

長期防錆型水系塗装系の鉄桁等鋼構造物への適用

鉄道総研 正会員 田中 誠
 鉄道総研 非会員 坂本 達朗

鉄道総研 非会員 江成 孝文

1. はじめに

鉄道分野における鉄桁等鋼構造物は、平均使用年数が60年を超えることから類推できる様に、建設後経年の多いものが多数を占める。これらの維持管理においては、塗替え塗装による適切な防食対策が求められる。一方で、昨今の環境問題に対する関心の高まりから、防食対策に用いる塗料材料の抜本的な見直しが迫られようとしている。そこで、従来の塗装仕様より環境負荷を低減（鉛・クロムフリー、揮発性有機化合物量の削減）した長期防錆型塗装系¹⁾を検討してきた。この結果、水系塗料を用いることで環境負荷を低減でき、溶剤型の長期防錆型塗装系と同等以上の長期防錆が期待できる塗装系を開発した。

開発した塗装系は、水系塗料を用いるため、屋外使用が中心となる鉄桁等鋼構造物の塗替え塗装の制約下で、適用条件の範囲を明確にする必要がある。

ここでは、開発した塗装系の実構造物への適用性に関して、室内試験による性能確認結果と実構造物での施工結果について報告する。

2. 塗装系の特徴

(1) 塗装系の構成

開発した塗装系を表1に示す。下塗り塗料は、素地との付着性確保、素地である鋼の腐食反応抑制及び外界からの腐食促進因子の遮断を目的とし、中塗り塗料は外界からの腐食促進因子の遮断と下塗り塗膜、上塗り塗膜との付着性確保を目的とする。上塗り塗膜は、紫外線、酸化性成分等による中塗り塗膜及び下塗り塗膜の化学的劣化の抑制を目的とする。現行の水系塗料化技術では、鋼の腐食反応抑制について、高い機能を期待できる状況に至っていないので、下塗り塗料として、一般環境用には従来型の厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料を、腐食性の高い環境用には従来型の厚膜型

エポキシ樹脂ジンクリッチペイントを用いた、下塗り塗膜、中塗り塗膜等との付着性確保や環境遮断性を期待する中塗り塗料については、後述するディスパージョン型で主剤と硬化剤を混合する多液型の水系エポキシ樹脂塗料を、上塗り塗料には耐候性の高い多液硬化型の水系ポリウレタン樹脂、又は1液型の水系変性アクリル樹脂塗料を用いている。

塗装系の耐久性を推定するため、促進劣化試験（鉄道総研式複合サイクル試験）を用いて、汎用の鉛系さび止めペイントを用いた塗装系B7²⁾（平均塗替え塗装周期15年）、及び2倍の耐久性が期待できる塗装系G7²⁾（厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料）との比較試験を行った。この結果、表1の塗装系は、何れも塗装系G7と同等以上の耐久性を期待できる結果¹⁾が得られている。

(2) 水系塗料の特徴

塗装系に用いた水系塗料は、建築分野等で広く用いられている水性塗料（エマルジョン塗料）とは異なる材料である。エマルジョン塗料は、図1に示すように、高分子樹脂の粒子を界面活性剤で水に分散したものである。塗装後に、塗料中の水分の蒸発で、高分子粒子が接近・凝集し塗膜を形成するが、粒子間の結合が凝集力のみであること、添加した界面活性剤が粒子間に偏在することなどから、形成した塗膜の耐水性、環境遮断性の向上が期待できない材料である。そこで、表1の塗装系には、高分子粒子に親水性の基（化合物）を化学的に結合させたディスパージョン型の樹脂を用い、水に分散できる硬化剤を添加することで、粒子間を化学的に結合し強固な塗膜を形成できる塗料を用いている。

この塗料には、①多液混合により化学反応を起こさせる

表1 塗装系の構成

工程	塗料
一般環境	第1層 厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料
	第2層 厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料
	第3層 水系エポキシ樹脂塗料
	第4層 水系上塗り塗料
腐食環境	第1層 厚膜型エポキシ樹脂ジンクリッチペイント
	第2層 厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料
	第3層 水系エポキシ樹脂塗料
	第4層 水系上塗り塗料

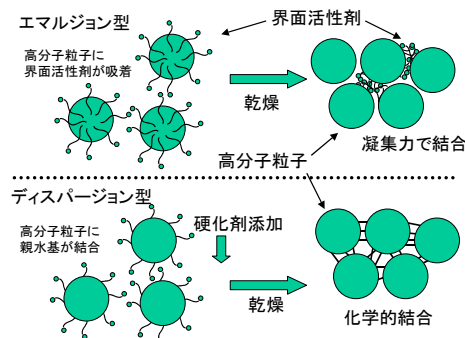


図1 水系塗料の硬化(乾燥)機構

キーワード 鋼構造物、塗替え塗装、長期耐久性、水系塗料、環境負荷低減

連絡先 〒185-8540 国分寺市光町2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部(防振材料) TEL.042-573-7339

ため、気温の影響を受けやすい、②乾燥過程で、水が充分に蒸発する前に粒子間の硬化反応が進む条件になると、緻密な膜の形成が阻害される等の特徴がある。

そこで、実用のために、屋外作業となる塗替え塗装作業上で留意すべき条件の検討を行った。

3. 屋外塗装作業性の検討

鉄桁等鋼構造物の塗替え塗装では、屋外の自然環境条件下での施工となる。このため、施工条件として、①平均的な外気温 20℃前後での施工のほかに、②夏日（25℃を超える）日での施工、③10℃程度の低温での施工、④相対湿度 80%程度の高湿度下での施工、⑤塗装後に結露・降雨等による濡れなどが考えられる。この中で、水系塗料の特徴を考慮すると、エポキシ樹脂の硬化反応速度が遅くなる条件③、水の蒸発が抑制され乾燥が遅くなる条件④、⑤の硬化反応が充分に進んでいない状態で濡れて、塗膜欠陥の発生する可能性が推測される。そこで、これらの影響を把握するための室内試験と実橋梁への施工を行った。

(1) 室内試験

前述の条件③と④の影響を把握するため、試験片に水系塗料を塗り付けた後に、養生条件（温度・湿度）を変え、塗膜の硬化（乾燥）状況が JIS K 5600-1-1（塗料一般試験法、第 1 節：試験一般（条件及び方法））に規定する指触乾燥状態及び半硬化乾燥状態（塗り重ねることが可能な状態）になるまでの時間を計測した。試験の結果（一例を表 2 に示す）、標準状態である 23℃、RH50%に比較して、5℃ RH85%での乾燥時間が 3 倍以下であることから実用上大きな問題は無いと判断できる。

次いで、条件⑤の影響を把握するため、水系塗料を塗り付け

た試験片を気中（10～15℃）で一定時間養生した後に、霧吹きを用いて、降水量 10mm/h に相当する蒸留水噴霧の降雨影響の模擬試験を行い、塗膜表面の性状変化を観察した。その結果の一例を図 2 に示す。塗装後 30 分では、中塗り塗膜で僅かなふくれに、上塗り塗膜では比較的大きな塗膜ふくれ、変色などの変状にいたった。2 時間以上経過した場合には、中塗り塗膜、上塗り塗膜とも塗膜性状は良好であった。

塗装系に用いている水系塗料は、水の蒸発による樹脂粒子の凝集とこれに続く硬化反応による粒子間の化学的結合により強固な塗膜が形成される材料である。10℃程度の低

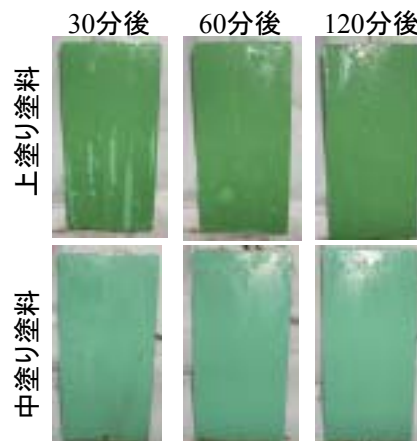


図 2 降雨影響の模擬試験

温・高湿度下でも 30 分ほどで粒子の凝集が進み指触乾燥状態（指で触っても指が汚れない状態）となり、中塗り塗膜は 1 時間強で、上塗り塗膜では約 3 時間で粒子の凝集がさらに進むとともに、粒子間での硬化反応も進み半硬化乾燥になると考えられる。降雨影響の模擬試験の結果は、粒子間の硬化反応が進む前に降雨を受けると、塗膜変状に至ることを示唆する結果と考えられる。

(2) 実施工

室内試験の結果、実用の可能性が認められたので、実構造物を用いた施工を実施した。

施工は、①夏日（最高温度 25℃以上）、②外気温 10～20℃の通常条件、③山間等の低温（10℃程度）高湿度下の 3 条件で実施した。施工作業性はどれも良好であったが、③の施工で、外気温 10℃以下の場合に、塗装後数時間後の急激な気温低下（5℃以上低下）による湿度の上昇と夜間の降雨により長時間の濡れを経験した場合に、一部ではあるが、塗膜ふくれ等の変状に至った。このことから、外気温 10℃以下の山間等の高湿度環境における施工性に課題が見出された。

4. おわりに

環境負荷を低減し、長期耐久性が期待できる水系塗料を用いた塗装系は、外気温 10℃以上の通常の施工条件で実用できることを示した。この成果は、鋼構造物塗装設計施工指針の改訂に反映したが、10℃以下での施工性改善、さらに環境負荷を低減した塗装系への改良等の課題が残されていると考える。

最後に、施工時の調査で協力頂いた JR 東日本東京支社、大宮支社、新潟支社の関係者に、この場をかりて謝意を表す。

《参考文献》

- 1) 田中誠、江成孝文：環境負荷低減型塗替え塗装系の開発、鉄道総研報告、Vol.16, No.12, 2002
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鋼構造物塗装設計施工指針、研友社、1993