

鋼橋の塗装塗替え工事における鉛対策について

片山 大輔¹・金崎 広治²

¹南部土木事務所 道路計画課

²琵琶湖環境部 最終処分場特別対策室

鋼橋の長寿命化を目的とした塗装塗替え工事では、旧塗膜に鉛が含まれている場合がある。調査設計段階では旧塗膜の鉛含有の判定とそれに対する工法検討が必要となり、施工段階では鉛の適切な処分や安全管理などが求められる。今回、小島野洲線野洲川橋において、旧塗膜に鉛を含む塗装塗替え工事を実施したのでその事例を紹介するとともに、これについての考察を述べる。

キーワード 鋼橋, 鉛, エコクリーンブラスト工法, 安全管理
塗装塗替え, 産業廃棄物の削減, 野洲川橋

1. はじめに

(1) 概要

橋梁全体のライフサイクルコストを考慮した長寿命化計画において、本工事ではRc-1塗装系の塗装塗替え仕様および1種ケレン(ブラスト工法)を採用して塗装塗替え工事(塗装面積9,220㎡)を実施した。

本工事で対象となる野洲川橋(写真-1)は、野洲市野洲地先に位置し、一級河川野洲川に架かる橋長417.2m、13径間の橋である。橋梁形式はI型(合成)単純活荷重合成桁、竣工年次は昭和48年(1973年)であり、塗装塗替えは平成8年(1996年)に実施しており、塗装塗替え後20年経過していた。

野洲川橋では、塗装塗替え工事を着手する前に、旧塗膜の塗装履歴や剥離剤による旧塗膜の除去等の調査を行った結果、旧塗膜内に鉛が含まれていることが判明したため、鉛のかき落とし作業における適切な現場対応を労働安全衛生法に基づき実施した。

[工事概要]

第1期工事

平成27年度第B251-6号

小島野洲線補助道路橋梁修繕工事

工期 平成27年9月～平成28年6月

塗装面積 3,250㎡

第2期工事

平成28年度第B251-3号

小島野洲線補助道路橋梁修繕工事

工期 平成28年10月～平成29年9月

塗装面積 5,970㎡

[橋梁諸元]

場所：滋賀県野洲市野洲地先

橋長：L=417.2m

橋梁形式：I型(合成)単純活荷重合成桁

竣工年次：昭和48年(1973年)

塗装履歴：第1回塗装 平成8年(1996年)(図-1)

施工条件：一級河川野洲川(非出水期10/16～6/15)



写真-1 野洲川橋

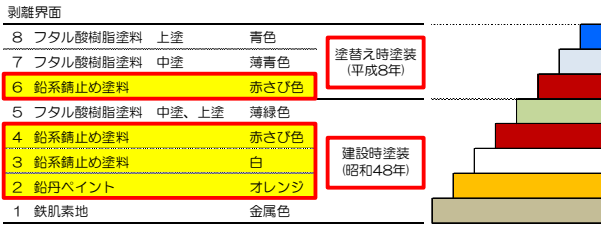


図-1 野洲川橋の剥離界面図(調査結果)

(2) 鉛対策における課題

鋼橋における塗装塗替え工法について、今までより安価なサンダーによる3種ケレンを採用してきたが、期待できる耐用年数が短く、ライフサイクルコストを供用開始100年とした場合、ブラストによる1種ケレンが耐用年数が長く期待できライフサイクルコストにより比較したときに優位となる場合がある。

しかし、1種ケレンは旧塗膜をすべてかき落とす作業となるため、鉛が防錆剤として使用されていた塗膜層を除去することになる。

今後、鋼橋の長寿命化において、鉛をはじめとする有害物質への対策が課題となるため、本工事の事例を基に次の3つの課題、①旧塗膜の鉛の調査・判定、②塗装塗替え工法の検討、③鉛の処分と安全管理について、本工事で実施した具体的な対策と現場での工夫、およびそれらを踏まえた考察を述べる。

2. 鉛について

鉛は防食下地として、優れた防錆性を発揮する材料であり、古くから鋼構造物を守るために数多く使用されてきた。しかし、鉛を体内に摂取してしまうと、初期に表れる症状として疲労、睡眠不足及び便秘となり、さらに鉛を多く摂取すれば腹痛、貧血、神経炎等の症状が発生し、最悪の場合、脳変質症を起こす可能性があるとして、1996年(平成8年)に「塗料の鉛リスクリダクションに関わる(社)日本塗料工業会宣言」が公表され塗料に対する鉛の使用が制限された。

また、それを受けて塗装便覧についても平成17年改定され、それ以降は塗装基準上でも鉛の使用が制限(禁止)された。

3. 旧塗膜の鉛判定

鋼橋の塗装塗替えの場合、鉛、ポリ塩化ビフェニル(PCB)、総クロム等の有害物質が含まれていないか、事前に塗装の状況や試験を実施し、有害物質が含まれている場合、労働安全衛生法に基づいた作業方法や処理を実施する必要がある。

①事前調査で旧塗膜に鉛等が含まれているかについては、含有量試験により判定を行い、②処分時には産業廃

棄物として鉛を含む特別管理産業廃棄物(以下、「特管産廃」という)かどうかは溶出量試験により行う。

本橋梁において、含有量試験では、鉛、ポリ塩化ビフェニル(PCB)、アルキル水銀、水銀、総クロム、ヒ素、セレンの7項目を調査を行った。試験の結果、鉛(94,000mg/kg)、総クロム(630 mg/kg)、ヒ素(5 mg/kg)の3物質が検出され、ポリ塩化ビフェニル(PCB)は検出されなかった(表-1)。

表-1 含有量試験

項目	結果	検出の有無
鉛	94,000mg/kg	検出
総クロム	630mg/kg	検出
ヒ素	5mg/kg	検出
ポリ塩化ビフェニル(PCB)	0.01 mg/kg未滿	未検出
備考	ただし、溶出量試験により基準値を超過したのは「鉛」のみ	

鋼橋の塗装においては、設計年次により防錆剤として鉛を採用する基準があり、既存の竣工図、橋梁台帳等により橋梁設計年次が判明すれば、鉛が含まれる一つの判定指標となる。おおそ昭和40年代から平成22年(2010年)頃までに架設された橋梁には、鉛が含まれている可能性がある(図-2)。旧塗膜の調査により、旧塗膜の積層種別を確認することも鉛の含有を判定する一つ方法となる(図-3)。

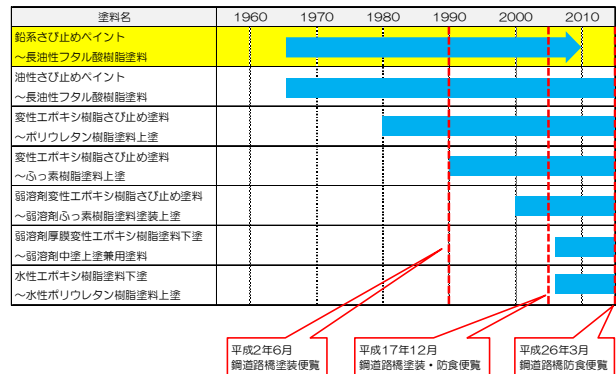


図-2 鋼橋の塗替え塗装仕様の変遷

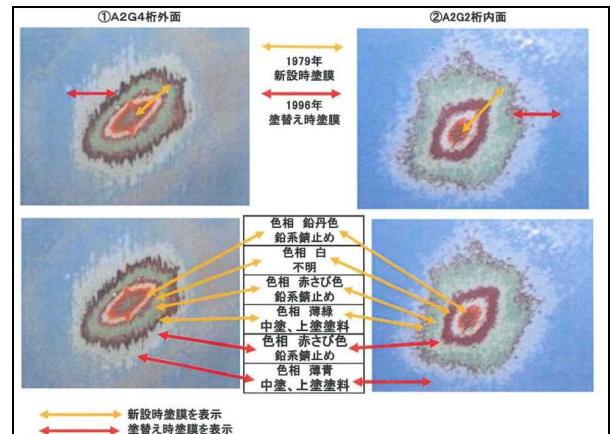


図-3 再溶解試験による既設積層試験状況

本橋梁においては、塗装前事前塗膜調査結果により当初架設の仕様は昭和46年鋼道橋塗装便覧A-2仕様、第一回塗替えは平成2年鋼道路端塗装便覧a-1仕様であったことから、塗装履歴からの可能性と鉛含有試験の結果が合致したと言える。

南部土木管内の橋梁状況については、橋長15m以上の橋梁は89橋有り、そのうち約26%にあたる23橋が鋼橋で、その全てが平成22年(2010年)以前の供用である。鋼道路橋防食便覧等の改定により塗装仕様の変更があったものの、近年まで鉛等の有害物質が使用された塗装仕様であったため、管内における鋼橋についても鉛が使用された割合は非常に高いものと考えられる。

なお、鋼橋の塗替え塗装仕様については、鋼道路橋塗装便覧(平成2年度版)では、基本的には電動工具(3種ケレン)を使用して、素地調整を行い、その後に新たな塗装に塗り重ねる塗装仕様であった。しかし、現在では、橋梁長寿命化やライフサイクルコストを考慮して、基本的にはブラスト工法(1種ケレン)を使用して、素地調整を行い、既存塗膜を全て除去したうえで、防錆力と耐候性の強い新たな塗装仕様となっている。

4. 旧塗膜の塗装塗替え工法の検討

(1) 塗装塗替え工法の検討

橋梁修繕について、既存の橋梁を修繕する場合にはライフサイクルコストを考慮した工法検討が必要である。本橋梁の場合において、費用および耐用年数等の工法比較検討を行った結果、1種ケレン(ブラスト工法)を採用することになった(表-2)。

表-2 工法比較表①

仕様・工法	Rc-I	Rc-III
素地調整	1種ケレン プラスト	3種ケレン サンダー
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 赤錆黒皮など完全に除去 鉄肌をあらわし清浄にする ブラスト処理を行うため、作業足場の完全密封が必要 スプレー塗装 	<ul style="list-style-type: none"> 活膜は残り、発錆部分は錆を除去する はけ、ローラーにて塗装
期待耐用年数	40年	15年
経済性	高価	安価
LCC (残供用期間60年)	1.00	1.45
評価	採用	不採用

塗装塗替え工事における旧塗膜の撤去については、ブラスト工法と薬剤による剥離工法がある。また、ブラスト工法には乾式によるブラスト工法と湿式によるウォータージェットブラスト工法、湿粒ブラスト工法などがあるが、湿式ブラスト工法は、基本的に「水」を介在したものであることから「粉じん」の発生・飛散を避けることができるが、使用する水の飛散・漏洩などに対する対策や排水処理などが必要となる。

また、薬剤による剥離工法では素地調整程度1種を単独で満足できないので、乾式ブラスト工法の併用が必要

となる可能性があり、かえって費用がかかる場合がある。

本現場においては、一級河川野洲川に架かる橋であるため、湿式ブラスト工法で発生する废水漏れによる作業場外の汚染を招く可能性があり、その漏水対策および設備に費用がかかるため、他工法と経済比較を行った結果、乾式ブラスト工法を採用した(図4)。

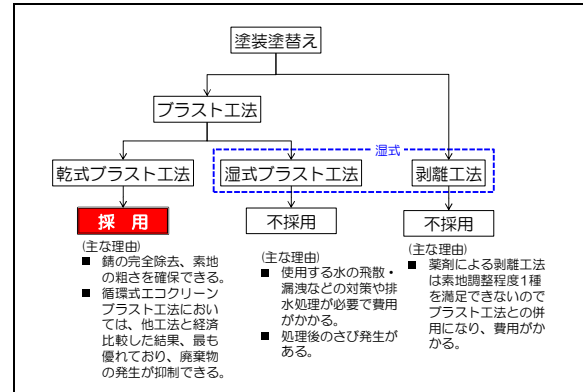


図4 本橋梁における工法比較検討フロー

(2) 労働安全衛生法の解釈

鉛中毒予防規則第四十条の一によると「当該鉛業務は、著しく困難な場合を除き、湿式によること」と記載されている。解釈例規で「『著しく困難な場合』とは、①サンドブラスト工法を用いる場合又は②塗布面が鉄製であり、湿らせることにより錆の発生がある場合等をいう」と示されている。

本現場で採用した工法(ブラスト工法)①、現場条件(塗布面が鋼製)②とも『著しく困難な場合』に該当するため、今回採用した乾式ブラスト工法は、法令上において適合している。

また、鉛等有害物を含有する塗料の剥離やかき落とし作業における労働者の健康防止について、厚生労働省より通達が出ており、これに対して本現場では、足場シート、集塵装置、洗身装置、防護服・保護具等の安全対策を講じたうえで、事業者により粉塵濃度を下げることの換気計画を行い、労働基準監督署の確認を行いながら施工を進めた。

(3) 循環式エコクリーンブラスト工法の採用

従来のサンドブラスト工法は、砂などの非金属系研削材を使用して投射し、投射した研削材と塗装剥離物と共に全て産業廃棄物として処分を行うものなるため、産業廃棄物の量が非常に多くなり、処理費用が増大していた。

そこで、本工事では、従来のサンドブラスト工法ではなく、新工法である循環式エコクリーンブラスト工法(NETIS: CB-100047-V)を採用した。この工法は、金属系研削材を利用することができる工法であり、研削材を効率よく回収分離して再利用することにより、ダスト回収機に旧塗膜だけを収集するため、産業廃棄物の発生を従来工法より大幅に削減できる(表-3、図-5、写真-2)。なお、

従来のサンドブラスト工法と循環式エコクリーンブラスト工法の施工規模に伴うコスト削減の分岐点の目安は、塗装面積が約1,000m²を超えればコスト削減が見込まれる。

表-3 工法比較表②

工法比較	サンドブラスト工法 (従来工法)	循環式エコクリーン ブラスト工法	パネームブラスト工法	別荘工法+ サンドブラスト工法
工法概要	・カーネットや高圧スラグ等を研削材として使用するエアブラスト工法。 ・非金属系研削材として使用して、発射した研削材は、塗装廃棄物として、全て産業廃棄物として扱う。	・プラスト処理装置を改良することにより、ドライ施工が可能になり、工業塗装でしか使用できなかった金属系研削材を循環装置で利用することが可能。 ・研削材を効率よく回収・再利用することにより、産業廃棄物の発生を大幅に削減ができる。	・研削材の噴射ノズルと回収ホースとが一体となっている。施工現場に研削材や粉塵、塗膜片を飛散させることなく回収できる閉鎖型ブラスト工法。 ・回収した研削材や粉塵等は、サイクロン方式によって分離し再利用できる計算機材は、再度加圧タンクに送られ再噴射される工法。	・粉等有害物質の選別工法での除去方法として別製剤を使用し、一次処理を省略。 ・異地調整程度1種とするためブラスト処理を併用する。
特徴	使用材料 非金属系研削材 (カーネット・高圧スラグ)	金属材料 金属系研削材 (スチールグリッド)	非金属系研削材 (環状アルミ)	別製剤 + 非金属系研削材 (カーネット・高圧スラグ)
施工性	遮蔽 ○	○	△	×
汚染 防止 ○	○	○	△	×
臭気 防止 ○	○	○	△	×
騒音 防止 ○	○	○	△	×
研削材回収	× (人による回収)	○ (真空回収装置による回収)	○ (吸射ノズルと回収ホースが一体化のため)	× (人による回収)
作業環境	(粉塵の発生が多い)	(スチールグリッドを使用するため、粉じんが発生が少い)	(吸射ノズルと回収ホースが一体化のため)	(粉塵の発生が多い)
経済性	設置工事費 4,500円/m ²	7,179円/m ²	15,000円/m ²	10,310円/m ²
概算産業廃棄物量 (施工面積1000m ²)	研削材 40t + 塗料カス 1t	研削材 1.5t + 塗料カス 1t	研削材 2t + 塗料カス 1t	研削材 20t + 塗料カス 2t
総合評価	○	△	△	×

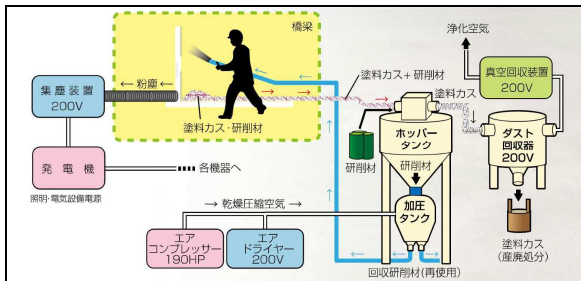


図-5 循環式エコクリーン工法システム図



写真-2 循環式エコクリーンブラスト装置(3セット)

循環式エコクリーンブラスト工法を採用することにより、本橋梁の当初設計時における産業廃棄物の処分量は、塗装面積約9,220m²当たり、既存塗膜量250~500μと仮定した場合、従来工法では概算産業廃棄物量は約378t(内訳 研削材368.8t+塗料カス9.2t)であるのに対し、採用工法では約23.1t(内訳 研削材13.8t+塗料カス9.2t)と約96%削減できる。また、ケレンかす回収工および処分・運搬費用として約650万円の費用(直接工事費)が削減することができる。以上のことから、コスト削減が図れることに加え、産業廃棄物の発生抑制ができるため、この工法を採用した(図-6、写真-3)。

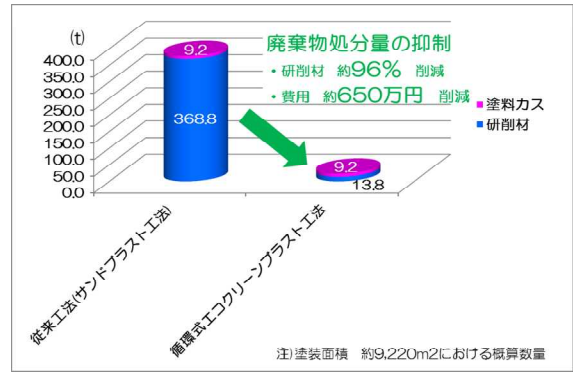


図-6 廃棄物処分量の抑制比較



写真-3 かき落とし作業状況

5. 現場における鉛の処分と安全管理

(1) 産業廃棄物(鉛)の処理

処分時における溶出量試験では、金属を含む産業廃棄物に係る判定基準により「鉛又はその化合物」が0.3mg/l以上、「六価クロム化合物」が1.5mg/l以上、「砒素又はその化合物」が0.3mg/l以上の場合には特管産廃となる。試験の結果により鉛が1.0mg/l、その他項目は基準値以下であったため、鉛により特管産廃の扱いとなった(表-4)。

表-4 特別管理産業廃棄物の基準(溶出量試験)

項目	結果	基準値	判定
鉛	1.0mg/l	0.3mg/l	OUT
六価クロム化合物	0.04mg/未満	1.5mg/l	OK
砒素又はその化合物	0.005mg/未満	0.3mg/l	OK

研削材等が含まれる塗装くずは「汚泥」に分類され、特管産廃に該当するものは、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」における取扱いに従い、適正に処分することになる。

現場での保管場所についても、周囲に囲いの設置や掲示板の設置(特管産廃の種類、管理者名簿)など保管基準が設けられている。

また、除去された塗装くずが特管産廃に該当する場合は、収集、運搬、保管管理等を適切に行うため必要がある。廃棄物処理法では、「その事業活動に伴い特別管理産業廃棄物を生ずる事業場を設置している事業者は、当該事業場ごとに、当該事業場に係る当該特別管理産業廃

棄物の処理に関する業務を適切に行わせるため、特別管理産業廃棄物管理責任者を置かなければならない」と規定している(法第12条の2第8項)。廃棄物処理法の改正により、建設工事に伴って発生した廃棄物は、発注者から注文を受けた建設事業者である「元請業者」が排出事業者となることが規定されており(法第21条の3第1項)、本工事は請負契約による建設工事であるため、「元請業者」である受注者により特別管理産業廃棄物管理責任者の配置を行い工事を実施した。

なお、工事の発注段階(積算)においては、鉛が含まれる特管産廃を受け入れられる(許可品目を有している)処理業者より複数社見積りを行い、処分費および運搬条件等を比較したなかで、処分先の選定を行った。また、特記仕様書に含有試験の結果より鉛が含まれていることを記載することで受注者への明示を行った。

(2) 作業員の安全対策

本工事では、旧塗膜に鉛が含まれているため、作業員に対して様々な安全対策設備を講じた。

実施した安全対策設備は、作業員に対して鉛等を含む粉塵から人体を隔離する防護服・保護具の装着、鉛等の有害物質を外部に持ち出さないための洗身装置であるクリーンルームの設置およびエアシャワーの設置、換気設備を行った(写真4、5)。



写真4 防護服



写真5 エアシャワーの設置状況

6. その他、現場での安全管理の工夫

鉛への安全対策以外にも本橋梁の工事現場において、次の2つの工夫を行いながら工事を実施した。

(1) 工夫-1 吊り足場の緊急避難通路

当初設計段階において、鋼橋の塗装塗替え工事の足場仮設計画では、1種ケレン(ブラスト工法)であるため、鉛等の粉塵が施工箇所の外部へ漏れ出さないように合板やシートによる密閉式吊り足場を採用していた。

この吊り足場を採用すると吊り足場内で火災等があった際には、密閉内の限られた空間で作業員が避難を行う必要がある。今回の現場であれば、吊り足場の仮設延長は約260mであり、足場内出入り口まで移動距離が長く、安全に避難することが困難となる。

そこで、首都高速道路の塗装塗替え工事による火災事故を契機とする通達等の趣旨を鑑みて、作業員の安全確保のために密閉式足場の外側に緊急避難通路の確保を行った(図-7、写真-6)。

なお、上記の吊り足場計画を労働基準監督署に届け出た際には、緊急避難通路は安全管理上望ましい設備として受理されている。

また、現場の工夫で仮設計画が変更になる場合は、工事概要や仮設計画について河川管理者と事前協議し、必要に応じて変更申請の対応を行う必要がある。

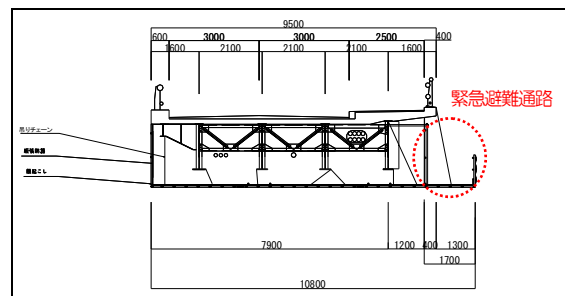


図-7 密閉式吊り足場(緊急避難通路)



写真-6 緊急避難通路

(2) 工夫-2 明かり取りによる白熱球等の不使用

先に述べたように、塗装塗替え工事では火災事故の事例があり、密閉式吊り足場では合板により側面部を囲ってしまうため、明かりが取れない施工環境となり、明か

り取りとして、白熱球を使用する場合がある。

そのため、火災原因の一つとなる白熱球を使用しない方法として、密閉式吊り足場側面部の合板の一部を外側からの光を取れるように透明の波板を使用した(写真-7)。

これにより、作業環境としては非常に明るくなったとともに、白熱球を使用せずに作業が行えた。



写真-7 密閉式吊り足場内の明かり取り

7. 考察

本橋梁の塗装塗替え工事を通じて、以下の考察を行う。

(1) 塗装履歴の保管、整理

鋼橋の塗装塗替え工事の現場においては、まず旧塗膜に鉛等有害物が含まれているかの判定が必要となるため、竣工書類、橋梁台帳等の保管、整理が重要となる。

また、今回のように橋梁修繕を実施した場合においては、塗装仕様等の修繕履歴を作成し、道路管理者において把握しておくことが重要であると考えられる。

(2) 仮設計画の検討

設計が完了し、工事に着手する段階において現場条件に応じて仮設計画が変更する場合がある。今回のケースのように密閉された空間による吊り足場においては、作業員の緊急避難通路の設置や明かり取りのための透明波板の使用を行った。過去の火災事故等の事例から安全管理に関する工夫や対策については、当初設計段階で盛り込んでおくことで、工事発注時には発注者側からの安全管理への明示となり、同工種に精通していない施工者、作業員に対しても、万が一の事故に対処できる計画になり得ると考えられる。

(3) 工法選定

工法選定については、乾式および湿式のプラスト工法や剥離剤を用いた工法などがあり、塗装塗替えのライフサイクルコストと鉛対策にかかる費用面とその処分量などの環境面や施工規模、現場条件等を総合的に勘案して、工法を選定する必要があると考えられる。

なお、滋賀県土木交通部道路課において取りまとめられた橋梁修繕マニュアルでは、塗装塗替え工の素地調整

の工法に本工事で実施した循環式エコクリーンプラスト工法が先例として記載された(図-8)。

(7) 素地調整
1) プラスト工法の選定
プラスト工法は、滋賀県が管理する野洲川橋において施工実績のある、循環式エコクリーンプラスト工法(NETIS:CB-100047-V)を基本とする。
この工法の特徴は、研削材に金属系研削材を採用しており、従来のプラスト工法で使用される非金属系研削材と違い、繰り返し研削材を再利用することが可能であるため、産業廃棄物量や産業廃棄物処分費を大幅に削減できるシステムである。
なお、施工場所にプラスト機械設備を設置するスペースがない場合やプラスト機械設備から施工場所が400m以上離れる場合はプラスト工法が適用できないため、塗膜剥離剤による素地調整を基本とする。

図-8 橋梁修繕マニュアル(滋賀県土木交通部道路課)

(4) 鉛等有害物の安全管理

鋼橋の塗装塗替え工事に限らず、建設工事で鉛等有害物質の特別管理産業廃棄物の処分を行う際には、適切な処理方法が求められるため、鉛等有害物質の試験方法や基準値、処分方法など不明なことがあれば、廃棄物関係を所管する関係機関へ事前に相談しておくことが望ましい。また、建設工事において鉛等の有害物質が発生する場合の取扱いフローや体系図、関係法令、関係機関との調整、協議事項など取りまとめたマニュアル等が整備されると適正かつ確実に処理することができると考えられる。

8. おわりに

今後、橋梁長寿命化計画に基づき、橋梁修繕に伴う鋼橋の塗装塗替え工事が引き続き取り組まれる。本工事が鉛を扱う塗装塗替え工事の一つの事例として参考となることを期待し、鉛等有害物質に対して、安全かつ確実に旧塗膜が除去し、適正に処理されることを望む。

謝辞：本橋梁の工事において事故なく安全に進められた工事受注者様、ならびに関係法令による協議、調整等で指導、助言等をいただきました皆様に心より謝辞を申し上げる。

参考文献

- 1) 国土交通省 中部地方整備局浜松河川国道事務所：循環式エコクリーンプラスト工法による鉛・PCB 有害物質を含む産業廃棄物の削減効果
- 2) 国土交通省 近畿地方整備局兵庫国道事務所：有害物質を含む塗装処理
- 3) 平成26年度第T267-M1号小島野洲線橋梁補修設計委託
- 4) 環境省：特別管理産業廃棄物の処理基準の概要
- 5) 一般社団法人日本鋼構造物循環式プラスト技術協会：循環式エコクリーンプラスト工法
- 6) 滋賀県土木交通部道路課：橋梁修繕マニュアル(平成29年4月)