

耐火塗料の適切な 設計・施工・維持管理について

平成26年7月

一般社団法人 日本建設業連合会

建築技術開発委員会 技術研究部会 耐火構造研究会

はじめに

耐火塗料は、鉄骨の錆を防ぎ、美観を維持するとともに、火災時には塗膜が発泡して断熱層をつくり、鉄骨を火災から守る重要な役割を担っています。

耐火塗料は、鉄骨の耐火被覆の中で最も薄い“耐火被覆”であり、鉄骨の意匠を活かせることから、国内では1994年に初採用され、2001年に耐火構造認定を取得して以来、年々シェアを伸ばしています。同時に、耐火塗料に対する設計上、施工上、維持管理上の理解不足から、不具合が散見されるようになってきました。



柱脚の耐火塗料の剥離



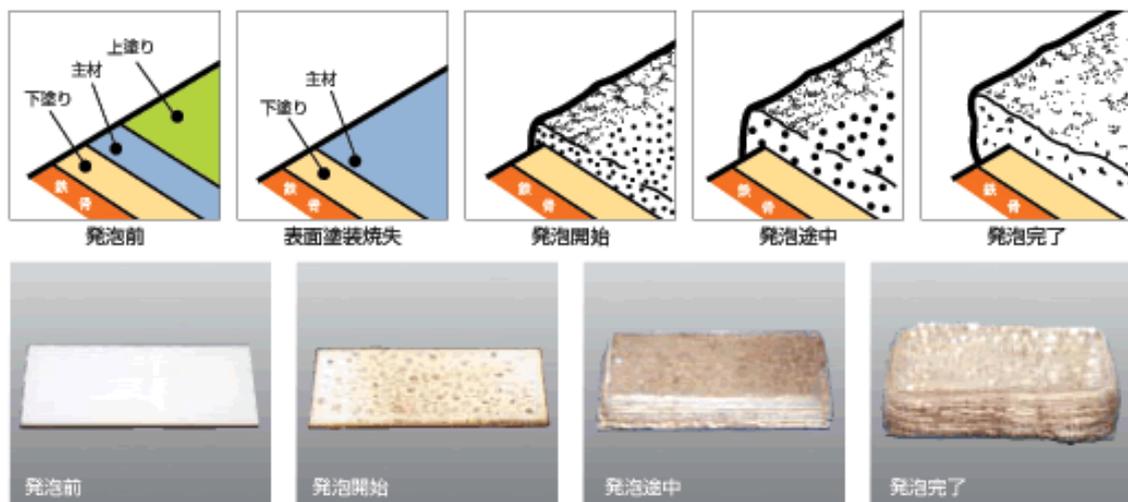
耐火塗料のふくれ

(一社)日本建設業連合会 建築技術開発委員会 技術研究部会 耐火構造研究会では、耐火塗料を販売・施工する耐火塗料メーカー4社(エスケー化研株式会社、化工機商事株式会社、菊水化学工業株式会社、日本ペイント株式会社)の協力を得て、耐火塗料に関する不具合事例、不具合を防ぐための対策事例を収集し、建物所有者・管理者、設計者、施工者を対象に耐火塗料の適切な使用方法を紹介するパンフレットを作成しました。

本パンフレットが活用され、万一の火災時には耐火塗料が本来の耐火性能を発揮できることを期待します。

耐火塗料とは

耐火塗料は、下塗り、主材、上塗りの3層で構成されます。主材は、火災時に約250°Cで数十倍に発泡し断熱材の役割を果たし、鉄骨を火災から守ります。しかし、火には強いものの水には弱く、水分を含むと分解し耐火性能が低下するため、水から主材を保護するために上塗りが必要です。また、主材の厚みが一般の塗料に比べ厚いため、通常よりも長い塗装工期が必要になります。



耐火塗料の断熱層形成メカニズム

耐火塗料の不具合事例

耐火塗料の不具合は、下地に起因するもの、耐火塗料の乾燥不足によるもの、物理的な損傷によるもの、雨水・水分に起因するものに大別できます。

ここでは具体的な不具合事例とその原因と対策を紹介します。

1. 下地に起因する不具合

| | 不具合事例 | | 原因 | 対策 |
|---|----------------|---|-------------------------------|--|
| ① | 膨れ 割れ 剥れ |  | 溶接部の凹凸部から水の浸入が繰り返され膨れ、剥離に至った。 | ・塗膜の切れ目ができないよう、溶接部の凹凸部を埋めるように塗込みや増塗りし、雨水が浸入しないようにする。 |

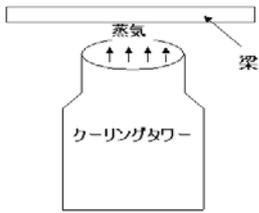
2. 耐火塗料の乾燥不足に起因する不具合

| | 不具合事例 | | 原因 | 対策 |
|---|-------|---|--|--|
| ① | 膨れ |  | 主材の乾燥養生時間が不足した塗膜が、直射日光により表面温度が上昇し、主材の残存溶剤の蒸気圧により、主材層内で塗膜が膨れた。 | メーカー要領書を厳守し、乾燥期間を十分に確保する（工程の例 参照）。 |
| ② | 上塗の割れ |  | 一回の塗装で厚塗りとなり、耐火塗装の硬化過程における収縮と、上塗り塗膜の伸び性能のバランスがくずれたことにより上塗り塗膜に割れが生じた。 | たとえば、 ・特に低温時は乾燥養生に注意する。 ・一度に厚塗りをしない。 |
| ③ | 塗膜の縮れ |  | 一回の塗装で厚塗りとなり、耐火塗料の十分な乾燥前に上塗り塗装を実施したため、耐火塗膜が膨潤し縮れとなった。 | ・規定の塗装間隔を厳守する。 |

3. 物理的な損傷による不具合

| | 不具合事例 | | 原因 | 対策 |
|---|-------|---|--|--|
| ① | 塗膜の欠け |  | 機材や足場材等が接触した。 | <ul style="list-style-type: none"> ・注意喚起を行う。 ・保護材等による養生。 |
| ② | 足跡 |  | 乾燥途中の塗膜の上に人が踏み込み、足跡が付いた。 | <ul style="list-style-type: none"> ・注意喚起を行う。 ・周辺工種（足場撤去・設備設置）の工程調整。 |
| ③ | 焼け |  | 耐火塗装工事完了後に溶接が行われ、塗膜が損傷した。 | <ul style="list-style-type: none"> ・溶接は、耐火塗装の前に行うか、熱影響を受ける範囲の塗膜を取り除き、溶接を行う。 ・溶接を行う周辺の塗膜のスパッタ養生を行う。 |
| ④ | 剥離 |  | 耐火塗装工事完了後、クランプ等を設置することで、塗膜が損傷し、その箇所より雨水が浸入することで、塗膜が剥離した。 | <ul style="list-style-type: none"> ・クランプを仮設として設置した場合は取り外し後、速やかに適切な補修を行う。 |

4. 雨水など、水分に起因する不具合

| | 不具合事例 | 原因 | 対策 |
|---|---|--|---|
| ① | <p>膨れ 割れ 剥離</p>  | <p>クーリングタワーの蒸気により、経年で、水分が主材層へ浸入し、湿潤乾燥を繰り返すことで、下塗りと主材の界面で剥離現象が発生した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・湿度が高い環境や常に水蒸気に晒される環境では、遮蔽板等を設置する。 |
| ② | <p>膨れ 割れ 剥離</p>  | <p>梁の横使いの場合、ウェブ面に雨水が滞留し、経年で、水分が主材層へ浸入し、膨れ、剥離現象が発生した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・雨水が滞留しないような納まりにする。 ・笠木等を設置する。 |
| ③ | <p>膨れ 割れ 剥離</p>  | <p>主材施工時、塗膜に付着した雨水が乾かない状態で主材、中塗り、上塗りを施したため、経年で膨れ、割れ、塗膜の剥離が発生した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・夜間の降雨、結露に注意する。 ・降雨が予想される場合は、雨養生を行う。 ・雨水の影響を受けた場合は、塗膜の乾燥を確認の上、次工程に移る。 |
| ④ | <p>膨れ 割れ 剥離</p>  | <p>柱の根元より、雨水が主材層へ浸入し、湿潤乾燥を繰り返すことで、下塗りと主材の界面で捲れ現象が発生した。</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・取合い部の防水処理を検討する。 (根巻き、シール、カバー等) |
| ⑤ | <p>膨れ 割れ 剥離</p>  | <p>耐火塗料と無被覆部分の取合いより、経年で、水分が主材層へ浸入し、湿潤乾燥を繰り返すことで、下塗りと主材の界面で剥離現象が発生した。</p> | |

設計上の留意点

- H形鋼の横使いは、ウェブ面に雨水が溜り、耐火塗料の膨れ、剥れの原因となります。対策として笠木等の設置が必要です（図1参照）。H形鋼の縦使いの場合でも笠木の設置が推奨されます。
- 耐火塗料を塗付した鉄骨部材の下にクーリングタワーがある場合には、クーリングタワーからの水蒸気によって耐火塗料の劣化が促進されます。水蒸気に曝されないよう遮蔽板を設置する等の対策が必要になります。
- 柱の根巻部分の取り合いがインターロッキングブロック、植栽などの水が溜まりやすい納まりとなる場合は膨れの原因となります。耐火塗料が水に触れないよう根巻コンクリートを打設し、ノンブリード型のシーリング材を使用するなどの対策が必要になります（図2参照）。
- メタリックの上塗材は硬く、主材は柔らかいため、両者の相性が悪く、剥離や割れが発生しやすくなります。
- 熔融亜鉛メッキは下塗材の密着不良が発生しやすく、耐火塗料の剥がれの原因になる可能性があります。
- 配管・樋などの設備の後付けにより塗膜を傷つけないよう十分注意が必要です。

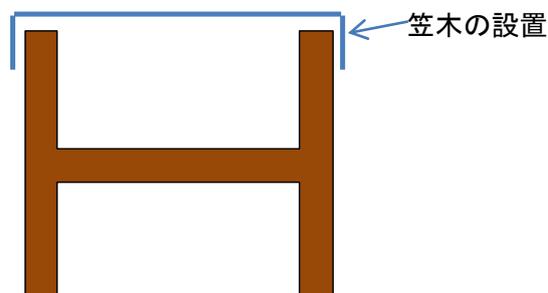
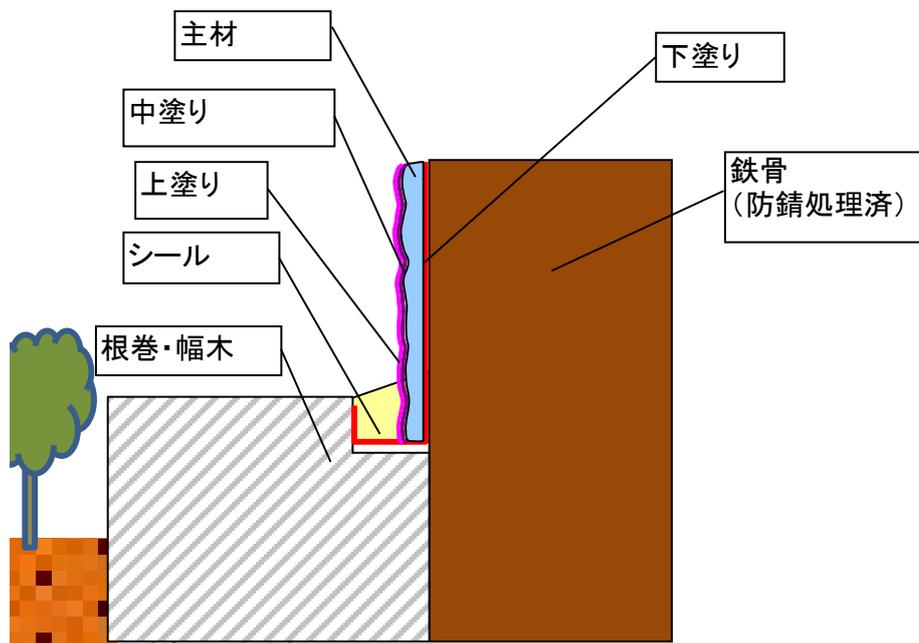


図1 H形鋼の横使い



鉄骨に植栽の土や碎石等が直接しない
根巻・幅木を先打ち、鉄骨周囲はシール処理

図2 柱脚の処理

施工上の留意点

- 通常の塗料に比べ膜厚が厚い耐火塗料は、一日当たりの塗布量に上限があり、また1回の塗装ごとに所定の乾燥時間が必要なため、塗装開始から終了まで十分な工期を確保する必要があります。(工程の例を参照)
- 下塗り、中塗り、上塗り塗膜について、認定書通りの仕様であるかの確認と仕上がり状況の現場確認が必要です。
- 主材の施工中及び上塗りを施工するまでは、雨水などが塗膜にかからないように雨掛り対策が必要です。
- 上塗り塗装後も耐火塗料は一般塗料と比べて塗膜が柔らかく、物理的な衝撃で表面が損傷します。塗装後は耐火塗料を傷つけないよう留意する必要があります。
- 濃色の上塗材を用いた場合に、乾燥不足があると蓄熱膨れが発生しやすいため、十分乾燥させる必要があります。
- 他の耐火被覆材、区画部材等の取合いは、不具合を防ぐための事例集を参照ください。

維持管理上の留意点

- 耐火塗料の主材は上塗りによって保護されている限り、長期に渡り（建物の寿命と同等）劣化は起こりませんが、特に屋外で長期間暴露されると、上塗りには白亜化などの劣化が生じ、放置しておくとも降雨や結露等の水分によって主材が分解され加速度的に劣化が進行し、耐火性能が低下します。物理的な損傷や後付け金物によって塗装面が傷められた場合も、同様に耐火性能が低下します。そのため、主材を保護する上塗りの維持管理が特に重要になります。
- 建築物が供用される期間において、計画的な維持管理を実施し、耐火塗料の耐火性能を維持していくことが重要です。
- 耐火塗料の維持管理のための点検については、日本建築仕上学会の「耐火塗料の施工指針（案）・同解説」に下表のように示されています。

| 種類 | 対象 | 方法 | 時期 | 実施者 |
|------|----------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 日常点検 | 外観 | 目視 | 日常的に実施 | 建築物所有者 建築物管理者 もしくは 依頼された者 |
| 精密点検 | 外観 | 目視・指触 | 3～5年に1回 | 建築物所有者 建築物管理者 もしくは 依頼された者 |
| 臨時点検 | 専門技術者 による検討 | 専門技術者 による検討 | ・日常点検で異常が認められた時 ・浸水、地震、火災等を受けた時 | 専門技術者 |

- 臨時点検により補修が必要であると判断された場合には、塗膜の劣化（異常）状況・耐火性能・防錆性能・上塗り材の保護性能や意匠性に及ぼす影響等を考慮し、専門知識を有する技術者が提案する補修方法に準じて速やかに補修を実施する必要があります。

不具合を防ぐための事例集

- 他の耐火被覆材（ボード系、ALC、巻き付け系、吹付ロックウール等）との取り合いは、耐火塗料を先にのみ込み（ラップ）部分まで塗装します（図3参照）。
- 本来は、耐火塗料施工後、他の耐火被覆材を施工することが望ましいですが、他の耐火被覆材を先行する場合は、境界部は他の耐火被覆材の上に耐火塗料を塗り重ねることとなります。
- 耐火塗料の見切り部分は10mm幅以上で上塗塗料の重ね塗りを行います（図4参照）。
- 屋外使用の場合、鉄骨継手部のスライスプレートからの水の浸入を防ぐために、スライスプレート周囲にはシール等による止水処理を行います（図5参照）。

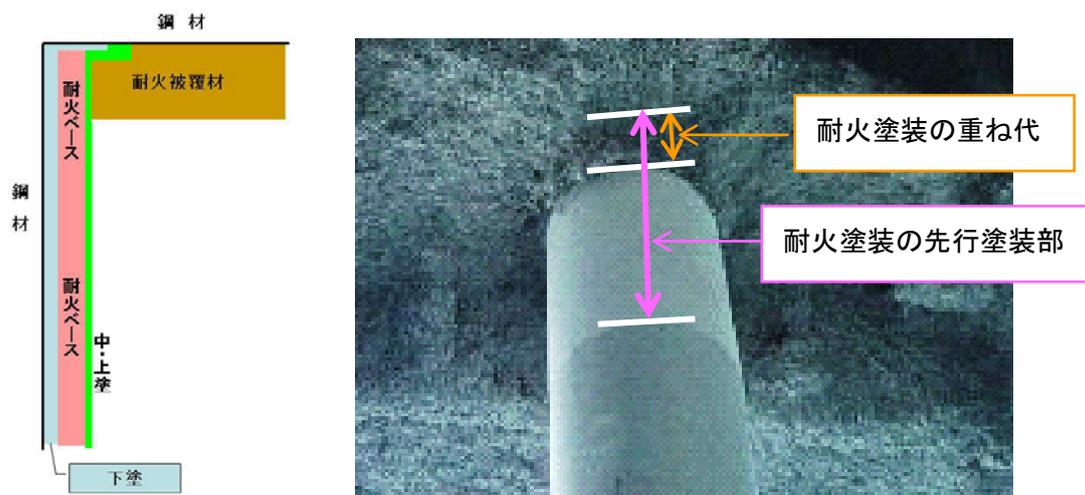
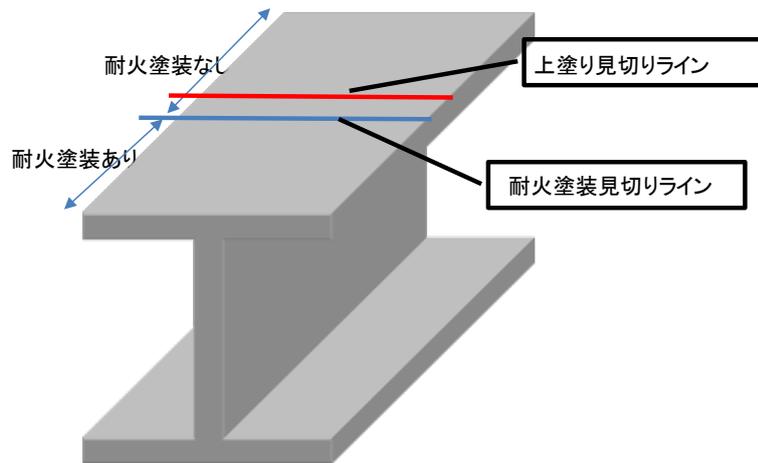


図3 他の耐火被覆材との境界部処理



塗膜断面小口からの水の侵入防止
耐火塗料より10mm程度は増し塗

図4 上塗り塗料の重ね代

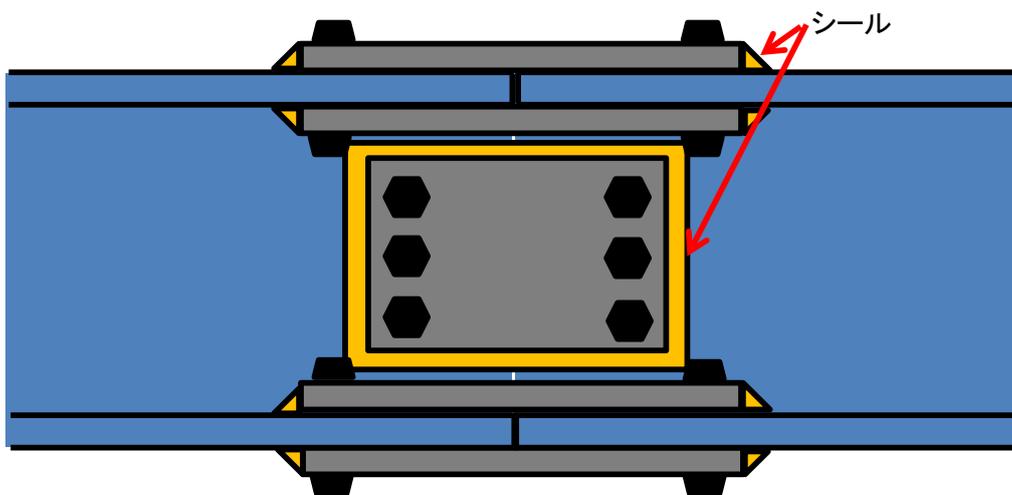


図5 スプライスプレート周囲の止水処理

工程の例

工程の例を示します。最終的には作業環境等の諸条件に応じて物件毎に決定します。

たとえば、気温が低い、湿度が高い、換気量が少ない場合には、乾燥に時間を要します。
 これらはヒーターで気温を上げたり、送風機で換気量を増すことで対応可能です。

●2mm厚塗装
 20°C65%のとき

| 工程名 | 概要 | 日数(日) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 下地調整 | 塵埃、油分の除去 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗り | 接合・欠損部の補修 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗材の膜厚測定 | | | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材塗り | 耐火塗装 | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乾燥期間 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 主材の膜厚測定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

10°C65%のとき

| 工程名 | 概要 | 日数(日) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 下地調整 | 塵埃、油分の除去 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗り | 接合・欠損部の補修 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗材の膜厚測定 | | | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材塗り | 耐火塗装 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乾燥期間 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 主材の膜厚測定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

●4mm厚塗装
 20°C65%のとき

| 工程名 | 概要 | 日数(日) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 下地調整 | 塵埃、油分の除去 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗り | 接合・欠損部の補修 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗材の膜厚測定 | | | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材塗り | 耐火塗装 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 乾燥期間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材の膜厚測定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

10°C65%のとき

| 工程名 | 概要 | 日数(日) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| 下地調整 | 塵埃、油分の除去 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗り | 接合・欠損部の補修 | ○ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 下塗材の膜厚測定 | | | △ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材塗り | 耐火塗装 | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 乾燥期間 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主材の膜厚測定 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 上塗り | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 確認 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

記号の説明
 ○: 作業、塗装、■: 乾燥養生、△: 検査、測定

耐火塗料の適切な設計・施工・維持管理について

平成 26 年 7 月発行

一般社団法人 日本建設業連合会 建築本部

〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-5-1 東京建設会館 8 階

TEL : 03-3551-1118 FAX : 03-3555-2463

© JAPAN FEDERATION OF CONSTRUCTION CONTRACTORS 2011

本誌掲載内容の無断転載を禁じます