

塗装鋼橋塗替え時における旧塗膜の健全性評価方法の開発

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○坂本 達朗
公益財団法人鉄道総合技術研究所 田中 裕志

1. はじめに

塗装鋼橋の塗替えに際して、経済性や防食性の観点から塗膜の全面更新をしない場合には、塗替え前の素地調整作業において既存の塗膜（以下、旧塗膜とする）の健全性を定量的に評価する必要がある。本稿では、従来の塗膜特性評価試験方法をベースに考案した、楔状工具を用いた旧塗膜の健全性評価方法（以下、当該方法とする）の概要と、屋外において当該方法を実施するために開発した評価試験機の概要について述べる。

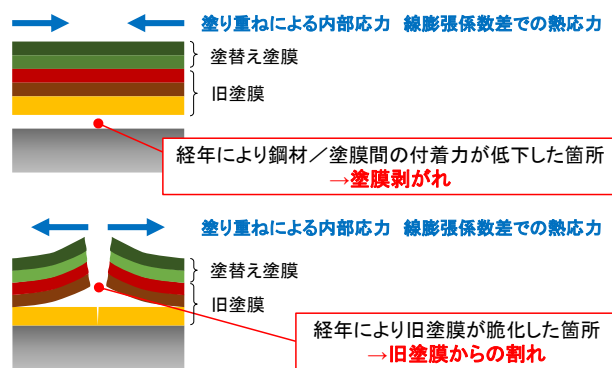
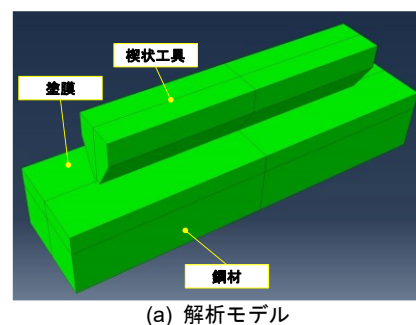


図1 塗膜の変状イメージ

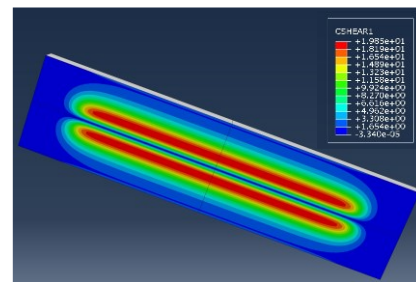
2. 当該方法の概要

塗装鋼橋の塗替えにあたり、劣化した旧塗膜の上に塗装すると、割れや剥がれが早期に発生する場合がある。旧塗膜には、塗り重ねた塗料が造膜する際の体積収縮によって内部応力が蓄積されるほか、これとは別に、鋼材と塗膜の線膨張係数の違いによって熱応力が発生する。これらの応力は旧塗膜に対して主にせん断方向に作用し、経年によって鋼材との付着力が低下した箇所や、塗膜を構成する樹脂が脆弱になった箇所において微細な割れや剥がれが発生し、徐々に拡大していくと考えられる（図1）。こうしたせん断方向の力に着目した従来の塗膜特性評価手法として、基盤目試験が挙げられる。これは、刃先が楔状のカッターを用いて塗膜に基盤目状の傷を導入した後、テープで引き剥がした際の塗膜の残存面積率から塗膜の付着性を評価する方法であり、傷の導入時にせん断方向の力が塗膜に作用する。この考え方に基づき、楔状工具を一定の荷重で塗膜に押し付けることで塗膜にせん断方向の力を定量的に作用させる方法を考案した。

当該方法の妥当性を検証するため、膜厚400 μ m、寸法2 $\times$ 8mmの塗装鋼材に先端形状0.2 $\times$ 6mmの楔状工具を押し付けた状態を数値解析した。解析モデルを図2(a)に示す。解析結果の一例として、塗膜／鋼材間の塗膜側界面に生じるせん断方向の最大応力が20MPaの場合の応力分布を図2(b)に示す。図2(b)より、楔状工具の直下から若干離れた箇所ですせん断方向の応力が楕円状に発生している。実際に塗装した鋼材に対して楔状工具を押し付けた結果、図3に示すように塗膜が破壊され、解析における応力範囲と相関がみられることが確認された。これらの結果から、当該方法によって塗膜にせん断方向の力を定量的に作用できる可能性が得られた。



(a) 解析モデル



(b) せん断方向の応力分布

図2 数値解析

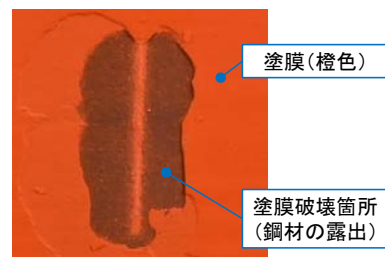


図3 塗膜の破壊状況

キーワード 塗膜, 基盤目試験, 付着性, 塗替え, 評価

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 材料技術研究部 防振材料研究室 TEL:042-573-7339

3. 開発した評価試験機の概要と動作検証

開発した評価試験機の概要を図4に示す。切替式のマグネットを用いて対象部材に評価試験機を固定した後、試験面に接触させた状態の楔状工具をばね荷重によって載荷する構造とした。使用したばねのばね定数は49.24N/mmとし、ハンドルを1回転するとばねが1mm縮み、ばね荷重が約50N増加する構造とした。なお、ハンドルを回しながら荷重を加えた場合、ハンドルの回転とともにばねおよび楔状工具も回転することがあった。そこで、ロック機構を設けてばねを収縮させる際には楔状工具を固定し、所定の長さまでばねを収縮させた後にロックを解除することとした。

動作検証のため、50年以上供用された後に廃用された鋼鉄道橋から切出した鋼材を試験体とした評価試験を実施した。試験体の総膜厚は約300μmであり、当時の指針類^{1,2)}を参考にすると表1に示す塗装系①が2回、その上に塗装系②が1回適用されていると考えられる。この試験体に対して、過去に提案した塗膜の促進劣化条件である75℃、85%RHの高温高湿度条件と-30℃⇔50℃の冷熱サイクル条件の複合条件下に晒し³⁾、基盤目試験による残存面積率がそれぞれ0%、30%、60%、80%程度とした。

上述の試験体に対して、本試験ではハンドルを1/4回転ずつ回しながら楔状工具を段階的に載荷し、塗膜が破壊した際の荷重を測定した。また、載荷箇所の近傍で基盤目試験を実施した。基盤目幅は10mm、マス数は2×2とし、全試験体に対して同一作業者が実施して試験結果に個人差によるばらつきが生じないようにした。試験結果を図5に示す。塗膜破壊時の載荷力と残存面積率には強い相関がみられた。これにより、評価試験機によって塗膜の付着性を定量的に評価できることが分かった。

4. まとめ

旧塗膜の健全性を定量的に評価する手法の構築を目標に、楔状工具を用いた定量的な塗膜の健全性評価方法を提案し、数値解析から当該方法の妥当性を確認するとともに、屋外向けに開発した評価試験機について実鋼橋からの切り出し試験体を用いた動作検証を実施した。得られた知見を以下に述べる。

- (1) 数値解析から、当該方法によって塗膜にせん断方向の力を定量的に作用できる可能性を得た。
- (2) 開発した評価試験機による試験結果は、従来の試験方法の試験結果と強い相関がみられ、当該方法を実際の塗装鋼橋で適用できる見通しを得た。

参考文献

1) 日本国有鉄道：鋼鉄道橋製作仕様書（JRS 05000），1963

2) (財)鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針，1993

3) 鈴木慧，坂本達朗，鈴木隼人：温湿度条件と塗膜の劣化挙動に関する基礎検討，防錆防食技術発表大会講演予稿集，Vol.40，pp.91-96，2020

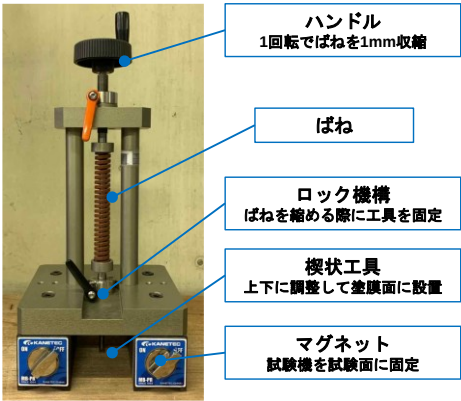


図4 評価試験機の概要

表1 塗装系①、②の概要

工程	塗装系①		
		塗料名	標準塗布量
塗装系①	第1層	鉛系さび止めペイント	140 g/m ²
	第2層	鉛系さび止めペイント	140 g/m ²
	第3層	長油性フタル酸樹脂塗料中塗	110 g/m ²
	第4層	長油性フタル酸樹脂塗料上塗	105 g/m ²
塗装系②	第1層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	220 g/m ²
	第2層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	220 g/m ²
	第3層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料	220 g/m ²
	第4層	厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料上塗	220 g/m ²

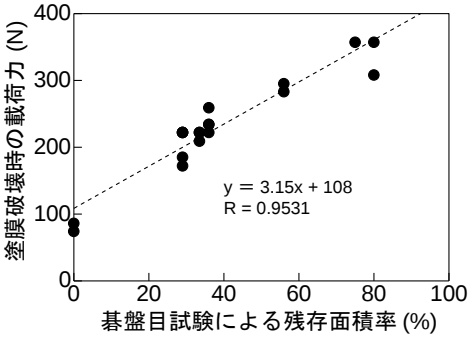


図5 試験結果