

鋼道路橋塗替え時の重防食塗装仕様(Rc-I)の課題と改善策

片脇清士・丹野 弘

1. はじめに

土木研究所などの研究成果を元に作成され、鋼道路橋塗装・防食便覧（2005年）で初めて導入された、塗替え時の重防食塗装仕様(以下「Rc-I」という。)は、橋梁の長寿命化に役立つことが期待されている。

しかしながら、十分な防食性の検討をせず塗装仕様が決定される場合も少なくなく、Rc-Iによる塗替えが既設橋の塗替え時に選定される割合は、2、3割程度に止まっている。その割合が増えない原因として、割高となりがち工事コストや素地調整機材の使いにくさ、規制の煩雑さなどの存在があるという指摘もある。

ここでは、課題を分析し技術的な改善策を検討するとともに、Rc-Iによる塗替えが橋梁の長寿命化、ライフサイクルコスト（以下「LCC」という。）の縮減策として期待される状況などを整理し、広く展開するために有用と考えるいくつかの提案を行いたい。

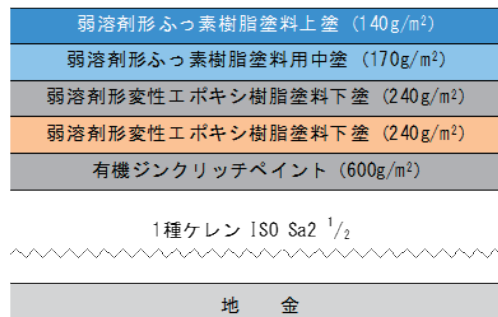
2. 鋼道路橋塗装の実情

構造物のLCCの縮減のために予防保全の重要性が唱えられているが、近年の鋼橋の点検の結果から、劣化の中で、鋼材の腐食が影響するものは、大きな割合を占めることから、防食の重要性が高まっている。

塗装は、橋梁の腐食やさびを効果的に予防する技術であり、その効果を最大化できる塗替え時のRc-Iは橋梁の長寿命化に役立っている。

ところで、Rc-Iは、その始まりを本州四国連絡橋、東京湾アクアライン並びに関西国際空港連絡橋など海上長大橋の塗装に遡ることができる。中でも瀬戸内海に新設された本州四国連絡橋では重防食塗装が初めて適用された。適用事例の増加とともに塗膜材料の更なる開発改良もあり重防食塗装の効果が、年を経るに伴い多くの機関に広

まったことから、海上橋以外の道路橋にも重防食塗装を用いる動きが高まった。また、土木研究所が1984年に設置した海洋技術総合研究施設等における試験の結果、並びに1992年からの特定パイロット事業として全国の実橋での試験施工・追跡調査の結果から、一般の道路橋においても効果が期待できることが明らかになっていった。その結果、既設橋の塗替えにおいても、図-1に示す、ブラスト+ジンクリッチペイント+エポキシ+ウレタン（途中からふっ素樹脂塗料に変更）の塗装系を鋼道路橋塗装・防食便覧（2005年）において提案することになった。これが塗替え塗装用の防食仕様であるRc-Iの誕生である。同便覧は、2014年鋼道路橋防食便覧に改訂されたが、Rc-Iの位置づけは変わらなかった。



※ISO Sa2^{1/2} : ISOで定めた素地調整の除錆グレード

図-1 Rc-I 塗膜構成の例

その後、塗装工事に鉛中毒とこれに関連する事故が発生し、2014年5月30日付けで、国土交通省及び厚生労働省から「鉛等有害物を含む塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について」が通知された。これらの通知から5年を経過した今、2005年頃まで広く用いられていた防錆顔料、着色顔料として鉛を含む原料を用いた塗装を施した橋梁の塗替え塗装の現場は様変わりしている。

例えば、白い防護衣を身につけ個人保護具（エアラインマスクや電動呼吸具）を装備した作業者が施工に従事し、クリーンルームやエアシャワーが設備されているところも少なくない（図-2）。

クリーンルーム



エアシャワー



図-2 個人保護具と安全設備の例¹⁾

このように、鉛中毒の防止への理解が高まり、溶剤などの中毒、火災防止のための教育が定期的に行われるようになるなど、上記の通知と関係者の迅速な対応により、塗装工事の作業環境は大幅に改善されている。

現在、国内外においてRc- I として行われている工事は、主なものだけで3種類がある（表-1）。

表-1 Rc- I 工事の種類

工事内容	特徴	使用地
塗膜はく離工+ブラスト+重防食塗装	塗膜はく離工で塗膜を剥離し、ブラストで素地調整を行う。塗膜はく離工には剥離剤を用いるものとIHを用いるものがある。	日本
ブラスト+重防食塗装	ブラスト(ISO でいうabrasive blast)で素地調整を行う	北米 日本
湿式ブラスト+重防食塗装	湿式ブラストで素地調整を行う	欧州

鉛中毒を生じさせにくい、はく離剤を用いた塗装工事も増えてきている。塗膜はく離工については、(国研) 土木研究所から土木鋼構造用塗膜剥離剤ガイドライン（案）（2017年）が提案されており、塗膜はく離剤も多く会社から提供されている。これらの動きを踏まえ、国土交通省では、対象とする技術の現場での活用などを目的として、NETIS「テーマ設定型（技術公募）」を2017年から実施され、現場検証結果（暫定版）が公表され、現在も追跡調査中となっている。

日本では、錆を完全に落とすため、必ずブラストを行うこととしている。しかし、かつてのようなダストを多量に発生させるようなサンドブラストの現場はほとんど無くなり、環境に配慮した新しいタイプのブラストが採用されている。安全策を向上させるために、工事業者とブラスト機材メーカーが自主的に機器を開発するなど作業に用い

る機材や研削材料の改良も進んでいる。

3. 課題と技術的な改善策の提案

Rc- I の採用と工事安全管理面での工法改良は、工事の円滑化や橋梁のLCC縮減も併せて実現できる必要がある。これらの技術を実工事に広く普及させるために、いくつかの課題が残されている。

3.1 工事コストの増加への対応

従来塗装系による塗替え塗装工事費の内訳と最近のそれを比較すると、次の点が課題である。
①Rc- I では、特にブラストにより確実に素地調整する必要があること。
②剥がした塗膜等を処理するための費用(以下「産廃処理費」という。)が加わり、素地調整工の関連費用が大きく増加していること。これらに様々な規制による作業者の安全衛生費用が加わり、
③塗装工事費単価が2倍以上、現在も増加傾向にあること。

これまで、耐久性に優れた高機能型の素材の活用など、塗装工程部分は費用縮減に向けた検討がなされてきたのに比べ、素地調整工程は、作業が単純であることから、逆に新技術等の導入が遅れてきた。その中で、近年費用が増加している産廃処理費の縮減については、様々な手立てが考えられる。例えば、発生する産廃量自体を減らすことも効果的であり、作業環境やその安全性を低下させずに、コスト、品質管理などをバランス良く調和させるなど、素地調整工法の一段の革新が求められる。

3.2 素地調整工に用いる機材の使用性・効率性

Rc- I の素地調整工に用いられるブラストには、オープンブラスト工法、バキュームブラスト工法、スチールグリットブラスト工法等がある(表-2)。

表-2 ブラスト工法の種類

種類	オープンブラスト工法	バキュームブラスト工法	スチールグリットブラスト工法
開発年代	1980年以前	1990年代半	2000年頃
研削材料、産廃量	スラグ類等、使い捨て、粉塵、産廃量多	アルミナ、リユース、産廃量少	スチールグリット、循環型、産廃量少
システム構成	単体	単体	システム化 ユニット化
投射圧力	～0.7MPa程度	高くない	1.0MPa～

土研センター

ブラスト工法には多様な機械があり、操作の習得に時間を要し、作業者の習熟度に効率性が大きく左右される。国内全体で鋼道路橋に適した効果的な機材の普及・標準化、資格制度の導入や研修等による全体の技能レベルの向上なども重要と考えられる。

3.3 適切な維持管理を実施するための予算確保

道路法改正（平成25年）等を受け、平成26年7月より、道路管理者は、管理する「橋梁」、「トンネル」、「道路付属物等」について、5年に1度近接目視による点検を行い、健全性を4段階で診断することが義務づけられ、平成30年度までに、一部の例外を除き、一巡目の点検が終了した。

限られた道路事業費の中で、数多くの構造物の維持管理、補修、補強を行わなければならないことが明らかとなった。道路メンテナンス年報（平成26～29年度）で公表された点検結果59万橋を集計した結果を図-3、4に示す。国交省管理では健全I判定、高速会社管理では予防保全段階II判定の割合が多い。道路橋の大半を占める地方公共団体管理に注目すると、早期措置段階IIIは5.3万橋、緊急措置段階IV 539橋で、両者を合わせた全体の10%が、「早期に措置を講ずべき状態」あるいは「緊急に措置を講ずべき状態」にあることがわかる。加えて26.6万橋49%が予防保全段階IIに置かれ、健全Iは41%にすぎない。

また、都道府県における構成割合は、様々に分布し、Iの割合が多いほど、II、IIIの割合は少ない傾向にある(図-4)。状況は異なるが、これらの管理橋をどのように維持・管理していくのか、課題となっていることが伺える。

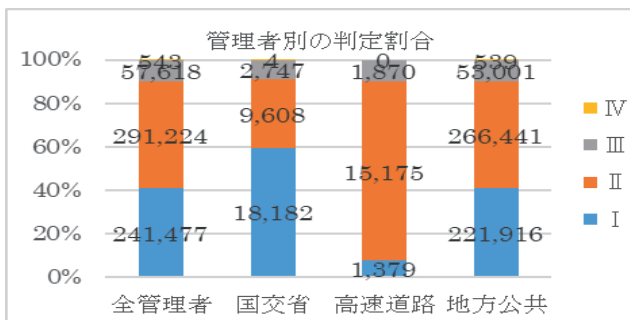


図-3 管理者別の判定区分の橋梁数、割合

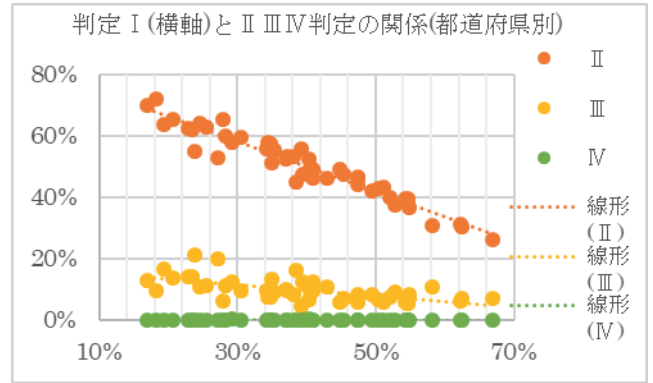


図-4 橋梁点検の判定Iと判定II、III、IVの関係

昨年11月公表された「国土交通省所管分野における社会資本の将来の維持管理・更新費の推計」（内閣府経済・財政一体改革推進委員会 国と地方のシステムワーキング・グループ）では、道路分野の維持管理費は2018年度1.9兆円だったものが、10年後2.5～2.6兆円、20年後2.6～2.7兆円が必要になると見込まれている。なお、この額は予防保全の取り組みを実施した場合のものとされている。

国は、昨年12月「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」を決定し、補正予算を成立させるとともに、「大規模修繕・更新補助制度の対象事業の要件緩和」も進め、地方公共団体等の予算の確保について支援に取り組んでいる。

今後、更に継続した予算の確保とともに、大半を占める地方公共団体管理の橋梁で、できるだけ速やかに具体的な予防保全策を取り入れ、効率的な維持管理に取り組むことが、LCCを縮減した維持管理・更新計画を達成する上で不可欠であり、そのためにもRc-Iによる塗替え工法を早期に普及させることが重要と考える。

3.4 規制への対応とマネジメント手法の向上

様々な規制とその対応についても工事費の増大と管理者の手間を増やしている。塗装工事に関する規制は、厚生労働省、環境省並びに地方自治体の条例などがある。加えて、法令制定時に塗装工事が想定されていなかったため、実際の現場における適用に苦慮する面もあった。

高性能な装備や防護設備を採用しリスクが明確に軽減される場合には、それに応じて監督検査を軽減できるようにする。あるいは、作業者教育に熱心で最善の安全策を採用する事業者が、マネジメント体制を確立し安全を担保できる場合には、

その者を選定手続きの上で有利となるようにする等、環境や安全などへの取組みの推進や普及を促進するための公共事業の特性に配慮した新たな調達制度の導入も有効と考えられる。

4. 期待される展開

古いタイプの低性能の塗料と錆びた鋼材面を更新し、最新の優れた保護機能と美観をもつ塗料が既設橋に備えられれば、橋梁の長寿命化、LCCの向上の面で大きな効果が期待できる。職員数も少なく、財政状況も厳しい地方の橋梁において大きな効果が発揮される。適切なブラスト導入により、既設橋梁においても新設時と変わらぬ鋼材面が得られることになれば、新設塗装と塗替え塗装を分ける理由はなくなり、塗料も高品質のものが共通して使えることになる。

塗料だけでなく、塗装施工に用いる機械もロボットの使用が検討されている。プロトタイプのひとつは自律制御型のブラストロボットであり、この実用化が進めば、将来的には、人体に有害な過酷な作業条件下での人間による素地調整作業が無くなることも予想される。

また、構造物を囲い込み、ブラスト・塗装工程を行う工法の検討も進んでおり、ダストなど作業安全性の向上対策、冬期や沿岸部での作業環境の改善策として期待できる。

ソフト面での展開も期待される。調査、塗装計画、設計、施工管理などの橋梁の管理者の負担をできるだけ軽減することも重要である。特に塗装を専門とする技術者が少ないこともあり、例えば錆評価やブラスト監理、塗装設計など、当センターでも発注者支援となる業務を実施している。

先に示した「国土交通省所管分野における社会資本の将来の維持管理・更新費の推計」での道路事業における予防保全策を取り入れた維持管理費に抑えつつ、LCCを抑えた効果的な維持管理を行うことが必要となる。そのためには、構造物の防食性能の能動的な管理（必要な部位を特定し、適切な時期に効果的な予防保全策として塗り替える）や予防保全を確実なものとする塗装塗替え計画を立案し、早期に実施することが、欠かすことができない。

5. まとめ

以上、鋼道路橋の維持管理を取り巻く課題と対策を中心に議論してきた。その中で重要と考えられる点を取りまとめると、次のようになる。

- (1)橋梁の状況の応じた経済的な塗替え工法を選定することや構造物の防食性能の能動的な管理、塗装塗替え計画の立案により、塗装工事費の大幅な縮減と維持管理費の低減が期待できる。
- (2)近年、塗装工事費が増加しつつある。コスト低減のためには、費用が嵩む素地調整などの工程に新技术を活用することが効果的であるので、それらの開発を促し標準化するなどによって普及を促すことが望ましい。
- (3)橋梁の長寿命化を目的とするRe-Iを、塗替え時にも効果的に活用することが重要である。Re-Iは良質の素地調整と重防食塗料の適用から構成され、素地調整方法や塗料をより高品質なものとするにより、防食性能は格段に高まり、長寿命化、LCCの縮減に直結する。

参考文献

- 1) 国土交通省、厚生労働省通知：鉛等有害物質を含む塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康障害防止について、2014年5月30日
- 2) 鋼道路橋防食便覧（公法）日本道路協会、平成26年3月
- 3) 片脇清士：鋼道路橋塗装に関する課題と取組み第40回鉄構塗装技術討論会、2017年10月

片脇清士



(一財)土木研究センター
 参与、工博
 Dr.Kiyoshi KATAWAKI

丹野 弘



(一財)土木研究センター
 専務理事
 Hiroshi TANNO