

# 鋼橋の塗装塗替長期化に向けた取り組み事例

## 鋼橋に存在する維持管理困難部位と腐食の要因別損傷傾向

杉田 悠貴・香川 紳一郎・伊礼 貴幸

橋梁定期点検は、近接目視点検が法定化され、橋梁の維持管理を力強く推進しているところである。

全部材近接目視により実施されるため、点検時の部材の健全性把握と併せて、長期間の耐用期間における維持管理上の課題を発見することにも有効である。特に鋼橋では、定期的な防食機能の回復（塗装塗替等）が必要であり、塗替作業に配慮されていない維持管理困難部位などの存在があることが分かっている。本稿では、東京都板橋区の定期点検において実施した、鋼道路橋の防食機能保持に支障となる部位の抽出と、防食機能の劣化進行と腐食速度の速い損傷の要因を整理し、それらへの個別対策により塗装塗替の長期化への取り組み事例を紹介する。

キーワード：鋼道路橋，維持管理，定期点検，（新）維持管理困難部位，塗装塗替，防食機能の劣化，腐食速度

### 1. はじめに

橋梁点検は、5年毎に近接目視による定期点検が平成26年度から開始され、今年度から2巡目に入る時期を迎えている。点検では、地上・梯子、高所作業車、橋梁点検車、点検足場などの方法により、触れられる程度まで近接することが求められており、橋梁の詳細な構造や状態を把握できる貴重な機会である。しかしながら、点検が法定化されたことにより点検作業量が増大し、それに相まって点検作業が定型化し、維持管理に関する貴重な情報を収集できる好機を逸しているのを危惧しているところである。本論では、東京都板橋区が管理する鋼道路橋の定期点検で、防食機能の維持に支障となる部材配置の抽出と、腐食損傷の要因別分類による塗装塗替の長期化に向けた取り組み事例について紹介する。

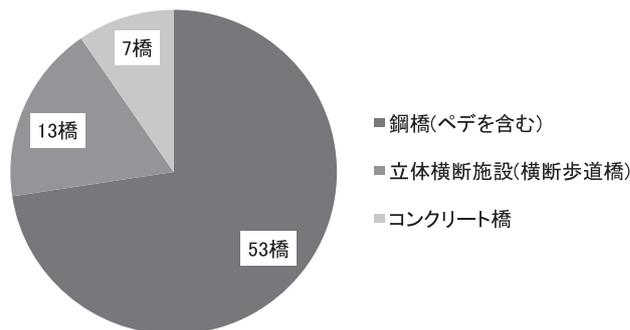
### 2. 管理橋梁の特性と維持管理上の課題

板橋区では、73橋の管理橋りょうのうち9割の66橋が鋼橋（図—1）であり、維持管理費用の多くが塗装塗替費である。管理橋りょうの塗装塗替の間隔を整理した（図—2）結果、建設時から1回目の塗替えまでの平均期間は21.2年（65橋）、1回目から2回目の塗替えまでの平均期間は15.4年（33橋）、2回目の塗替えから3回目の塗替えまでの平均年数は9.4年（5橋）

と、回数を重ねるごとに短期化していることがわかった。維持管理費用の多くを塗装塗替費が占めることから、塗装塗替の長期化が強く求められることになった。

### 3. 塗装塗替の短期化の要因

塗装塗替の短期化の要因として、素地調整種別の変化が考えられる。建設時は、素地調整1種が採用されるが、塗装塗替時の1種は工事費が高く、また住宅密集地での騒音が理由となり3種が採用されていることから、塗装塗替間隔の短期化の要因と考えられた。しかしながら、板橋区は東京湾から10km以上内陸に位置し、さらに冬季の凍結防止剤散布がほとんど無いことから飛来塩分量が少なく、鋼材に対する大気腐食環境は穏やかであると考えられていた。また、管理鋼橋の多くが昭和50～60年代頃に建設されており、昭和



図—1 管理橋りょうの材質別割合

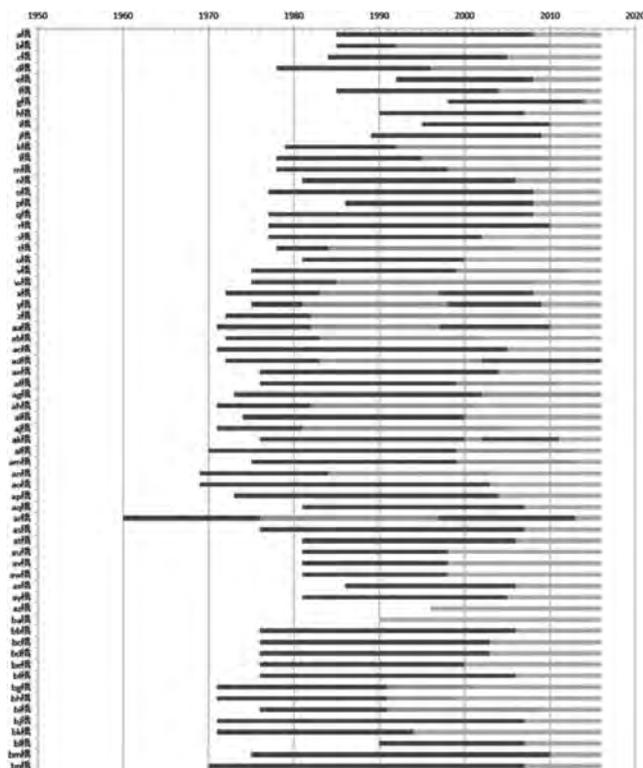


図-2 塗装塗替間隔一覧表

46年に制定された「鋼道路橋塗装便覧」<sup>1)</sup>に準拠した長油性フタル酸樹脂塗料のA系が建設時には多く用いられているのに対し、塗装塗替が本格化した近年では平成17年に改訂された「鋼道路橋塗装・防食便覧」<sup>2)</sup>の変性エポキシ樹脂塗料のC系と素地調整3種の組み合わせが、また平成26年以降は同年に改訂された「鋼道路橋防食便覧」<sup>3)</sup>のフッ素樹脂塗料のRc-Ⅲ仕様が採用されている。このように、塗料の耐久性は確実に向上しており、大気腐食環境も穏やかであるにも関わらず、塗装塗替間隔が塗装塗替の回数を重ねるにしながら短期化している要因が、素地調整の変化だけであるとは考えにくい。そこで、定期点検により確認された防食機能の劣化と腐食に関する変状を要因別に整理し、塗装塗替のタイミング決定への影響について考察した。

写真-1は、塗装塗替(Rc-Ⅲ)から5年で塗膜が剥離する事例であるが、同様な事例は他の管理橋りょう数橋でも確認されている。このように、採用した塗装仕様が持つと考えられる耐用年数を大きく下回る期間で著しい変状が発生したことが、塗装塗替のタイミングに影響した一つの要因として考えられた。

写真-2は、主桁ウェブ等などの平面的な広い面の防食機能は健全であるのに対し、主桁下フランジの局部的に防食機能の劣化や腐食速度が著しく早い部位が報告された事例である。部位は違うものの同様な局

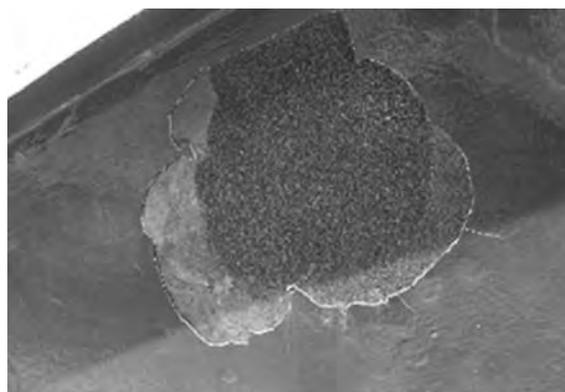


写真-1 塗装塗替5年でウェブに発生した塗膜剥離



写真-2 塗装塗替5年で下フランジに発生した局部腐食

部的な変状事例は多くの管理橋りょうで確認されている。このように、著しい局部的な変状が点検により確認されると、損傷の程度は“e”(損傷の深さ“大”, 損傷の面積“小”)と判定され、対策区分判定は“C1”(予防保全的措置)、健全性判定は“Ⅱ”とランク付けされる。板橋区管理橋りょうは、定期点検の結果、全管理橋りょうが“Ⅰ”または“Ⅱ”と判定されたことから、同じ“Ⅱ”ランクの橋りょうの中で対策優先度により対策実施の順序が決定される。したがって、ランクが“Ⅱ”であっても、塗装塗替のタイミングが早まる傾向にあることが分かった。

なお塗替時期の判定は、「鋼道路橋防食便覧」<sup>3)</sup>でははがれの程度とさびの程度のマトリクス表を用いて判定する方法が示されている。一般には、比較的広い面積を有する主桁ウェブ等の部材の大半(50%以上)の防食機能が劣化し、表面的な錆が広がりを生じた場合と考えられる。しかしながら、板橋区管理橋りょうについて塗装塗替直近での点検で判定された防食機能の劣化について整理した(図-3)ところ、健全性が高いランクであるにも関わらず塗装塗替が実施されていた事例が複数あることが分かった。これらは、防食機能の劣化は軽微であるにも関わらず、数少ない進行した局部的な腐食が確認されたことと、間隔が短期化し

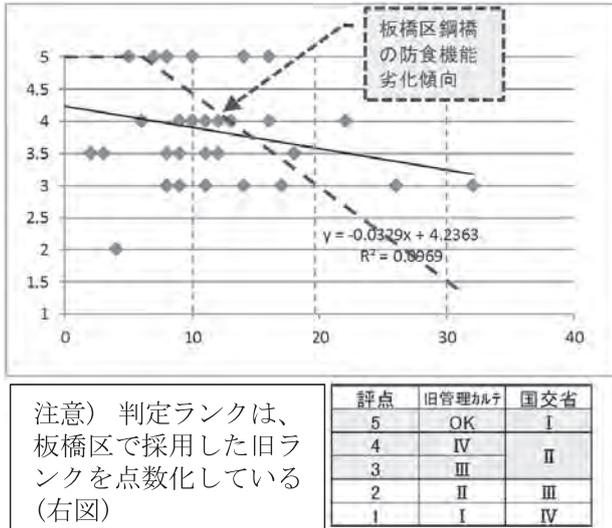


図-3 塗装塗替直近の点検で判定された防食機能の劣化と塗装の経過年数

た前回の塗装塗替からの経過年数によって経験的に塗装塗替の時期を決定したものであり、これが第二の要因として考えられた。

#### 4. 腐食の発生を促進する要因

筆者らが委員を務める(社)土木学会「鋼構造物の防食性能の回復に関する調査研究小委員会」<sup>4)</sup> 報告書(以下「報告書」と示す)では、部材の置かれている腐食環境(以下「部材腐食環境」と示す)の違いにより、早期に腐食が発生しやすい部位を示している。板橋区の定期点検において確認された腐食損傷について、報告書に示された要因別に整理したので次に示す。

##### (1) 水、土砂が溜まりやすい部位

水、土砂や廃材が溜まりやすい桁端部や支承部の橋座面上、漏水の元となる伸縮装置の下にある部材、排水管路末部からの飛沫が掛かる周辺部材、漏水が滞水しやすい箱桁内部(写真-3)などが該当する。



写真-3 塗装塗替1年で箱桁内部に発生した腐食

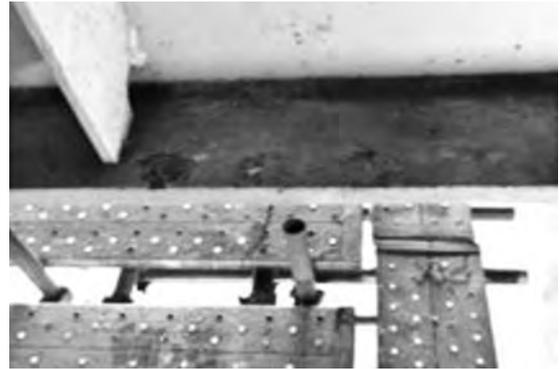


写真-4 塗装塗替9年で下フランジに発生した防食機能の劣化

##### (2) 素地調整及び塗膜の品質確保が困難な部位

凹凸のある高力ボルト継手部(特に、ボルト頭部、ネジ部)、部材角のエッジ部、塗装塗替足場のチェーンプランプ跡(写真-4)等は、刷毛塗りの場合膜厚を確保するのが難しく、防食機能の弱点となることが知られている。

##### (3) コンクリートや土への埋め込み(地際)部材

地際部は、点検により腐食状況の確認が困難であるばかりでなく、防食機能の回復作業も困難である。また、地際部の腐食は地際部から5mm~10mm程度下に最も腐食が進行する箇所があることが知られており、直接視認しての確認が出来ない。特に、横断歩道橋脚基部(写真-5)や高欄支柱基部が上げられる。

##### (4) 塗膜下腐食に起因した局所的な腐食

塗膜は、水分や酸素等の鋼材の腐食に関する環境因子の浸入を完全に抑制することはできない。このため、塗替え時の素地調整不足によって腐食箇所のさびが残存した場合、塗膜下腐食が進行(写真-6)する。塗膜下腐食は、過去に腐食した箇所の再腐食であるため、腐食しやすい部位で局所的に発生することが多い。特に耐久性の高い塗装系を適用すると、塗膜が健



写真-5 塗装塗替11年で歩道橋橋脚基部に発生した腐食



写真一六 塗装塗替 18 年で上フランジに発生した層状腐食 (漏水無し)

全な部分では腐食が進行しにくいことから、腐食が表面的ではなく板厚方向に進行する傾向にある。このため、塗膜下腐食と同様に、局所的な腐食が発生することになる。

#### (5) 維持管理困難部位等の不適切な部材配置

維持管理困難部位とは、設計・製作・施工時の配慮により防ぐことが可能であった部位であるが、作業空間が確保できないために、必要な素地調整や塗替塗装の実施が物理的に不可能な部位のことである。

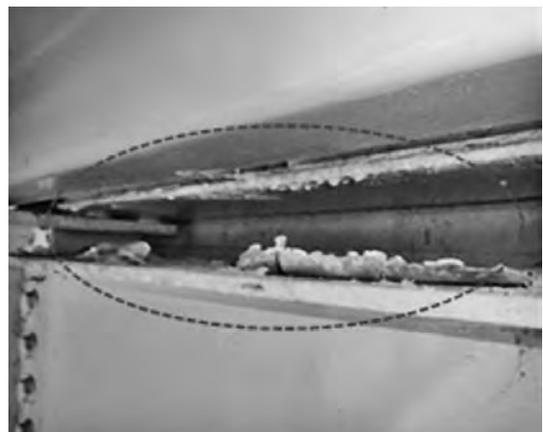
写真一七は、護岸背面に設置された橋台のため桁端部が維持管理困難部位となっている事例である。写真一八は、アーチ構造を有する橋りょうの狭小閉鎖断面内部の腐食状況である。狭小閉鎖断面内部をファイバースコープカメラにより確認したところ、内部のボルト等に腐食が進行していることが確認された。これら部位には、ボルト接合部や水抜き穴から大気の進入による結露や、雨水の進入により腐食が進行したと考えられる。また、写真一九では主桁間に配置された添架管のために、主桁間の塗装塗替がされていない事例が確認されている。このような場合は、橋りょう管理者が添架管事業者へ作業空間確保のための改善申し入れが早急に必要である。写真一〇では、従来か



写真一八 建設後 28 年が経過した狭小閉鎖断面修復を有するアーチリブ内部の腐食



写真一九 添架管により主桁間に侵入が出来ない事例 (左上写真一主桁間は塗装塗替未施工 (建設後 45 年経過))



写真一〇 鋼製デッキと横桁の間に発生した腐食 (建設後 32 年経過)

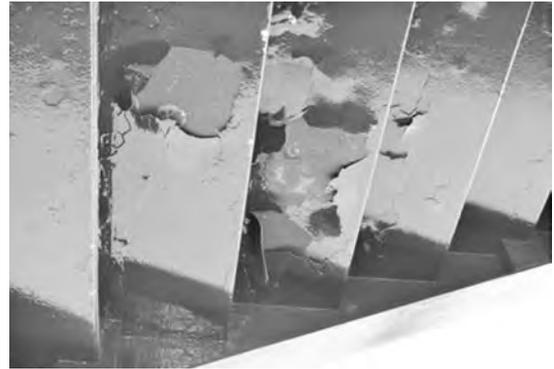


写真一七 建設後 43 年間塗装塗替がされていない部位 (護岸内の桁端部)

ら課題であった床版と横桁間に腐食が発生している事例を、写真一〇では小規模橋りょうに多い鋼製波型デッキと主桁上フランジ間に生じる空間に発生した腐食を、写真一二では護岸に近接した主桁下フランジに発生している防食機能の劣化事例である。このように、点検で損傷が明らかになっても、塗装塗替の実施が困難な維持管理困難部位が多数確認された。これら



写真一11 波型デッキと主桁上フランジ間に発生した腐食（建設後32年経過）



写真一13 塗装塗替4年後に剥離した塗膜



写真一12 護岸に接する主桁下面に発生した防食機能の劣化（建設後35年経過）

多数の維持管理困難部位を放置すれば、遠からず腐食が進行し、耐荷力や耐久性に影響を生じることが明白である。しかしながら、これら部位に対して現在有効な対策は示されていないことから、板橋区では計画的にこれら部位の構造改善を予定しているところである。

#### (6) 旧塗膜に起因する塗膜変状

素地調整3種において残された旧塗膜は、防食性への寄与を期待したものであり、健全な塗膜であることが前提である。しかしながら、塗膜を構成する樹脂は有機材料であり、長時間に及ぶ環境因子（水分、熱、紫外線等）の作用による酸化や加水分解等に伴う脆化・劣化が生じることが避けられない。また、複数回の塗り重ねに伴い、塗料が硬化して塗膜となる際の収縮応力等が塗膜内部に蓄積・増大すると考えられている。これらの影響により、塗膜の健全性が失われ、最終的には割れ、剥がれといった塗膜変状として顕在化すると考えられる（写真一13）。前述した写真一1の事例もこれに該当する。

## 5. 塗装塗替長期化に向けた取り組み

板橋区において塗装塗替が短期化した要因の一つとして、採用された塗装仕様が持つと考えられる耐用年数を大きく下回る期間で著しい防食機能の劣化が発生したことが確認された。この劣化要因は、素地調整3種による旧塗膜に起因することが想定されたため、板橋区では現在労働環境の問題となっている塗料に含まれる有害物質の完全除去も目的として、素地調整1種の導入を検討しているところである。

塗装塗替短期化の要因の二つめとして、局部的な防食機能の劣化や腐食速度の早い変状が発生したことが想定された。これらは、6つの要因に整理され来年度実施が予定されている長寿命化修繕計画の改定の中で、個別要因毎の具体的な対策を検討する計画である。例えば、桁端部に堆積した土砂等の撤去を、定期点検の中で実施する取り組みや、維持管理困難部位の構造改善、素地調整1種の導入、橋梁点検車を用いた現場タッチアップ塗装の導入等が挙げられる。

本稿で挙げた要因に対する有効な対策は、現在の技術では全て対応が可能とは言いがたいが、創意工夫により変状の進行を遅らせるなどの効果が得られるものと確信しているところである。

さて、塗替え時期の判定にバラツキがあることを「3. 塗装塗替の短期化の要因」は前述したが、図一3で示した板橋区での防食機能の劣化の経時変化によると、目視という定性的な点検であるためデータのバラツキはあるものの、破線で示した防食機能の劣化傾向によると、大凡塗替え後10年程で防食機能の劣化が始まり、大凡20年経過すると予防的保全（“Ⅱ”ランク）の後期に入ると推測された。そこで板橋区では、10年を下回るようになった塗装塗替間隔を、当初目標として20年に設定し、塗装塗替間隔が20年を確保できるように、局部的に進行した腐食に対しての対策実施と、今後劣化の進行の恐れのある維持管理困難部

位に対する構造改善を計画的に実施することが検討されている。

## 6. おわりに

板橋区では、平成28年度から3年間にわたり実施した定期点検結果を受けて、来年度長寿命化修繕計画の初めての見直しが予定されている。管理橋りょうに鋼橋の占める割合が高いことから、塗装塗替の間隔を長期化することが維持管理費用の縮減に効果が高いことは分かりやすい。しかしながら、定型化した定期点検では点検する度に損傷が確認され、それらへの対応として塗装塗替が実施され続ければ費用の縮減は困難であることは明白である。本稿で取り上げた鋼橋の防食機能の劣化と腐食を受けやすい部位は、以前から問題提起されていたものもあるが、新たに維持管理困難部位として注意喚起を行った。維持管理困難部位に対する対策は、現時点では高い費用が必要となる構造物改善が有効と考えられるが、狭隘部での施工が可能な素地調整機器や塗装機器の開発が望まれる。

## 謝 辞

東京都板橋区役所土木部計画課には、本稿で紹介した変状事例の提供をはじめ、多大なご協力を頂きました。また、参考にさせて頂いた報告書を作成した「鋼構造物の防食性能の回復に関する調査研究小委員会」の九州大学大学院貝沼重信委員長には、多大なご指導をいただきましたことに謝辞を申し添えます。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋塗装便覧. 1971
- 2) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧. 2005
- 3) (公社) 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧. 2014
- 4) 鋼構造物の防食性能の回復に関する調査研究小委員会, 論文名, 雑誌名 (書名), 巻号, (社) 土木学会, 平成31年3月

### 〔筆者紹介〕

杉田 悠貴 (すぎた ゆき)  
板橋区 土木部 計画課



香川 紳一郎 (かがわ しんいちろう)  
国際航業㈱  
技術サービス本部 社会インフラ部  
橋梁マネジメントグループ  
担当部長



伊礼 貴幸 (いれい たかゆき)  
国際航業㈱  
技術サービス本部 社会インフラ部  
橋梁マネジメントグループ  
主任技師