

# 塗装現場における耐火塗料の着色化による 施工品質の確保

Coloration of Fireproof Paint in the Coating Construction Site

建築塗料部門  
建築・構造物塗料事業部  
構造物マーケティンググループ  
Coating Business Division,  
Protective & Decorative Coatings Department,  
Protective Coatings Marketing Group



桑原 幹雄  
Mikio KUWAHARA

## 要 旨

火災による鋼材温度の上昇を抑制するため、構造鉄骨には耐火被覆が必要とされ、近年では耐火塗料も適用されている。耐火塗料の施工には、所定の塗膜厚になるまで同色の耐火塗料を現場で塗り重ねることが必要であり、視認性が劣ることから塗り忘れや塗り漏れが発生し、施工品質の低下を招くことがある。

本報では、耐火塗料を施工現場で容易に着色できる材料を検討し、耐火塗料の塗り重ねによる付着性評価を実施し、さらには劣化促進試験を実施し、その後、耐火塗膜の発泡性状に異常が無いことを確認した。耐火塗料の着色化による施工品質については、土木鋼構造物の耐火塗料の施工において、塗り漏れと塗膜厚の変動を評価し、その有効性を確認した。

## Abstract

To control the increase in the temperature of steel materials during a fire, steel structures require fireproofing protections; recently, fireproof paints have been used for fireproof-

ing. The coating of a steel frame at construction sites involves the application of a fireproof paint of the same color as the steel structure until the coated film is of a predetermined thickness. However, the difficulty in confirming the thickness visually results in insufficient or incomplete painting in some cases, which may lead to deterioration of the construction quality.

In this study, we investigated materials that can easily color fireproof paints at construction sites, evaluated the adhesive property of these coatings by re-painting the fireproof paints, and conducted an accelerated deterioration test to confirm that the foaming characteristics of the fireproof paint films were suitable. To assess the construction quality of the colored fireproof paints, we evaluated the changes in the fireproof paint thickness caused by incomplete painting during the construction of the civil engineering steel structures, and confirmed the effectiveness of the coatings.

## 1. はじめに

耐火塗料の施工では、所定の膜厚になるまで数回の塗り重ねが必要であるが、同色の耐火塗料の塗り重ねは、視認性が劣ることから膜厚不足などの施工品質の低下を招くことがある。

図1は、暗所での耐火塗料三層目の施工であるが、下地である二層目との判別がしにくい。塗装直後は、塗れ肌の光による反射で判別可能であるが、休憩時間などで作業を中断した場合には、表面乾燥が進み、塗り重ねた境界がわかりにくくなる。

本報では、耐火塗料を施工現場で容易に着色できる材料を検討し、耐火塗料の塗り重ねによる層間付着性、下塗りと耐火塗料との付着性、耐火塗料と上塗りとの付着性を評価した上で、促進劣化試験を実施した後で試験体を加熱し、耐火塗膜の発泡性状に異常が無いことを確認した。

耐火塗料の着色化による施工品質について、建築基準法が適用されない土木鋼構造物の耐火塗料の施工において、塗り漏れと塗膜厚の変動を評価し、その有効性が確認できたので報告する<sup>1)</sup>。



図1 耐火塗料の塗装状況

## 2. 実験方法

### 2.1 素地鋼板

実験的な評価に用いた素地鋼板は、JIS G 3101に規定されるSS400(150×70×t3.2mm)であり、素地調整にはグリッドブラストを適用した。

耐火塗料の施工では、下塗りまでは鉄骨製作工場で行われているため、2.3で示す下塗りを50 $\mu$ m施した。

### 2.2 耐火塗料の着色化

近年の塗料製造方法では、生産の効率化を図るため、共通カラーベースの手法が導入され、溶解調色によって多品種少量生産にも対応している。カラーベースは、各色相の顔料を必要最小限の樹脂、溶剤および顔料分散剤の中に高濃度で分散している。様々な塗料に適用するために設計され、塗料とカラーベースの溶剤種が同系統であれば、基本的に塗料に対して悪影響はないとされている。

本報では、少量のアクリル樹脂、顔料分散剤、溶剤であるキシレンおよび着色顔料を用いて各色相のカラーベースを作製し、耐火塗料に対して0.1wt%相当量を添加した。

### 2.3 塗料および塗装

耐火被覆材料には、主要溶剤をキシレンとするアクリル樹脂系の発泡性耐火塗料を用いた。

下塗りのエポキシ樹脂塗料には、JIS K 5551に規定される構造物用さび止めペイントA種、中塗りおよび上塗りには、JIS K 5659構造物用耐候性塗料に規定される中塗塗料と上塗塗料(3級)を用いた。

表1に示す2種類の仕様(標準仕様と耐火塗料を着色した検討仕様)を素地鋼板に刷毛塗りした。塗装が完了した後に、温度23°C、相対湿度50%RHの環境で7日間乾燥して、試験体とした。

表1 塗装仕様

工程	標準仕様	検討仕様
下塗り	JIS K 5551 A種	JIS K 5551 A種
耐火	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(標準)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(標準)
	耐火塗料(標準)	耐火塗料(着色化)
中塗り	JIS K 5659 3級	JIS K 5659 3級
上塗り	JIS K 5659 3級	JIS K 5659 3級

## 2.4 試験体の促進劣化試験

施工中の結露や降雨などを想定して、表2に示すような条件で促進劣化試験を第1段階から順次実施した。最終段階後ではカッターナイフで素地に達するクロスカットを施し、セロテープはく離による塗膜付着性を評価した。

表2 促進劣化試験の条件

段階	評価項目	試験条件	試験期間
第1	耐水性	水道水に浸漬	21日間
第2	凍結融解性	-20°C・14時間 23°C・10時間 /1サイクル	21サイクル (21日間)
第3	サイクル 腐食試験	JIS K 5600-7-9 塩水噴霧・0.5h(30°C) →湿潤・1.5h(30°C)→ 熱風乾燥・2h(50°C)→ 温風乾燥・2h(30°C)/ 1サイクル	84サイクル (21日間)

## 2.5 試験体の加熱試験と評価

促進劣化試験が終了した試験体を小型電気炉で加熱した。常温(約20°C)から10°C/分の昇温速度で加熱していき、600°Cに達した後、その温度を10分間保持して、加熱試験を終了した。

加熱試験後における試験体の表面および側面の状態を目視観察して、標準仕様と検討仕様(着色化)の発泡性状を比較した。

## 2.6 塗装現場での施工品質の評価

実際の土木鋼構造物で耐火塗料を塗装する現場において、実験内容を明らかにせず、塗装技能工による施

工を行い、施工性を評価した。

着色作業性は、カラーベースを塗料に添加して、通常の攪拌時間の範囲内で均一に着色化できるか否かを確認した。

着色後の耐火塗料の視認性は、標準仕様の耐火塗膜に、青色あるいは微黄色に着色した耐火塗料を夜間工事で塗り重ねて確認した。

塗り漏れについては、高力ボルト摩擦接合部のボルトに刷毛塗りした後の状態を評価した。

塗膜厚のバラツキは、各種部材に対するローラーあるいは刷毛塗り後の塗膜厚を測定して、その変動を評価した。目標塗膜厚を500 $\mu$ mに設定し、耐火塗料を1回当たりの乾燥塗膜厚125 $\mu$ mで塗布して、4回目の塗装が終了した後に塗膜厚を測定した。塗膜厚の測定は、予め10箇所を定めて、1測定箇所直線上に10mm間隔で10点測定し、その平均値と標準偏差を求めた。

## 3. 結果と考察

### 3.1 着色による耐火塗料の視認性

各種色相のカラーベースを耐火塗料に添加し手で攪拌して、着色していない耐火塗膜に塗り重ねた結果を図2に示す。

夜間工事を想定した投光器による照明状態においても青色が明瞭であると判断され、以降の実験では青色のカラーベースを用いて着色した。



図2 着色した耐火塗料の視認性

### 3.2 促進劣化試験後の状態

促進劣化試験を終了した後の表面状態を表3に示し、着色した耐火塗料で作製した試験体の付着性試験

後の状態を図3に示す。

2種類の塗装仕様において、塗膜の膨れ、割れ、はがれなどは認められなかった。また、塗膜の付着性も、十分に確保されていることがわかった。

表3 促進劣化試験後の状態

塗装仕様	標準仕様	検討仕様
試験後の表面状態		

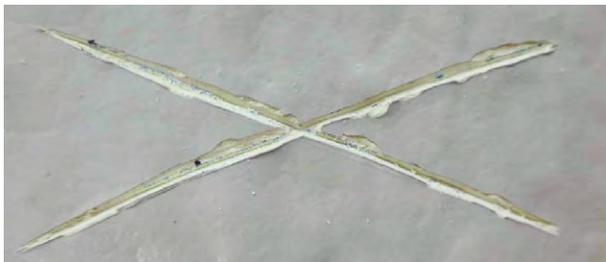


図3 付着性試験後の状態

### 3.3 加熱後の発泡状態

促進劣化試験が終了した後に、加熱された塗膜の発泡性状を表4に示す。

表4 加熱後の発泡状態

仕様	観察面	加熱後の発泡状態
標準仕様	側面	
	表面	
	側面	
検討仕様	表面	

2種類の塗装仕様において、同等の発泡性状を示していると判断される。

## 3.4 塗装現場における施工品質の確認

### 3.4.1 着色作業性

25kgの耐火塗料が入ったペール缶を開け、青色カラーベースを25g添加して、電動攪拌機で攪拌した結果、図4に示すように通常作業に支障はなく、均一な着色が可能とわかった。



図4 塗装現場での着色作業

### 3.4.2 着色耐火塗料の視認性

標準の耐火塗料を塗装した翌日に、青色に着色した耐火塗料を塗装した状態を図5に示す。

夜間工事においても、視認性は良好であると判断される。



図5 着色した耐火塗料の視認性

### 3.4.3 塗り漏れの確認

図6に示すボルト接合部分において、青色に着色した耐火塗料あるいは微黄色に着色した耐火塗料を刷毛塗りした際に、塗り漏れしたボルトの個数を表5に示す。

青色に着色した耐火塗料による塗り重ねでは、視認性が良好であるため、図7に示すように小さな塗り漏れに留まっている。一方、微黄色に着色した耐火塗料による塗り重ねでは、下地と近似色であるため、図8に示すように大きな塗り漏れが見られた。図では、塗り漏れ部分を点線で囲んで示した。

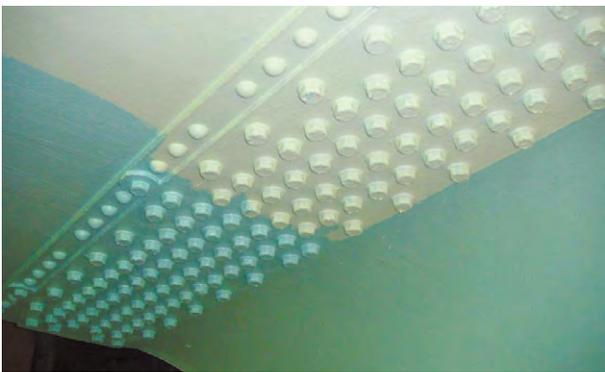


図6 ボルト接合部分での塗り漏れの確認

表5 ボルト接合部分の塗り漏れ

着色の種類	塗り漏れの数	
	塗り漏れ面積 1cm <sup>2</sup> 以下	塗り漏れ面積 1cm <sup>2</sup> 以上
青色着色 耐火塗料	3	0
微黄色着色 耐火塗料	9	4

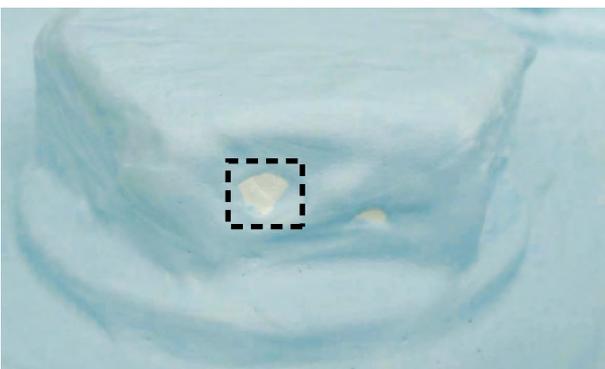


図7 青色に着色した耐火塗料の塗り漏れ

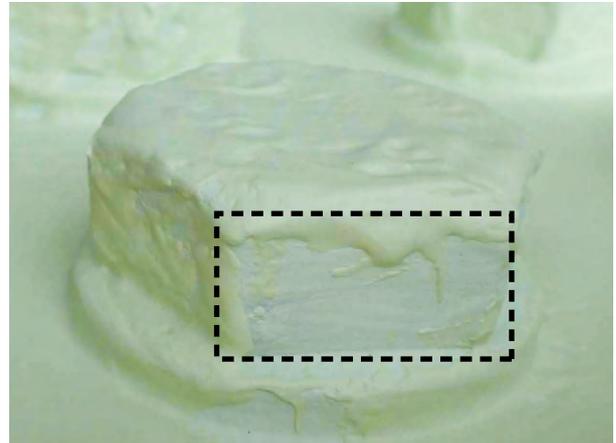


図8 微黄色に着色した耐火塗料の塗り漏れ

### 3.4.4 塗膜厚の変動

図9に示す各種部材において、塗膜厚を測定した結果を表6に示す。



図9 塗膜厚の測定対象部材

表6 塗膜厚の測定結果

測定対象	ガセットプレート		ブレース		水平材	
	有り	無し	有り	無し	有り	無し
耐火塗料着色	有り	無し	有り	無し	有り	無し
最小値(μm)	412	593	404	416	395	269
最大値(μm)	577	915	593	685	521	489
平均値(μm)	504	768	501	506	453	387
標準偏差(μm)	48	115	59	78	39	68
変動係数	0.09	0.15	0.12	0.15	0.09	0.17

目標塗膜厚:500μm

ガセットプレートでは、着色した耐火塗料の平均値が目標塗膜厚を満たしており、着色しない場合は過大な

塗膜厚になった。当該部分は重ね塗りによって厚膜になりやすい傾向があり、耐火塗料を着色することによって、過剰な塗り重ねを抑制できると考えられる。

ブレースでは、中央部付近の側面で測定しており、耐火塗料の着色には関係なく、平均値ではほぼ目標塗膜厚を確保した。当該部分は塗装対象の面積が小さく、塗装作業性も良好であるため、施工品質を確保しやすいと考えられる。

水平材では中央部付近の下面を測定しており、耐火塗料の着色に関係なく、測定結果の平均値が目標塗膜厚を満たさなかった。当該部分は下面であるため、塗料が付着し難く塗装作業性が劣ると考えられる。特に着色していない場合には、平均値が目標塗膜厚の77%程度となっている。塗装作業における塗り忘れも推定され、着色した場合には視認性が良好になることから、未だ不十分ではあるが、施工品質の向上が期待できる。

## 4. まとめ

耐火塗料の着色化による作業性、塗膜性能および施工品質を検討した結果から、以下のことがいえる。

- 1) 溶剤が同系統の共通カラーベースを添加することにより、耐火塗料は容易に着色が可能である。
- 2) 着色した耐火塗料は、下塗り、層間、上塗りに対して、十分な塗膜付着性を確保できる。
- 3) 着色した耐火塗料は、加熱による発泡性状に異常は認められない。
- 4) 塗装現場における耐火塗料の着色化は、作業に支障をきたすことなく、実施可能である。
- 5) 青色に着色した耐火塗料は、夜間工事における施工においても視認性が良好である。
- 6) 着色耐火塗料は視認性が向上して、ボルト接合部における塗り漏れ抑制を期待できる。
- 7) 耐火塗料の着色化は、過剰膜厚や塗膜厚不足を防ぐ効果があり、施工品質の向上が期待できる。

## 参考文献

- 1) 桑原幹雄, 近藤照夫: 塗装現場における耐火塗料の着色化による施工品質の確保 日本建築仕上学会 2014年度大会学術講演研究発表論文集 P147-150(2014)

## 謝 辞

本検討を進めるにあたり、終始適切な助言、細部にわたる御指導をいただいたものづくり大学の近藤照夫名誉教授に感謝の意を表します。