鋼構造物用塗装系の塗装間隔が塗膜特性に与える影響に関する基礎的検討

公益財団法人鉄道総合技術研究所　　正会員　○坂本　達朗

１．目的

塗装鋼構造物に施される塗装の主な目的は防食および景観性であり、複数の塗料を塗り重ねた複合塗膜（塗装系と呼ぶ）が適用される。塗料の塗装間隔は一般的に 16～24 時間程度とされているが、これは現場での刷毛塗りを考慮した数値であり、スプレー塗装を使用する場合には塗装間隔を短縮して 1 日に複数回の塗り重ねが可能になると考えられる。ただし、塗装間隔を短縮した場合の塗膜特性について詳細に検討された事例は無い。本稿では、鋼構造物用の塗装系によく用いられるエポキシ樹脂塗料を対象に、当該塗料を複数回塗り重ねた場合の塗装間隔が塗膜の機械的特性や付着性に与える影響について評価した結果について述べる。

２．試験方法

２．１　試験項目

試験項目は、塗膜の機械的特性を評価するための引張試験と、鋼材に塗布した塗膜の付着性を評価するための耐湿試験とした。

２．２　試験片

塗料には「鋼構造物塗装設計施工指針」に規定される厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料を用いた[1)]。このとき、塗料中に配合される顔料種（体質顔料、着色顔料など）が機械的特性や付着性に与える影響を考慮し、顔料の配合の有無による 2 種類（塗料 A、塗料 B）を用意した。各塗料の配合を表 1 に示す。

表 1　各塗料の配合

材料			重量部	塗料 A	塗料 B
主剤	樹脂	エポキシ樹脂	30	○	○
		変性樹脂	5.0	○	○
	顔料	防錆顔料	5.0	－	○
		体質顔料	30	－	○
		着色顔料	10	－	○
	添加剤	分散剤	1.0	－	○
		消泡剤	0.1	－	○
		シランカップリング剤	1.0	－	○
	溶剤	キシレン	9.9	○	○
		メチルイソブチルケトン	9.0	○	○
硬化剤		溶剤型ポリアミドアミン	32.0	○	○

注：表中で「○」は配合しており「－」は配合していないことを示す。

引張試験用の試験板は表面を脱脂したポリエチレン板（寸法 300×200×1.5mm）とし、耐湿試験用の試験板は JIS G 3101 に規定される冷間圧延鋼板（SS400、寸法 150×70×3.2mm、サンドブラスト処理）とした。塗装方法はエアースプレー塗装とし、20℃雰囲気で各試験板に対して同一の塗料を 3 回塗布した。1 回あたりの目標膜厚は 60μm または 120μm とし、塗装間隔は 25 分、60 分、24 時間とした。塗装した試験片は 40 日間 20℃雰囲気で養生した。

２．３　試験方法および評価方法

a) 引張試験（機械的特性評価）

養生後に真空乾燥して残留溶剤を除いた複層塗膜をポリエチレン板から剥離し、ダンベル形状（評価箇所の寸法：60mm×10mm）に切り出した塗膜片（n=2）を用いた静的引張試験を行なった。試験には万能材料試験機を用い、引張り速度は 3mm/min とした。機械的特性は試験片の弾性率から評価した。このとき、弾性率は歪みー応力曲線の初期勾配（歪みの範囲…およそ 0 から 0.01 まで）とした。

b) 耐湿試験（付着性評価）

耐湿試験は JIS K 5600-7-2（耐湿法）に準拠した連続結露法とし、40±2℃雰囲気とした湿潤試験槽内に試験片を 30 日間静置した。付着性評価には塗膜表面の外観観察のほか、JIS K 5600-5-6（クロスカット法）に規定される碁盤目試験を用いた。これはカッターを用いて素地まで達する傷を碁盤目状に導入し、塗膜の残存程度から塗膜の付着性を評価する方法である。ここでは幅 1mm、5×5 マスを基本とし、塗膜の脱落が確認された場合には幅 2mm、5×5 マスで再度試験した。

キーワード　塗装鋼構造物、塗装間隔、付着性、弾性率、エポキシ樹脂塗料
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(公財)鉄道総合技術研究所　　TEL:042-573-7339

３．試験結果と考察

３．１　引張試験（機械的特性評価）

各試験片の歪み－応力曲線および弾性率を図 1 および表 2 に示す。これより、塗料 A の場合には塗装間隔を 24 時間とした試験片が最も低い弾性率となり、塗料 B の場合には塗装間隔を 25 分とした試験片が最も低い弾性率となった。本試験における塗膜の弾性率には、3 つの単膜の積層状態が影響すると考えられる。塗装間隔が短い場合には塗膜中の樹脂の硬化が十分に進んでいないことや残留溶剤量が多いことなどから積層した塗膜が一体化したような構造となり、塗料 A のように高い弾性率を示すことが推定される。一方、各種の顔料を含む塗料 B では顔料と樹脂の密着性を考慮する必要が生じる。塗装間隔が短い場合には残留溶剤量が多いために樹脂／顔料間の密着性が低下し、塗料 A とは異なる挙動を示した可能性がある。

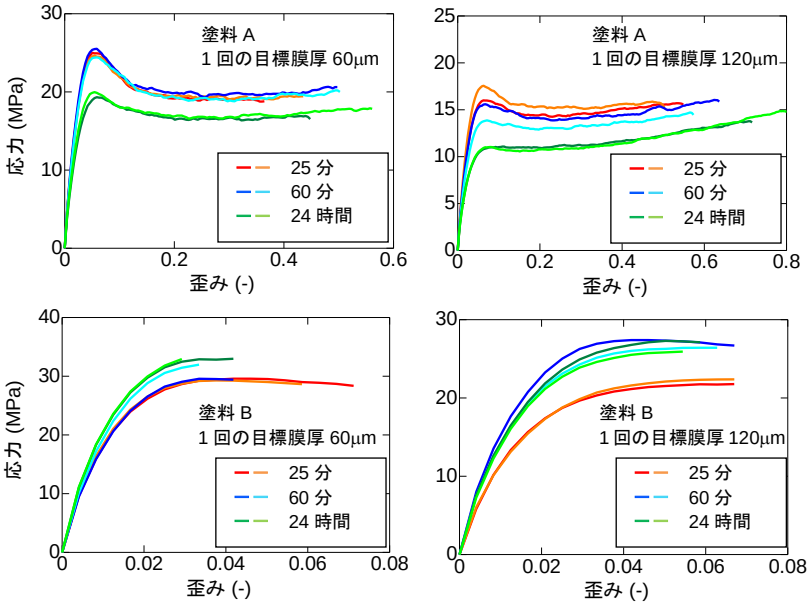

図 1　各試験片の歪み－応力曲線

表 2　各試験片の弾性率（平均値）

塗装条件	塗装間隔	塗料 A	塗料 B
1 回の目標膜厚：60μm	25 分	8.8×10^{2} MPa	1.6×10^{3} MPa
	60 分	8.9×10^{2} MPa	1.7×10^{3} MPa
	24 時間	7.2×10^{2} MPa	1.9×10^{3} MPa
1 回の目標膜厚：120μm	25 分	5.6×10^{2} MPa	1.1×10^{3} MPa
	60 分	5.1×10^{2} MPa	1.4×10^{3} MPa
	24 時間	4.0×10^{2} MPa	1.3×10^{3} MPa

３．２　耐湿試験（付着性評価）

耐湿試験の実施による塗膜膨れなどの塗膜変状はいずれの試験片においても確認されなかった。続いて耐湿試験後の碁盤目試験結果を表 3 に示す。塗料 A では塗膜の脱落は確認されない一方で、塗料 B では 1 回あたりの膜厚を 120μm とした場合に幅 1mm の碁盤目傷から塗膜の脱落が確認されたことから、顔料を配合した塗料 B の方が若干付着性に劣ることが分かった。ただし、参照した JIS では 250μm を超える膜厚の場合の碁盤目幅は規定されていないことや、膜厚が 121～250μm の場合でも碁盤目の幅を 3mm と規定しているなど、本試験では厳しい条件で付着性を評価している。また、本試験の場合、幅 2mm で実施した結果には塗膜の脱落はみられなかった。したがって、塗装間隔は塗膜の付着性に影響するが、その影響程度は小さいことが分かった。

表 3　碁盤目試験結果（塗膜残存率）

塗装条件	塗装間隔	塗料 A		塗料 B	
		幅 1mm	幅 2mm	幅 1mm	幅 2mm
1 回の目標膜厚：60μm	25 分	○		○	
	60 分	○		○	
	24 時間	○		○	
1 回の目標膜厚：120μm	25 分	○		56%	○
	60 分	○		64%	○
	24 時間	○		80%	○

４．まとめ

エポキシ樹脂塗料の塗装間隔が塗膜の機械的特性や付着性に与える影響について評価した結果、以下の知見が得られた。

・顔料を配合しない場合に塗装間隔を短くすると弾性率は大きくなり、顔料を配合した場合に塗装間隔を短くすると弾性率は低下する傾向にある。

・耐湿試験の結果、顔料の有無や膜厚による違いは見られたが塗装間隔が付着性に与える影響は小さい。

今後は、屋外暴露試験や耐候性試験などを行ない、塗装間隔が塗膜の耐久性に与える影響について検討する予定である。

参考文献

1)　（公財）鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針 2013.12