

部分塗替え塗装における経済性の検討

一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
技術委員会 部分塗替塗装検討小委員会

○大桑 洋¹⁾

樋谷幹義²⁾ 手塚 眞³⁾ 富田博幸⁴⁾ 石川文雄⁵⁾

1 はじめに

「部分塗替え」の概念は、平成 2 年版の鋼道路橋塗装便覧 8-4-2(2)にすでに記述があります。しかし塗替えは「従前と同じ塗装系で周期的に全面塗替えとする」ことが基本でした。従前仕様を変更するためには、例えば次の①～③の要件を明らかに満たしていることが必要であり「部分塗替え」の採用は難しかったと考えられます。

- ①塗替え周期が、その橋梁の維持管理上必要な間隔よりも短い
- ②旧塗装系よりも防食性を改善出来る
- ③景観上、色調変化が少ない色に変更したい

平成 17 年版改訂の鋼道路橋塗装・防食便覧(以下便覧と記す)では積極的な長寿命化対策を基調として改訂されましたが、改定の背景として次の④～⑥をあげています。

- ④鋼橋の高齢化に伴う維持管理費用の急増予測に対応する必要性が生じた
- ⑤塗料・塗装における厚膜形重防食塗装系の品質向上と普及が定着した
- ⑥橋梁の定期点検・詳細点検の分析結果から**防食の強化はLCC低減に有効**とされた

現在(平成 17 年 12 月以降)鋼橋の塗替えの基本は、Rc-I 塗装系に代表されるように「腐食が著しい部位の塗替えに合わせて、比較的健全な塗膜も一様にはがし重防食塗装系で再塗装する」形で実施されています。しかし補修を必要とする老朽化橋梁は年々増加の一途をたどっているため、維持管理費については、より縮減を迫られている状況です。

そのため、腐食の著しい部分のみを対象に、高品質に部分塗替え塗装を行うことで、橋梁全体の健全性を合理的に保持するとともに、塗装サイクルの適正化・長寿命化を図ることを目的として、「鋼道路橋の部分塗替え塗装要領(案)」(以下要領案と記す)が平成 21 年 9 月に策定されました。

1) 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 技術主幹

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 2-4-5

2) 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 技術委員長, 3) 同技術委員

4), 5) 一般社団法人日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会技術委員会 部分塗替塗装検討小委員会委員

要領案では部分塗替えの選択について「全体として経済的で合理的な計画となるように検討するのが良い。」とされ、また便覧でも「部分塗替え・全面塗替えの選択は長期的な維持管理費を算出するなどにより経済的な塗替え方式を採用すべき・・・」と記すなど、品質とコストのバランスが極めて重要であることを強調しています。便覧等は技術面の指針であり「経済的」な記述は困難かもしれませんが、部分塗替えの選択の局面では経済性は必須の情報であり、せめて経済的で合理的であることの説明と拠り所があればと考え本検討を実施しました。以下、部分塗替え塗装における経済性の検討結果を報告します。

2 部分塗替え塗装の現状

塗膜の部分的な劣化があっても、原因が構造・材質・形状の不良・損傷等による場合は、部分塗り替えの前にその原因を取り除く改修工事が優先されなければなりません。

要領案掲載の「部分塗替え塗装の検討フロー」を図-2.1 に示しますが、第一線の管理者にとっても、やや難解な感じ です。

また図-2.2 は本小委員会で検討した部分塗替え塗装検討参考フローです。

長期的な維持管理の費用（LCC）比較において、全面塗替え塗装よりも部分塗替え塗装とするほうが明らかに有利である場合は、部分塗替えを選択すればよいのですが、橋梁全体の塗装LCC比較は部分塗替え塗装においては（景観問題を別としても）判断は容易ではないと思われ ます。

「部分塗替え塗装」は事例も少ないためもあって現在も試行段階であり、効果・問題点などは広く共有されていない状況です。

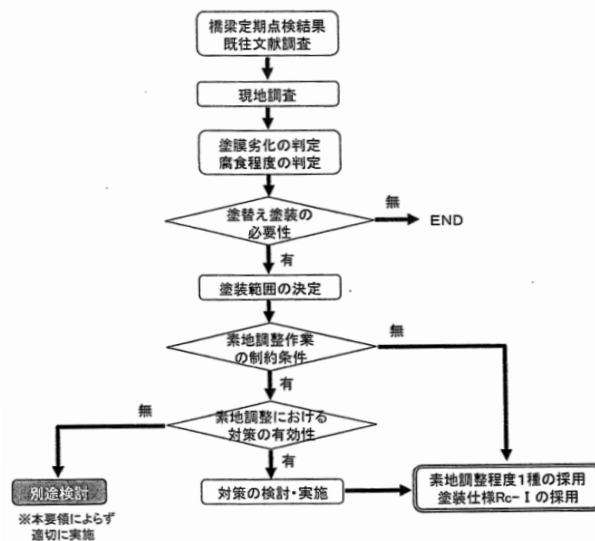


図-2.1 部分塗替え塗装の検討フロー

部分塗替えの対象とされている特定部位とは、支承・桁端部・連結部・下フランジ下面・伸縮装置・排水装置・箱桁内などであり、その多くは橋台・橋脚上に位置し、漏水・滞水の影響を受けやすく、かつ排水や通風が不良となりやすいため常時湿気がある部位です。

新設橋梁においては、防食の弱点となる「避けたい構造」が周知され設計・製作面で改良が進んでいます。部分塗替えにおいては技術面では施工範囲の設定方法、経済性の面では全面塗替えとのLCC比較の方法が課題と思われ ます。担当者が自ら比較・選択しうる程度に具体的でなければ、いつまでたっても要領案の成果が出ない恐れがあります。

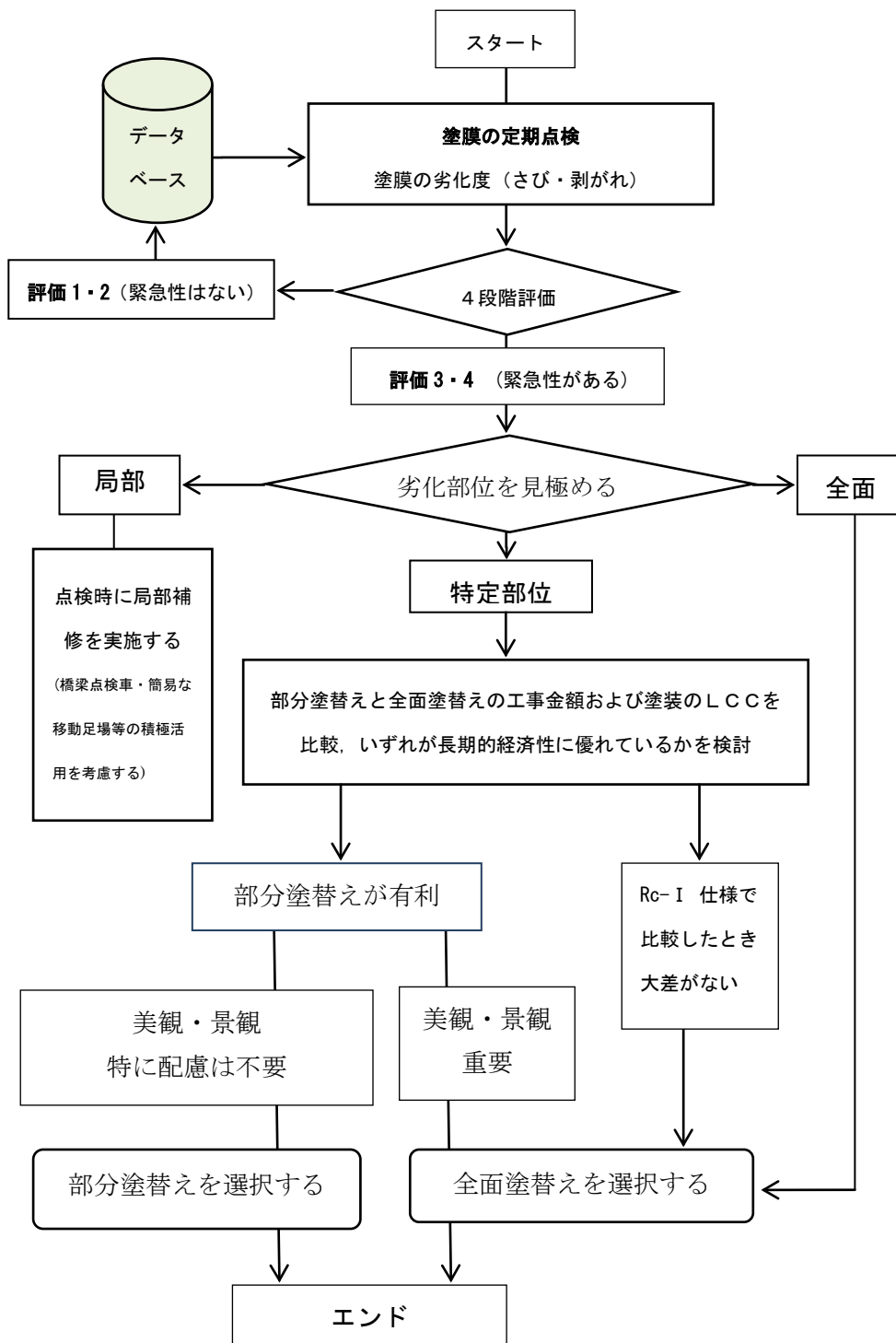


図-2.2 部分塗替え塗装検討フロー

2.1 便覧の部分塗替え

便覧 7.2.2 部分塗替えによれば、部分塗替え塗装を検討する際の注意点は次の①～⑤項のように整理されますが、下記解説に述べる内容（下線部分）は部分塗替えの選択を困難にしていると思われ改めて検討を要します。

①一般部の塗膜が健全でも、桁端部、連結部、**下フランジ下面**など、特定の部位の劣化が著しい場合には、塗膜劣化の著しい箇所の部分塗替えを行うこともある。

【解説】

便覧では下フランジ下面は部分塗替え対象部分と捉えていますが、桁端等と異なりフランジは桁全長・全幅に連続しているため、足場等は全面塗替え工事に近い計上となる可能性が大きい。このことから部分塗替え対象部位として下フランジ下面は不適切です。

②その場合部分塗替えと全面塗替えの両者について、**長期的な維持管理費用を算出し、いずれの方式が経済的であるかを検討**したうえで判断する。

【解説】

部分塗替えという表記から、面積が小さい・費用が抑えられる等、足場や素地調整に関する費用を軽く考えないよう注意が必要です。小規模・点在・偏在する現場では、作業員の稼働時間ロス、管理者の効率低下が際立つことになり相応に割高になることが想定されます。近年では産廃回収・処理費用も大きなウェイトを占めます。本稿の試算における経済性の検討にはこのような要素も含んでいます。

③部分塗替え塗装とする場合は、**足場費用の低減を図るため、橋梁点検車や簡易な移動足場の適用も検討する。**

【解説】

これらの足場や車両は、むしろ局部補修に適していると思われます。足場は工事に占める工期・費用の割合が大きいため、足場橋梁点検車・簡易な移動足場が利用できればと考えがちですが、素地調整程度 1 種+スプレー塗装の作業は大掛かりな機器や工具を要するため、安全に実施するには橋梁点検車や簡易な移動足場では不適切です。また点検車や移動足場は請負側では借用が困難、あるいは未設置の橋梁が大多数で、実態を反映していません。

④部分塗替え塗装を行うと、対象外部分との境界部に色調・光沢・膜厚・汚れの程度に相違が生じるので、**景観・美観について事前の考慮が必要である。**

【解説】

塗替え塗装の主流はやはり全面塗替えであり、「美観の復元は重要」というのが橋梁利用者(住民)の感覚だと思われます。本報告の結論として提案する**試算モデルC**はこのような美

観要求にも応えています。もし部分塗替え塗装を強力に推進するということであれば、連結部や桁端部などは橋梁の耐久性における重要部位ですから、「塗替えにおいては、部分塗替え塗装を採用する。」・「景観地区など特定の条件下では部分塗替えは避ける。」と明快な方が的確な判断に役立つと考えます。

⑤支承やケーブル定着部は必要に応じてより高耐久性の塗装系に変更するとよい。

【解説】

桁よりも明らかに難度が高く、部位も絞られているので重要度ランクの最上位であることを強調すべきと考えます。

2.2 試算のまえに

まず部分塗替え工事における大筋のフローを図-2.3に示します。

足場養生工→素地調整工→塗装工→産廃処理 → 足場養生工 → 経費・管理費

図-2.3 試算に反映した工程

長期的な維持管理の費用比較において、全面塗替えよりも有利であるかどうかの判断に際しては、発注者からみた費用・受注者からみた採算の面においても肯定できることが前提となります。受注者側が懸念する要点をまとめますと次のようになります。

① 桁端部の作業について

桁端部分は、従来の全面塗替えにおいては（面積的に僅かであるため）経済性に関する議論は表面には出ていません。しかしながら部分塗替えにおいては「桁端部」は対象そのものであり、技術的な困難さの評価とは別に、費用対効果あるいは採算性が課題です。施工面積が小さい割に工期を要するため、高能率に代表される「合理性」ではなく、品質確保・安全優先の視点が必要です。

② 足場・防護・養生について

部分塗替え対象部位ごとに独立した足場・防護・養生が必要となり、組み立てや解体が甚だしく煩雑で危険と工数アップとなります。大規模な橋梁では素地調整や塗装に要する機材の移動・段取り替え（盛り替え）のために、連結部間を結ぶ通路足場を架設する必要も生じます。これらは塗膜厚や外観の検査が完了するまで撤去できず、標準的な全面塗替えの対象面積・工期と比較すると甚だしく不経済になりますが、安全と品質の確保のために許容せざるを得ません。単に面積スライドで足場等を算出することは合理性を欠くこととなります。

③素地調整に関連して

部分塗替えの対象である特定部位は、多分に腐食が進んだ狭隘部が多いと考えられます。そのような場合、こぶ状のさび等は手工具や動力工具による事前の除去（先行ケレン）が必須ですが、工程検査の項目にはない作業の手間は工期や人数に反映されにくいという問題があります。また一般に素地調整後、（検査時間を含めて）4時間以内に塗装を完了する制限がありますが、遵守するためには、ブラスト作業で破損・汚損した養生シートの交換（再養生）や使用済み研削材の回収等が円滑であることが重要です。その観点からコンプレッサーおよび研削材をはじめとする、重量機器の移動や、資機材の置き場の確保には発注側の側面的協力が不可欠です。しかし、これらの認識は全体に稀薄で理解が得られにくいようです。特に中央径間の施工においては、機材の置き場、側道または歩道の通行制限などに発注側の適切な理解と協力が望まれています。

④過大膜厚への対応

一般塗装系（旧 A・a 系）で約 10 年の耐久性¹⁾として、供用後 40 年では 125 μmX4 回=500 μm となることから、塗替えの場合は過大膜厚の事例が多く、表面には出ていませんがブラスト研削速度に悪影響を及ぼしています。**表-2.1** から 4 回以上の塗替え履歴を有する橋は少なくないと思われ、素地調整工の工期設定には注意が必要であり、過大な膜厚の除去作業に対する費用措置の配慮が必要であるという意見です。今後は重防食塗装系旧塗膜に対して塗替える場合が出てくるでしょうが、塗膜が硬く厚いことを念頭において工期を設定しなければ思わぬ遅れが生ずることもあり得ます。

表-2.1 一般塗装系(A塗装系)の環境別平均塗替え周期(年)¹⁾

架設環境	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
河川上	9.5	9.1	6.3	7.0
交差道路上	10.4	8.9	—	—
田園・山間	10.0	8.5	7.0	6.2

1) 社団法人日本鋼構造協会：テクニカルレポート No. 55, 鋼橋塗装の LCC 低減のために, pp26-27, 2002

⑤剥離剤の併用について

剥離剤はブラスト作業で発生する産業廃棄物の低減と環境汚染機会の低減に役立ちますが、現状では塗膜除去性能が不十分で、素地調整においては補助的工法です。（剥離剤により素地調整は完了するのでブラストは不要、あるいはブラストとコスト比較する等の考え方は誤りです。冬季の施工や C 塗装系旧塗膜に対する剥離剤の有効性が高まれば、ブラストの前段作業として一気に普及するものと思われませんが、現状では基本的な防護養生によるブラスト作業の普及が重要です。

⑥ 塗装について

塗装方法に関しては、Rc-I「スプレー」のところを「はけ・ローラー」塗りとしたモデルも想定して合理性・経済性の比較を行いました。はけ塗りは市場単価においてはスプレーよりも不利ですが、小面積で構造が複雑な個所においては、仕事量に応じて塗装工を配置できるなど作業性が良い、機器が不要、などの利点があるためです。規定の塗膜厚を確保できるなら塗膜性能的にスプレー塗装と変わるところはありません。「部分塗替え塗装においては、塗装法は限定せず、スプレー塗装、はけ塗り・ローラー塗りのいずれか、あるいは併用も可とする」と実態に合わせることを提案いたします。

3 試算のモデル

3.1 5モデル

技術的な課題についてはひとまず別の機会に譲ることとし、ここでは経済性を「塗替え塗装仕様別の積算金額・塗替え後の凡その塗膜耐久年数」から評価しました。現状では塗装の耐久性に関しては仮定が多いためLCCについては参考数値を代入するにとどめました。表-3.1 積算モデルに示すように、仕様別に5モデルを想定、実存するI桁橋梁を例にとって、諸元から工事価格を試算しました。なおモデルCは、下記に示すようにモデルAとモデルDの折衷案ともいえる合理化提案の形態ですが、一部の発注者においてすでに独自の類似工法を考案、実施されているケースがあるようです。

<p>モデルA 全面従来方式 平成17年12月発行の鋼道路橋塗装・防食便覧以前の発注方式 【素地調整程度3種B, はけローラー塗装, 全面塗替え, ただしRc-III塗装系】</p>
<p>モデルB 全面現行方式 平成17年12月発行の鋼道路橋塗装・防食便覧以後の発注方式 【素地調整程度1種, スプレー, 全面塗替え, Rc-I 塗装系・現塗替え方式の代表】, 本稿では他の方式との比較の基準とする。</p>
<p>モデルC 全面検討方式 (モデルAとモデルDの折衷案ともいえる合理化案) 【劣化が目立つ桁端部など特定部位は素地調整程度1種, 一般部は素地調整程度3種Bとする全面塗替え, はけ・ローラー塗装】</p>
<p>モデルD 部分塗替え検討方式 桁端部2mを施工対象とする発注方式 【素地調整程度1種, ただし, はけローラー塗装, 部分塗替え, Rc-I 塗装系】 部分塗替え工事単体での採算を優先考慮 (適切と考えられる補正を加味)</p>
<p>モデルE 部分塗替え現行方式 桁端部2mを施工対象とする発注方式 【素地調整程度1種, スプレー, 部分塗替え, Rc-I 塗装系】</p> <p>各種補正は無し。モデルBの桁端部のみを取り上げた方式といえます。端部は「小規模である, 位置が不連続に偏在・点在する, 狭隘環境である」などが懸念されるため, 特有の補正が必要と考えますが, モデルEでは敢えて一切の補正を考慮せず試算しています。(この条件では, 請負側の受注意欲の低下, あるいは安全や品質など施工管理に悪影響を及ぼすなどの恐れがあり, あくまでも参考に留めるべきモデルです)。</p>

表-3.1 積算モデル

工事内容	全面塗替え	全面塗替え	部分塗替え+ 全面塗替え	部分塗替え	部分塗替え
発注仕様 積算モデル	従来方式 モデル A	現行方式 モデル B	検討方式 モデル C	検討方式 モデル D	現行方式 モデル E
素地調整 の程度	全面3種 B さび面積 5~15%	全面 1 種 ISO Sa2 1/2	桁端部 1 種 (1, 707 m ²) 他 3 種 B (8, 403 m ²)	1 種 桁端部のみ	1 種 桁端部のみ
便覧塗装系	Rc-III	Rc- I	桁端部 Rc- I 他全面 Rc-III	Rc- I	Rc- I
塗付方法	はけローラー	スプレー	はけローラー	はけローラー	スプレー
部分塗替えを 意識した補正	なし	なし	ブラスト部位 に一部有り	あり	なし
塗装面積	10, 110 m ²	10, 110 m ²	10, 110 m ²	1, 707 m ²	1, 707 m ²

3.2 試算に用いた橋梁形式・諸元・単価

塗替塗装の積算にあたり、施工面積（素地調整・塗装・足場等）算出には国交省東北地方整備局管内の实在橋梁をモデルとしました。部分塗替の対象面積は、平成 17 年度に同橋梁を施工した塗装業者（当協会会員）が有する工事資料により算出しました。

①橋梁の規格・形状他

形式 3 径間連続鋼 I 桁 3 連 9 スパン A1~P1~P8~A2

橋長 334, 500mm：幅員 11, 500mm：主桁 4 主桁：h = 1, 800mm

②塗装面積 10, 110 m²

足場面積 3, 847 m²（部分塗替塗装の足場含む。明細省略，足場架設図より算出）

③適用した単価等

素地調整・塗装 （一社）建設物価調査会：土木コスト情報 2012，7 版

足場・防護・養生 （一社）建設物価調査会：24 年度版国土交通省土木工事積算基準

全面足場 工期 6 か月：回転なし

経費関係 （一社）建設物価調査会：24 年度版国土交通省土木工事積算基準

3.3 前提条件

- ①積算モデルは東京に所在と仮定、素地調整工・足場工（橋梁特殊工）・橋梁塗装工は東京の市場単価を採用。また昼間施工とし、施工規模による加算・施工条件及び施工対称物等による補正は無しとしています。
- ②経費（共通仮設費・現場管理費）については、仕様別の積算価格の比較が今回の目的であるため、施工地域や工事場所を考慮した補正は無しとしています。
- ③素地調整程度 1 種はオープンブラスト、除錆度は ISO Sa 2½としています。
- ④旧塗膜は 300 μ ~ 500 μ 程度を想定しているが、過膜厚補正は無しとしています。
- ⑤一般部における研削材使用料は廃棄処分費算出に必要なため 40 kg/m²とした。
ただし桁端部の研削材使用料は作業性・腐食度合いを加味して 80 kg/m²とした。
- ⑥使用済み研削材の鉛溶出試験結果が基準値 0.3m g /L 以下であり、通常の産業廃棄物として処分可能であるという前提で処分費用を算出しました（研削材の再使用はしない）。産廃処理市場は市場単価が明確ではないため、実勢価格で積算しました。

（注）ここでは有害物としては、仕様実績から鉛で代表させましたが、鉛化合物は一般に旧 A 1 ~ A 4, a-1・a-3, B 1, b-1 塗装系の鉛系さび止め由来のものが考えられます。旧 c-1, c-3 においても既存の Aa・B b 塗装系由来で剥離塗膜に含有されます。また類似のクロム化合物は長ばく形エッチングプライマーや各種塗料の中塗・上塗の黄色・橙色顔料として一部に使用されていました（無鉛化が進んで今では殆ど使用されない）。6 価クロム化合物である場合は 1.5m g /L 以上を含有する場合に特別管理産業廃棄物の中の特定有害産業廃棄物の扱いを受けます。B 1・b-1 塗装系においては P C B 含有の可能性があり、P C B が 0.003m g /L 以上の濃度で検出された汚染物・処理物・有害産業廃棄物は当面 P C B 特措法に従って国に対して届け出および保管が必要です。

3.4 試算と補正等

部分塗替え塗装においては、発注規模とその所在分布が予想できないため、広域に小規模で多数点在するという条件（リスク）が考えられ、どのような「くくり」で発注されるかによって、現状では小規模・点在型現場となった場合は、工事申請・許可・専任の技術者等の配置等が複数現場に必要となり受注能力を超えてしまう懸念があります。

また部分塗替えにおいては原価・経費・工期において拠り所となる実績が少なく、「妥当な補正」の概念は明確ではないため、モデル D はどの費用項目に、どの程度の補正等が必要であるかを検討する際の指標になればと考えます。**表-3.2** に使用した単価と補正值（提案含む）を示します。

表-3.2 積算に使用した単価・補正等

発注仕様 積算モデル	全面塗替え 従来方式 モデル A	全面塗替え 現行方式 モデル B	部分+全面塗替え 検討方式 モデル C	部分塗替え 検討方式 モデル D	部分塗替え 現行方式 モデル E
程度 1 種 ブラスト	—	市場単価	市場単価 X1.3 小規模分割割増	市場単価 X1.3 小規模分割割増	市場単価
程度 3 種 B	市場単価	—	市場単価	市場単価 X1.3 小規模割増	—
塗装工 スプレー	—	市場単価	—	—	市場単価
塗装工 はけローラー	市場単価	—	市場単価	小規模割増 歩道橋補正係数 はけ塗り単価	—
足場養生工	土木工事 積算基準	土木工事 積算基準	土木工事 積算基準	土木工事 積算基準	土木工事 積算基準
産廃処分費	実勢価格	実勢価格	実勢価格	実勢価格	実勢価格

4 積算結果

4.1 工事価格と指数による比較

表-4.1 では便覧準拠のモデルBを現行標準とする5モデルの積算結果を示します。

表-4.1 モデルと試算結果

発注仕様 積算モデル	全面塗替え 従来方式 モデルA	全面塗替え 現行方式 モデルB	部分+全面塗替え 検討方式 モデルC	部分塗替え 検討方式 モデルD	部分塗替え 現行方式 モデルE
工事内容	全面塗替え	全面塗替え	部分塗替え+ 全面塗替え	部分塗替え	部分塗替え
便覧塗装系 塗装方法	Rc-III はけローラー	Rc- I スプレー	桁端部 Rc- I 他全面 Rc-III はけローラー	Rc- I はけローラー	Rc- I スプレー
部分塗替えを 意識した補正	なし	なし	ブラスト部位 に一部有り	あり	なし
塗装面積	10, 110 m ²	10, 110 m ²	10, 110 m ²	1, 707 m ²	1, 707 m ²
足場の架設	6 か月	6 か月	6 か月	2.5 か月	2.5 か月
工事価格	¥82, 082 千円	¥179, 858 千円	¥109, 654 千円	¥61, 704 千円	¥42, 141 千円
価格指数	45.6	100	61.0	34.3	23.4
面積指数	100	100	100	16.9	16.9

【解説】

桁端部においては、モデルBとモデルCの仕様（防食性能）は同じです。しかし価格指数では、モデルB100 に対しモデルC61 で 優位な差異がありCが有利です。すなわちモデルCは、部分塗替え方式の狙いである腐食しやすい「特定部位の重防食塗装化」が達成でき、さらには全面塗替えも達成となるため、外観リフレッシュも確保できる利点を有します。

また部分塗替え方式の典型であるモデルDとの対比においては、モデルCは金額で 1.8 倍弱ですが、完工面積は 5.9 倍強で優位性があると思われます。しかし本表では金額と指数の大小を比較できるだけで、塗膜の耐久性に影響される長期的経済性は判りません。

4.2 積算の明細

表-4.2 に工種別の積算明細を示します。

表-4.2 工種別積算 (金額の単位:千円)

発注仕様 積算モデル	全面塗替え 従来方式 モデル A	全面塗替え 現行方式 モデル B	部分+全面塗替え 検討方式 モデル C	部分塗替え 検討方式 モデル D	部分塗替え 現行方式 モデル E
対象面積	10,110 m ²	10,110 m ²	10,110 m ²	1,707 m ²	1,707 m ²
工事金額	82,082	179,858	109,654	61,704	42,141
工期	6 か月	6 か月	6 か月	2.5 か月	2.5 か月
平均単価	8,119 円/m ²	17,790 円/m ²	10,846 円/m ²	36,148 円/m ²	24,687 円/m ²
足場工・防護工 ・養生工合計	15,327	22,528	17,346	8,594	6,613
素地調整工 (程度1種)		44,585	9,786	9,786	7,528
(程度3種B)	7,532		6,260		
塗装工	25,326	29,513	26,222	5,351	4,984
産廃処理費	-	10,070	4,705	4,705	4,705
直接工事費	48,184	106,696	64,319	28,436	23,830
共通仮設費	17.05%	14.41%	16.02%	28.32%(注1)	19.69%
現場管理費	30.69%	29.44%	30.22%	47.01%(注2)	31.80%
一般管理費	11.36%	10.48%	11.04%	11.69%	12.12%
総合(注3)	△	○	◎	○～△	評価対象外
やや厳しい環境 耐久年数(注4)	(一般部) 20年	(一般部) 30年～45年	(一般部) 30年～45年	(一般部) 30年～45年	(一般部) 30年～45年
評価 コメント	ライフサイクルが短い LCC改善ならず 長期的に不経済	現行基準 Rc-I 一般部はオーバ ースペックとな り不経済	品質価格バラ ンスが取れ合理 性がモデル A, B, D より優れている。	単価/m ² 高い 美観景観問題 一般部対策未決	受注側の採算厳 しいため契約不 成立と想定

(注1) 国交省土木工事積算基準により算出した経費率に対し 50%割増して部分塗替え補正とした。

(注2) 同上

(注3) 橋梁全体の長期的な防錆効果と外観(美観)に関する相対的満足度で評価。素地調整・塗装系の違いによる期待耐用年数, 工事完了時点の美観(光沢や色の連続性)等を考慮している。

(注4) やや厳しい環境とは、飛来塩分の影響を受ける, または排ガスや煤煙の影響を強く受ける環境をいう。因みに厳しい環境とは潮風が強く, 飛来塩分の影響を強く受ける環境をいう。また一般部とは桁端部など特定部位以外の外面を指す。モデルAは素地調整程度3種Bであり, 防食下地である第1層目の有機ジンクリッチペイントを含まないRc-III仕様なので耐久年数が劣る。

【解説】

旧A a・B b 塗装系を重防食塗装系（R c-I）へ切り替えることで、大幅に塗替え間隔が延長できるため、一回当たりの塗替え費用が上昇しても、長期間(その橋梁に残された供用年数)の総塗替え費用が大幅に低減できるという考え方は、部分塗替え塗装（重防食塗装系への部分的仕様変更によるLCC低減方式）にも当てはまります。しかしながら、塗膜のLCCは橋梁なりの特定部分を取り出して論じることは意味がなく、当該橋梁の架け替えまでに要する維持補修費用の総額で論じなければなりません。

その場合、全面塗替えであれば塗替え回数の概念は単純ですが、部分塗替え塗装では塗装しない健全部がそのまま残るため、塗替え回数はあまり意味を持たず、したがって部分塗替えモデルによるLCCの検証は容易ではありません。

またLCC算出には塗膜の耐久年数を用意する必要がありますが、文献等を参考にシミュレーションすることが一般的で、計測できるものではありません。しかしながら、一般環境に比べて、厳しい腐食環境では耐久性は概ね半減することが知られており、特定部位であればさらに半減する傾向があります。ここではLCCの概念は次の参考文献等より引用していますが、モデルの塗装仕様は一部異なる部分もあり、取扱いには注意が必要です。


【本項の引用文献】

重防食塗装：社団法人日本鋼構造協会編，技報堂出版，pp.83-92，2012

社団法人日本鋼構造協会編：JSSCテクニカルレポート，No.55,pp25-27，2002

社団法人日本鋼構造協会編：JSSCテクニカルレポート，No.57，pp6-10，2002

5 塗膜の60年間におけるLCCイメージと長期経済性

橋梁は適切な維持管理のもとでは100年間以上の供用年数が期待できるという前提に立脚して、戦後の高度成長期より約半世紀経過した今、今後さらに60年間は供用可能であると仮定し、-5.1に塗膜の60年間におけるLCCと長期経済性の簡易イメージを示します。

今回塗替えまでの旧塗膜は、ここではA・B・a・b・c塗装系が相当します。なおモデルD・モデルEの場合は部分塗替えのため、外面一般部は劣化度3あるいは4となるまで放置され（たとえば15年毎に）全面塗替えされる一方で、特定部位は20年毎に部分塗替え塗装を繰り返すというイメージになります。塗替えサイクルが重なることが期待できないため、管理は容易ではありません。どちらが合理的で経済性が有利か、供用期間中の管理費用も加味して判断する必要があります。

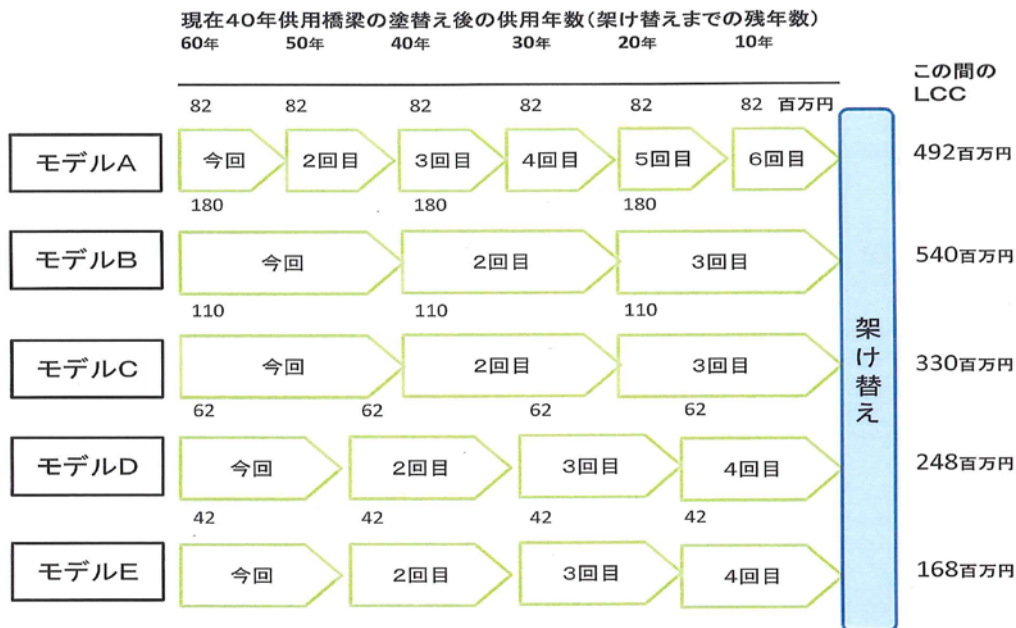


図-5.1 塗膜の60年間におけるLCCと長期経済性の簡易イメージ

塗膜の耐久性(耐用年数)参考値については表-4.2を参照してください
 やや厳しい腐食環境における一般部の塗替え後の塗膜の耐用年数の目安を示しています。
 また試算のため特定部位の耐用年数は一般部の凡そ1/2と見なしています。

【解説】

図-5.1にみるように、モデルAは全面塗替え2回目にしてモデルCより不経済であるということが判ります。外観の景観性は同一ですが、耐久性が劣るため塗替え周期が短期であるためです。モデルBとモデルCは、劣化が著しい特定部位(この場合は桁端部)に関しては、同一仕様(ともにRc-I塗装系)でともに優劣はありません。しかしモデルBは、劣化しにくい一般部位においても特定部位と同様Rc-I塗装系であり、特定部位と同レベルの防食性を付与することになります。特定部分を強化することで全体の腐食レベルのバランスを取るという基本からかい離しており、単に過剰品質であることになります。

モデルD・Eの場合は特定部位のみを対象とする部分塗替えであるため、その時点では劣化が少ない一般部の塗替えは先送りされます。先送りされる一般部外面の旧塗膜はほとんどの場合、A・B・aまたはb塗装系なので、今回は塗替えしない場合でも、表-2.1一般塗装系の環境別平均塗替え周期(年)¹⁾に示すように、凡そ10年以内に塗替えの周期に到達すると想定されます。これでは10年そこそこで再塗装している現状と同様の管理状況であり、部分塗替え塗装を推進する原動力とはなりえないと思われます。したがってモデル

D・Eは経済性だけでなく、技術的にも問題ありということになります。

部分塗替え選択を全面否定するものではありませんが、部分塗替え選択のためには、モデルDにモデルCを超える更なる技術的あるいは経済的な魅力が必要と思われます。

6 まとめ

表-6.1 に標準とみなしたモデルBと比較した各モデルの面積比・工事金額費比、および表-6.2 に最終的に比較検討した全面塗り替え塗装の3方式について得失をまとめて示します。

表-6.1 標準モデルBと比較した各モデルの面積比・金額費

発注仕様 積算モデル	全面塗替え 従来方式 モデル A	全面塗替え 現行方式 モデル B	部分+全面 検討方式 モデル C	部分塗替え 検討方式 モデル D	部分塗替え 現行方式 モデル E
工 事 金 額	82,082 千円	179,858 千円	109,654 千円	61,704 千円	42,141 千円
対 B 金額比率	45.6%	100%	61.0%	34.3%	23.4%
対 B 面積比率	100%	100%	100%	16.9%	16.9%
特定部位の耐用年 数(やや厳しい環境)	10	20	20	20	20
考察(技術的優位性 と経済性の優劣)	①防食性が劣る ②50年以上ではCより不経済である ③10年以内ではCより有利	①一般部と特定部位の性能・費用が同一で不合理 ②単価が高額 ③産廃量が多い	全面塗替え工法 A/B/Cの中で最も合理的であり、D/Eでは得られない美観・景観も解決する	①一般部は部分塗替え後10年以内に塗替え対象となる可能性 ②景観不良 ③割高	技術的性能はDと同一、補正・割増がないので入札不成立の可能性

部分塗替え工法においては、やはり都度の工事金額の大きさに対して出来形である塗替え塗膜の面積が小さく、著しい割高感があるということです。景観はさておき、一般部の劣化に対するメンテナンスと並行に管理業務が発生することも難点です。部分塗替え工法を否定するために検討を開始したわけではありませんが、ここではモデルCが塗替えの検討におけるに合理性と経済性を有すると判断できます。

表-6.2 最終検討3方式のまとめ

	従来方式 モデルA	現行方式 モデルB	提案方式 モデルC
一般部	素地調整程度 3 種	素地調整程度 1 種	素地調整程度 3 種
特定部位	素地調整程度 3 種	素地調整程度 1 種	素地調整程度 1 種
塗装系	R c - III	R c - I	一般部 R c - III 特定部位 R c - I
防食下地 (有機ゾンクッチペイント)	なし	あり	一般部 なし 特定部位あり
塗装方法	はけ・ローラー	スプレー	はけ・ローラー (特定部位含む)
防食性	一般部 ○ 特定部位△	一般部 ◎ (過剰) 特定部位◎	一般部 ○ 特定部位◎
合理性	△特定部位の劣化が早期に 再発するため根本解決にな らない	△特定部位には適するが、 より面積がある一般部に、 より費用が掛かり無駄	◎両者の長所・短所を補完、 技術面・コスト面の balan スもよく合理的である

以上のように5モデルに関し評価を行い、橋梁の合理性が高い塗替え方式としては部分塗替えよりも全面塗替えが優れていること、しかしながら現行の全面R c - I 塗装系では経済性や技術面における合理性に難点があることを見出しました。

部分塗替えを選択する場合は、景観に問題がないか、補正や加算は妥当か、塗装工以外の費用は総額と比較して許容できる程度か、とりわけ廃棄物が有鉛(有害)である場合の産廃処理費用を把握しているか、塗り残しされる一般部と今回部分塗り替えされる特定部位の塗替え周期のバランスは無理がないか、などについて検討する必要があります。

以上の検討結果より、モデルB(現行R c - Iによる全面塗替え)あるいはモデルD(現行R c - Iによる部分塗替え)よりも、協会検討案であるモデルC(一般部R c - III・特定部位R c - Iによる全面塗替え)が橋梁全体の塗替え周期延長に、より合理性があると考えます。よって既存橋梁の塗替え方式としては、本協会はモデルCを提案・推奨します。

モデルCは全面塗替え・部分塗替え・地域の景観リフレッシュ、LCCを基調とする塗装費用対防食効果のいずれに関してもニーズに応えられるモデルです。現行便覧にて求められている合理性を有すると考えますので、技術面あるいは経済性等の評価に際し、ぜひご検討いただきたく、以上提案いたします。