鉄桁塗装の旧塗膜の健全性評価について

西日本旅客鉄道株式会社　正会員　○丹羽雄一郎
西日本旅客鉄道株式会社　正会員　木村　元哉
西日本旅客鉄道株式会社　正会員　中山　太士

1. 研究背景と目的

鋼鉄道橋の維持管理費用の中でも、塗替え塗装の占める割合は非常に高い。JR 西日本では、塗替え周期延伸を図るため、現在、厚膜型変性エポキシ樹脂系塗料（G7 系）を採用している。しかし、黒皮付鋼板が使用されている橋梁を中心に、G7 系で塗り替えたにもかかわらず、10 年以内で、**写真 1** のように旧塗膜の付着性低下が原因と考えられる塗膜剥離が生じている。これまで、塗替え時には旧塗膜を活膜と判断して残す鉄道特有の手法を踏襲してきたが、実際は付着力が低下していたため、塗り重ねた G7 系の強い凝集力に耐えられず、剥離に至ったものと考えられる。現在、G7 系で塗り替えた桁で塗膜の大面積剥離は確認されていないが、近い将来**写真 1** のパターンが進行し、大面積剥離を起こすことが確実視されている。対策として、塗替え時、旧塗膜を完全に除去するケレン法（替ケレン１）が有効であると考えられるが、要する労力・時間・費用が大きく、全ての鉄桁に適用することは得策ではない。そこで、大面積剥離の可能性を左右する旧塗膜の健全性の評価手法を確立することを目的に、JR 西日本京都支社管内の鉄桁を対象にして塗膜調査を実施した。

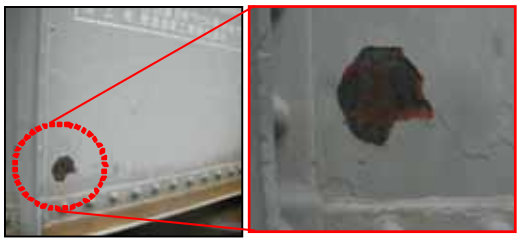

写真 1　A 橋梁 G7 系（1997.5 月塗装）

2. 塗膜の目視調査

塗膜の目視調査を行った結果、**写真 2** の B 橋梁や、**写真 3** の C 橋梁のようにかなり剥離が進んだケースも多く見られた。C 橋梁については、旧塗膜が残存している箇所は剥離しているが、旧塗膜が除去された箇所（最新塗膜のみ）については比較的健全な状態を保っている。このことより、G7 系で塗り替えた橋梁においても、健全性の低い旧塗膜を残して塗り重ねた場合は同様の劣化を辿ることが予想される。特に、鉛系さび止めペイントと長油性フタル酸樹脂塗料を用いた B7 系に対しエポキシ系の G7 系は溶剤が強く、リフティングによる剥離発生の可能性が高いと考えられる。

写真 2　B 橋梁 B7 系（1981.1 月塗装）

JR 西日本では、塗膜の健全度判定は全般検査時 P 判定を用いて行っているが、この手法では、塗膜剥離に至る可能性を事前に診断できない。そこで、今回判明した新たな塗膜健全性に係る問題に対処するため、旧塗膜付着性の評価手法を検討した。

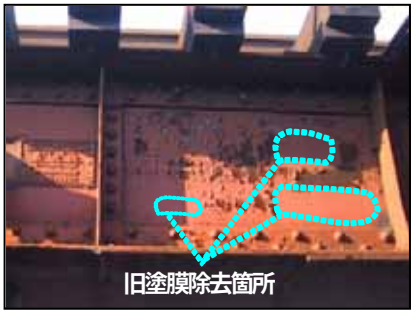

写真 3　C 橋梁 B7 系（1984.12 月塗装）

3. 実橋試験

3-(1)試験方法

実構造物の塗膜の付着性を現場で診断する方法は、一般的に、引張り付着試験、碁盤目試験が多く用いられている。碁盤目試験は、一般的に鉄桁塗替え塗装のように 250μm 以上の膜厚には適さないとされているが、引張り付着試験のデメリット（接着剤の乾燥に時間を要す、試験結果にバラツキが出やすい）が大きいため、碁盤目試験に改良を加えることを考え、次のような手順で試験を実施した。

① 目視により旧塗膜有無を判断し、試験箇所を選定
② ペイントボアラーを使用し、膜厚測定（**写真 4、図 1**）
③ 碁盤目幅 16mm までの範囲で碁盤目試験を実施（JIS 規格では 5mm まで）（**写真 4**）

写真 4　碁盤目試験とペイントボアラーによる膜厚測定

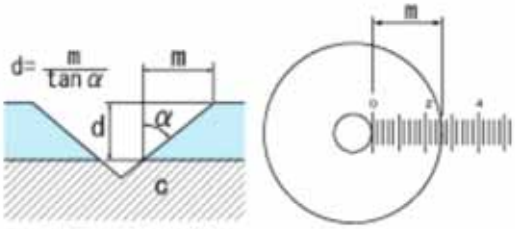

図 1　ペイントボアラーによる膜厚測定の原理

キーワード：鉄桁塗装、厚膜型エポキシ系塗装、大面積剥離、旧塗膜の健全性、碁盤目試験
連絡先　〒601-8411 京都市南区西九条北ノ内町 5-5 西日本旅客鉄道㈱ 京都土木技術センター　℡075-682-8116/8107(fax)

3-(2)試験橋梁の選定

試験橋梁の塗膜状態に偏りが出ないようにするため、B7系で剥離の少ないもの、多いもの、G7系で塗替え前に剥離の少なかったもの、多かったものからほぼ均等に選定し、B7系：12橋梁／19連／サンプル数67、G7系：11橋梁／16連／サンプル数62、の試験を実施した。

4.　試験結果

碁盤目試験の塗膜剥離の仕方は、**写真5**に示すように、鋼材素地、塗膜層間で剥離するパターンAと、塗膜の劣化による破壊を起こすパターンBに大別されたが、前者の方が大面積剥離に直結すると考えられる。そこで、塗膜残存率と碁盤目幅の関係に着目し、下記の基準で各データを○△×に分類し、X軸に総塗膜厚、Y軸に碁盤目幅をとり、**図2**に表した。

写真5　左:塗膜剥離、右:塗膜破壊

分類基準：「塗膜残存率80%以上⇒○、同60%以上80%未満⇒△、同60%未満⇒×」

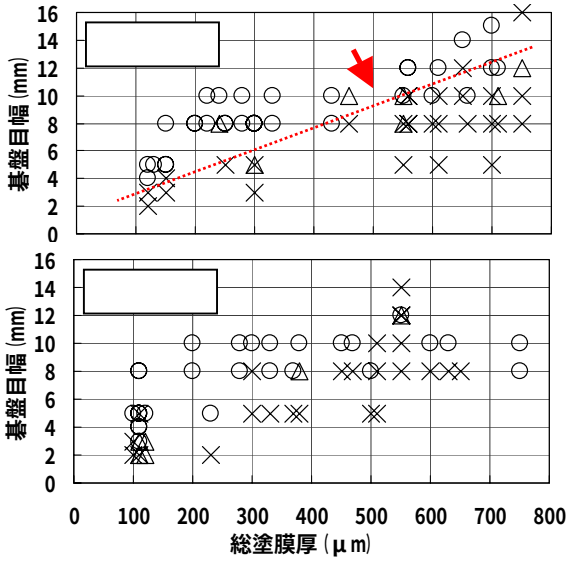

図2　総塗膜厚と碁盤目幅の関係

パターンAにおいては、塗膜残存率が80%以上となる碁盤目幅の最小値と総塗膜厚に相関が見られ、図に示した○と×の境界線が膜厚と碁盤目幅の関係の基準ラインとすると、各膜厚においてこの基準ラインを境にして、上のエリアで×となる場合は通常より付着性が低く、ラインより下のエリアで○となる場合は付着性が高い、と考えられる。パターンBについては、膜厚と碁盤目幅に一応の相関関係が認められるものの、剥離とは性質が異なるため、付着性の判断材料とし難い。

膜厚が厚いと付着性が低下する要因として、塗り重ねられ年月を経た塗膜程弱っていることが挙げられる。例えば、**写真6**は、D橋梁の膜圧測定と碁盤目試験の結果であるが、膜厚130μmの箇所（旧塗膜なし）は、良好な付着性を有しているのに比べ、610μmの箇所（塗り重ね3回以上）は、明らかに旧塗膜の付着性が低下していることがわかる。

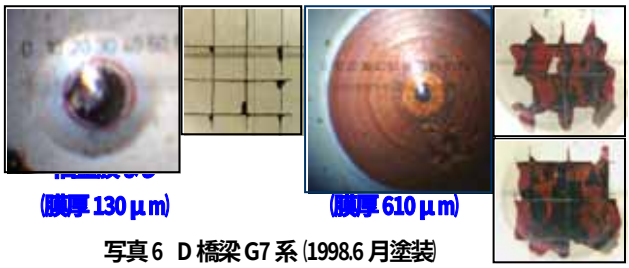

写真6　D橋梁G7系(1998.6月塗装)

5.　旧塗膜の健全性評価手法

以上を踏まえ、次のような旧塗膜健全性評価手法を示す。現状では、塗替えが計画された橋梁は、活膜を残すケレン法（替ケレン2）を基本としているが、塗替え施工前に、このような手法で旧塗膜の健全性を評価し、場合によっては替ケレン1を採用するなど、素地調整のレベルを適切に選択する必要がある。

①総塗膜厚を測定する。
②**図2**に示した基準ラインから膜厚に相当する碁盤目幅を決め（ラインより1mm程度大きくとる）、碁盤目試験を実施。（例：膜厚500μm程度→10mm）
③**4.**で示した○△×の基準で、
　○ or △ → 替ケレン2（従来どおり）
　×　　→ **替ケレン1**

通常、同じ桁であっても過去のケレンの差により、箇所によって架設されてからの塗り重ね回数（塗膜層数）が異なるため、異なる箇所についてはそれぞれ試験する必要があり、かつ、データのバラツキの影響を少なくするため、各々数箇所ずつ試験し、総合的に評価することが望ましい。また、カッティングの精度が剥離に影響を及ぼすので、刃こぼれと作業精度には注意を払う必要がある。

6.　まとめ

旧塗膜の状態を評価し、素地調整のレベルを適切に選択することで、塗替え後早期の塗膜剥離を防止し、さらには大面積剥離の防止にもつながる。

また、本研究を実際に運用していく際の課題として、替ケレン1の仕上り精度があるが、桁の隅々まで完全に塗膜を除去することは確かに困難である。妥協案として、可能な限り旧塗膜を除去するという施工（替ケレン1と2の中間）でも十分に現状より改善が望め、これに際して、より質の高い施工管理が求められるであろう。

最後になりましたが、本研究につきまして有益なご指導を頂きました、鉄道総合技術研究所防振材料研究室の田中誠室長に厚く御礼申し上げます。

＜参考文献＞1）鋼構造物塗装設計施工指針 1993 鉄道総合技術研究所、2）塗料一般試験方法第5部 - 第6節 1999 JIS K5600-5-6