁栄に貢献していきたいと考えている。

7. 謝辞

本開発品は積水化学工業株式会社様との共同研究によって得られた成果です。関係者各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局:道路構造物の現状(橋梁)(2013)
- 2) 国土交通省:道路の老朽化対策の本格実施に関する提言(2014)
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所:
鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)(2012)
- 4) 浦濱圭彬:日本ゴム協会誌,
粘着テープの基礎と物性 1. 粘着テープの概要,
76, 7, p255-261 (2003)