

送電鉄塔用一液形、1コート仕上げ塗料の開発

Development of One-Component and One Finishing Coat
for the Transmission Steel Tower

技術開発部門 研究部
研究第一グループ
Technical Development Division,
Research Development Department
Research Group 1

技術開発部門 開発部
技術開発第一グループ
Technical Development Division,
Technology Development Department
Technical Development Group 1



鎌田 由佳
Yuka KAMATA



山内 健一郎
Kenichiro YAMAUCHI



赤沼 史子
Fumiko AKANUMA

要 旨

送電鉄塔用塗料には、亜鉛めっきに対する付着性や防食性等の基本的な塗膜性能に加えて、低飛散性が求められる。市場ではLCC(ライフサイクルコスト)低減を目的に、省工程や耐久性材料へのニーズも高まっている。

筆者らは、耐久性に優れ、かつ1コート仕上げが可能な送電鉄塔用塗料を開発した。

本開発検討において、適切な防錆顔料を選択することにより、基材界面に防錆皮膜を形成し、長期防食性を達成した。作業性に関しては、塗料の弾性率と擬塑性を制御することで、良好な低飛散性と刷毛作業性の両立に至った。

Abstract

For the transmission steel tower paint, low-scattering properties are required in addition to the basic coating performance such as adhesion and anticorrosive property to a galvanized steel.

In the market, requirement of process-saving and durable materials are increasing for the purpose of LCC (Life Cycle Cost) reduction.

Now, we developed the transmission steel tower paint, which has been able to put the finishing one coat of excellent durability.

In this examination, we realized and adapted for it by selecting anticorrosive pigment and it forms anti-rust film at interface between substrate and coating film of long term anticorrosion property.

Regarding the workability, it led to the coexistence of low-scattering and good brush application properties with control elastic modulus and pseudoplastic properties of the paint.

1. はじめに

送電鉄塔に使用されている亜鉛めっき材は50年の耐久性があるといわれているが、実際は20数年で部分的な腐食が発生するため、10～15年間隔で、表1に示すような塗り替え塗装が行われている。

写真1からもわかるように、送電鉄塔の塗装は高所作業となるため、作業中に落下・飛散した塗料が下部周辺の家屋・自動車・農作物等を汚染し、被害補償のトラブルが発生する場合がある。このため送電鉄塔用塗料には、亜鉛めっきに対する付着性や防食性等の基本的な塗膜性能に加えて、低飛散性が要求される。また、送電鉄塔の塗装においては、十分な素地調整が困難な場合が多く、3～4種ケレン程度の素地調整でも下地との良好な付着性を有することが求められる。

近年、市場においてはLCCの低減を目的に、高耐久性材料の適用や塗装工程の短縮(省工程化)等の動きがある。

こうした背景のもと筆者らは、表2に示した目標性能を有する送電鉄塔用一液形、1コート仕上げ塗料を開発した。本報では、亜鉛めっき面へ塗装した塗膜の耐久性ならびに塗装作業性に関する検討結果を報告する。



写真1 送電鉄塔

表1 送電鉄塔の塗り替え塗装条件

| 項目 | 内容 |
|--------|--|
| 塗り替え周期 | 10～15年 |
| 被塗面 | 劣化亜鉛めっき 旧塗膜(フタル酸、塩化ゴム系、エポキシ系他) |
| 素地調整 | 2～4種ケレン 工事によるが、ウエスで汚れを拭き取る程度 (4種ケレン)やマジクロン掛け(3種ケレン)が主流 |
| 塗装方法 | 刷毛 (広域部：筋違、ボルト周り等の細部：目地刷毛) |

表2 開発塗料への目標性能

| 項目 | | 機能・期待効果 | 目標性能 |
|----|-------|-------------|------------------|
| 1 | 塗料形態 | 簡易性 | 一液形 |
| 2 | 塗装工程 | 省工程 | 1コート仕上げ |
| 3 | 溶剤分類 | 旧塗膜適性、低臭気 | 弱溶剤形 |
| 4 | 耐久性 | LCC低減 | 良好(亜鉛めっき材、鋼材) |
| | | | 経時での変色、減耗量が小さいこと |
| 5 | 作業性 | 作業効率 | 刷毛塗り作業に支障がないこと |
| | | 作業効率、高所塗装作業 | 良好 |
| 6 | 歩行性 | 作業効率 | 5℃、16時間後に歩行可能なこと |
| 7 | 消防法分類 | 持込・保管 | 指定可燃物 |

2. 実験

2.1 供試塗料

開発塗料 : 変性アクリル樹脂系塗料、一液形
比較塗料1 : エポキシ樹脂系塗料、一液形
比較塗料2 : 非低飛散性塗料

2.2 試験板の作製

寸法150×70×3.2mmの鋼板(一般構造物用圧延鋼材)および亜鉛めっき鋼板(めっき平均付着量=275g/m²)の表面を#280のエメリー紙にて研磨、さらにキシレンにて洗浄後、塗料を刷毛塗りで乾燥膜厚60μmとなるように塗装した。試験板は、室温にて7日間養生後、以下の試験に供した。

2.3 塗膜の耐久性評価

2.3.1 付着性

JIS K 5600-5-7(ISO 4624)に基づき、アドヒージョン法(DeFelsko、PosiTest AT)により付着性評価を行った。

2.3.2 防食性

試験板下部にクロスカットを施し、図1に示す条件にて、複合サイクル試験に供した。試験後外観観察を行った後、試験板を十分乾燥させ、JIS K 5600-5-7(ISO 4624)に基づき、アドヒージョン法を行った。

また、亜鉛めっき鋼板への付着性効果を実証するため、複合サイクル試験20サイクル後、試験板のカット部周辺の健全部を切り出し、断面切削加工を施した後、SEM-EDX(日立ハイテクノロジーズ、SU-70)を用い、加速電圧5.0KvにてSEM観察、加速電圧15.0Kvにてラインスキャン(収集時間50フレーム)を行った。

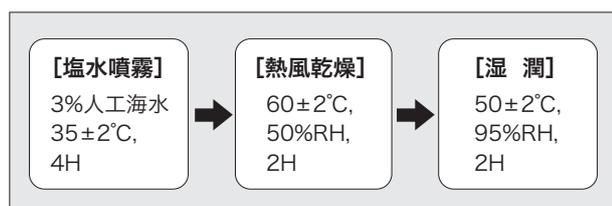


図1 複合サイクル試験条件

2.3.3 耐候性

各試験板の屋外暴露試験は、当社の沖縄暴露試験場にて実施した。12ヶ月間暴露した試験板を回収して、白亜化評価(JIS K 5600-8-6)と塗膜の減耗量を計測した。断面観察(KEYENCE社製、VH-Z100)により、シール部との差異を減耗量として算出した。

2.4 作業性評価

2.4.1 飛散性の模擬評価

実際の環境を模擬した評価(屋外評価)では、風等の影響を大きく受け、評価毎に条件が変化する。したがって、開発段階においては評価条件を一定にするために、卓上ディスパーを用いた飛散性の模擬評価を行った。

卓上ディスパーの羽根に塗料を規定量含ませた後に、一定速度でディスパーを20秒間回転させて、塗料の飛散量を評価した(写真2)。

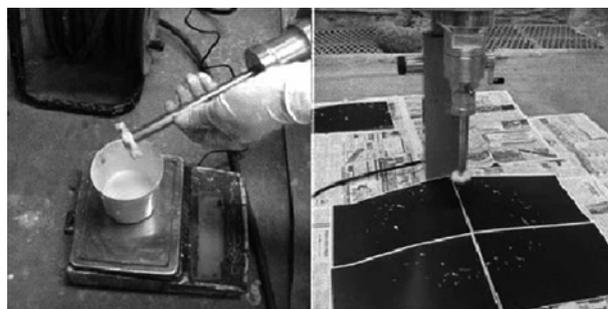


写真2 飛散性の模擬評価風景

2.4.2 刷毛塗り作業性

筋違刷毛(20号)を用いて、L字アングル(等辺山形鋼)に試験塗装を行い、刷毛さばき性、たるみ性、仕上がり外観の評価を行った。

2.4.3 塗料のレオロジー測定

粘弾性測定装置(Anton Paar社製、MCR301)にて、23°C、ズリ速度0.01~1000 1/sにおける粘度のズリ速度依存性を測定した。また、23°C、周波数1Hzにて、歪み0.01~100%の貯蔵弾性率G'の歪み依存性測定を行った。

2.5 歩行性(硬化乾燥性)評価

23°C(標準)および5°C(低温)環境下にて、塗料をブリキ板に刷毛塗りし、塗装5時間後および、16時間後に試験板上を歩行して、塗膜の変形状況を観察した。

3. 結果と考察

3.1 塗膜の耐久性

複合サイクル試験前後の亜鉛めっき鋼板の付着性評価結果を表3に、断面のSEM観察結果を図2に示す。初期および経時において2.0MPa以上の付着強度を示したことから、開発塗料は、良好な付着性を有することを確認した。SEM観察の結果、基材界面に薄膜が形成され、薄膜部に防錆顔料由来成分(元素AおよびB)が検出されたことにより、防錆皮膜が形成されている

表3 複合サイクル試験前後の溶融亜鉛めっき鋼板の付着性

| 初期 | 外観 | SEM観察 | | Ave. |
|----------|----|------------|-------------------|------------|
| | | 付着強度 [MPa] | 付着強度 [MPa] | |
| | | | | 4.38 |
| | | 4.01 | 4.74 | |
| 200サイクル後 | 外観 | SEM観察 | | 付着強度 [MPa] |
| | | 付着強度 [MPa] | 付着強度 [MPa] | |
| | | | | 4.26 |
| | | | カット部からのハツリ幅:1.5mm | |

ことが確認された。このことから、高度な防錆性と付着性が得られると考えられる。なお、鋼板についても同様に防錆皮膜形成が確認されている。

沖縄暴露試験後の白亜化および減耗量計測結果を表4に示す。沖縄暴露6ヶ月後の白亜化評価では、市場実績のある比較塗料1(エポキシ樹脂系、一液形)は等級2であり、塗膜表面の白亜化現象(劣化)が認められたのに対し、開発塗料は等級0であり白亜化現象は全く認められなかった。12ヶ月暴露後の塗膜の減耗量を比較すると、比較塗料1が23 μ mであるのに対して、開発塗料は5 μ mであり明らかに少ない。塗膜の減耗量を耐用年数と仮定した場合、比較塗料1の4倍以上の長期耐久性が期待できると考えられる。

表4 沖縄暴露試験後の白亜化および減耗量計測結果

| | | 開発塗料 | 比較塗料1 |
|-------|----------|-----------|------------|
| 白亜化評価 | 沖縄暴露6ヶ月 | 等級 0 | 等級 2 |
| | 沖縄暴露12ヶ月 | 等級 3 | 等級 3 |
| 減耗量 | | 5 μ m | 23 μ m |

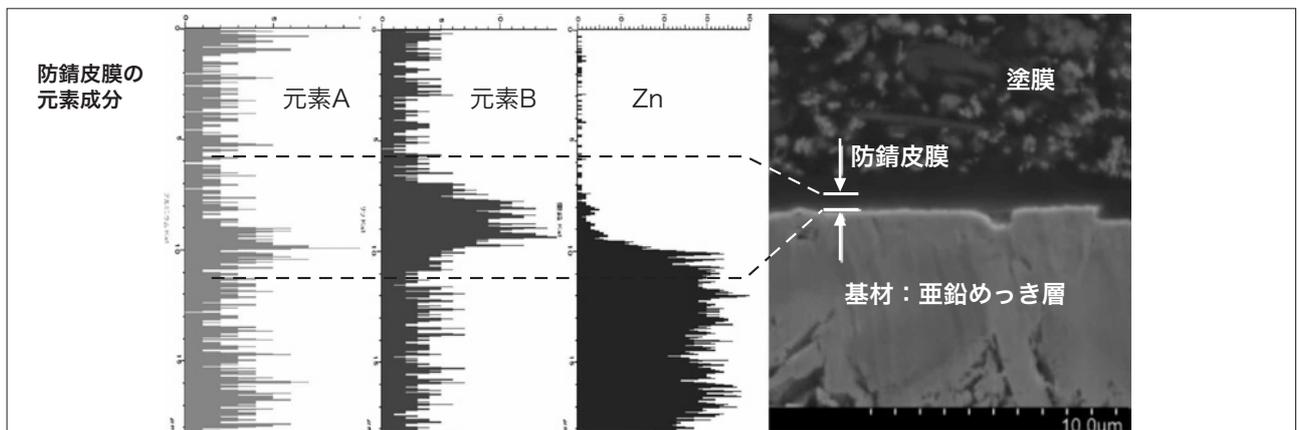


図2 複合サイクル試験後の亜鉛めっき鋼材断面図

3.2 作業性

一般に、塗料の飛散は、落下塗料粒子が自然落下に伴う加速度や空気抵抗、風等の外力を受けて微粒化することに起因し、高さおよび風の程度によって、その飛散距離は大きく変化する。粒子の直径の大小により、落下速度の計算式を適宜選択する必要があるが、標準大気中における粒子径の異なる粒子の飛散距離の計算式は次のように簡略化される。¹⁾

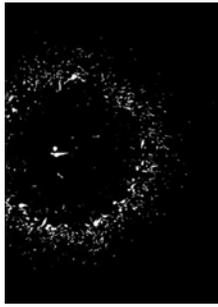
$$X = 100h \cdot Vw / 15 \sqrt{\rho s \cdot Dp}$$

X = 飛散距離 (m)
h = 高さ (m)
Vw = 風速 (m/sec)
 ρs = 密度 (比重)
Dp = 飛散粒子径 (μm)

上記の計算式から、飛散する塗料の粒子径が小さくなるほど、飛散距離が遠くに及ぶと考えられる。

飛散性の模擬評価結果を表5に示す。また、表5の結果をもとに計測した飛散塗料の粒径分布を図3に示す。比較塗料2は飛散粒子数が多く、粒子径も小さいことがわかる。一方、開発塗料は飛散粒子数が少ない。今回実施した模擬試験結果は、飛散に関する一般論に一致している。

表5 飛散性の模擬評価結果

| | 開発塗料 | 比較塗料2 |
|------|---|---|
| 飛散状態 |  |  |
| 飛散量 | 少ない | 多い |

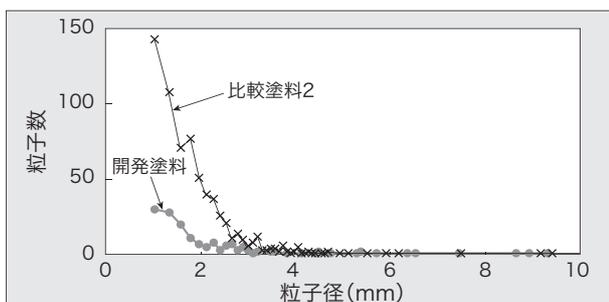


図3 模擬評価により算出した粒径分布図

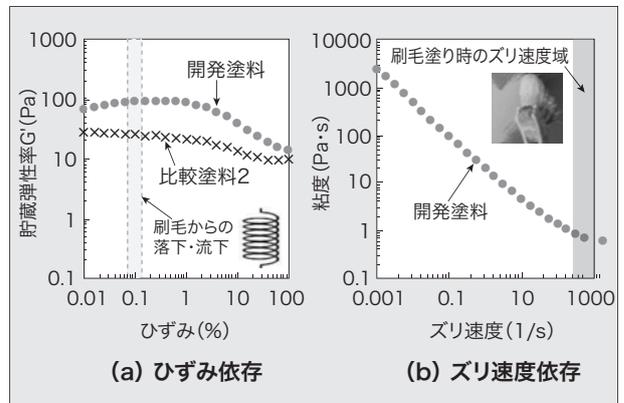


図4 粘弾性測定装置を用いたレオロジー測定結果

粘弾性測定装置を用いたレオロジー測定結果を図4に示す。開発塗料の粘度挙動は、高い貯蔵弾性率G'を有しており、刷毛からの塗料の落下や、被塗物からの余剰塗料の流下、落下が抑制されていると推測される。また、低ズリ速度では高い粘度、高ズリ速度では低い粘度挙動(擬塑性)を示し、塗装時の粘度は低く、塗着後は粘度が高くなり、刷毛からの塗料の落下や塗着余剰塗料の流下・落下が抑えられる、理想的な塗料性状となっていることがわかった。また、塗装作業性評価の結果、刷毛さばき性、たるみ性および仕上がり外観、いずれも良好であった(写真3)。



写真3 作業性評価風景

弾性(刷毛からの落下に対する抵抗や外力に対する抵抗)と擬塑性をコントロールすることにより、低飛散性と塗装作業性を共に満足する塗料が得られた。

表6 歩行可能時間

| | | 開発塗料 | | 比較塗料1 | |
|--------------|----|--|--|---|--|
| | | 5時間 | 16時間 | 5時間 | 16時間 |
| 標準 (23°C) | 変形 | 無 | 無 | ほとんど無し | 無 |
| | 靴跡 | ほとんど無し | 無 | 有 | ほとんど無し |
| 低温 (5°C) | 写真 |  |  |  |  |
| | | 変形 | 無 | 無 | 有 |
| | 靴跡 | ほとんど無し | ほとんど無し | 有 | 有 |

3.3 歩行性(硬化乾燥性)

表6に歩行性評価結果を示す。特に乾燥性の厳しい低温環境下(5°C)においても、開発塗料は変形なく、僅かに靴跡が残る程度と、高い乾燥性、歩行性を示した。翌日の補修塗装等も可能となり、作業効率の向上に繋がる。

4. まとめ

耐久性に優れ、一液形で1コート仕上げ可能な送電鉄塔用塗料を開発した。本開発検討において、以下の知見が得られた。

(1) 耐久性

- 適切な防錆顔料を選択することにより、基材界面に防錆皮膜を形成し、この防錆皮膜によって、長期防食性と付着性を達成した。
- 変性アクリル樹脂を用いることにより、市場実績のある塗料(エポキシ樹脂系)と比較して、白亜化および塗膜減耗量の低減化を達成した。

(2) 作業性

- 塗料の貯蔵弾性率G'を高く設計することで、塗料の低飛散性を達成した。
- 高ズリ速度で低粘度(擬塑性)の設計とすることで、良好な刷毛作業性を有する塗料を得た。

参考文献

- 1) 日本防錆技術協会：塗料飛散低減対策指針 [シリーズI], p.1-2, p.76(1974)