

鋼道路橋の塗替え時における含鉛塗料の除去について

片脇清士* 中野正則**

1. はじめに

鋼道路橋塗装・防食便覧の発行(2005年)により塗替えも重防食塗装Rc-I塗装系が標準となった。この塗装仕様では旧塗膜を完全に除去する必要があることから素地調整にブラスト作業を多く用いるようになった。しかし、旧塗膜には含鉛塗料(鉛系さび止め塗料)が含まれる場合、ブラスト作業等によって塗膜を微粉碎除去する際に必要な対策を講じなければ、鉛およびその化合物に関する「作業環境管理基準」を超過し、作業者の鉛中毒による健康被害が生じることが危惧されている。

このような問題に対し、米国では15年ほど前から塗替え塗装は鉛に関する法規制が行われ、健康被害を生じさせないブラスト工事が行われている。

本報文では、これからの橋梁塗装の設計や施工管理を考える上での参考として、鉛中毒による健康被害や米国の対策などを紹介したい。

2. 道路橋における含鉛塗料の利用

含鉛塗料(鉛系さび止め塗料)は比較的防錆効果が高く現場で塗りやすいこともあり、明治時代から鋼橋の塗装に主として用いられてきた(図-1)。

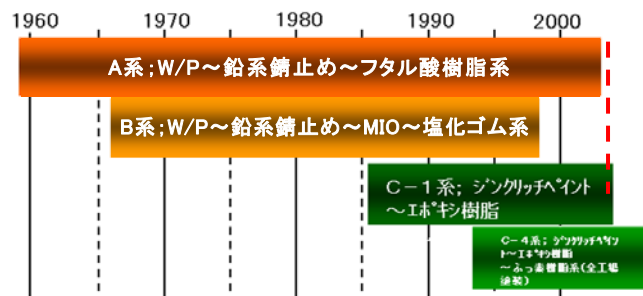


図-1 道路橋塗装系の変遷
(A・B系は2005年以降鉛を含まないさび止め塗料を用い、C-1・C-4系は鉛を含まない)

塗料の種類は多少変わったが、2005年まではA系やB系で鉛丹、亜酸化鉛、塩基性クロム酸鉛、シアナミド鉛などの鉛を原料とした防錆顔料や着色顔料が長らく用いられてきた。鉛の含有量は塗

料の種類によって異なるが、鉛丹と乾性油を練り合わせた鉛丹錆止めペイントが特に多く含んでいる。鉛系の錆止め顔料の役割は、油性系の展色剤と反応して金属石けんを生成しち密な塗膜とし、アルカリ性を呈して防錆することであり、効果の高い錆止め顔料として使用されていた。

1980年代から新設塗装は鉛を含まず防錆効果の一段と高いC系の重防食塗装に変わり、2005年以降は塗替えも重防食塗装が標準になった。重防食塗装でない場合にも鉛フリー塗料を用いており、現在では含鉛塗料は用いていない。

このように既設橋梁では含鉛塗料を通常塗膜としているが、塗膜の形では鉛が樹脂で囲まれているため毒性は無視できる。しかし塗替え作業の際の素地調整にブラストやサンダーケレンを用いる場合には含鉛塗料が微粉碎され除去される。この際に鉛が微細化して飛散する可能性がある。

3. 鉛の健康障害

日常的に人は微量の鉛を摂取しているが、通常環境条件では摂取量と尿からの排泄量がバランスをとれ、体内に取り込まれ蓄積する鉛の量は限られる。ところが大量の鉛のある環境では呼吸器と消化器から少なからぬ鉛が吸収される。呼吸器からの摂取では鉛の粉塵のうち数 μm 以下のものが肺胞に達し、血液に吸収される。血液に入った鉛は赤血球の表面に付いて体内をまわる。急速に大量に吸収され、摂取量が排泄量を上回っていると、体内の蓄積量は増え、血中濃度が上がり中毒症状が出る。鉛中毒の症状には体がだるい(貧血)、筋肉のいたみ(神経障害)、筋肉に力が入らない(神経障害)、さらにすすむと、腹部のさしこむような痛み(疝痛)等の自覚症状が表れる。

医学的には血液中鉛量の多寡によって鉛中毒と診断される。米国では、血中濃度 $50\mu\text{g}/\text{dL}$ を超えると、労働者を鉛暴露から遠ざけなければならないとしている。

我が国では鉛中毒予防規則によって、

- ・塗替え工事等における既設塗装の塗膜について

鉛等有害物質検査の実施

- ・鉛中毒予防規則に則った衛生管理の徹底
- ・安全衛生管理体制の強化
- ・鉛中毒防止を中心とした安全衛生教育の実施を行うことが求められている。

4. 米国の鉛リスク削減

4.1 経緯

米国においては道路橋の塗替えにブラストを用いてきたが1980年代までは、鉛を含む粉塵に対処策がとられてなかった(写真-1)。しかし、鋼橋では錆や腐食から鋼を保護するために鉛やクロム塗料のほかに、着色塗料としてカドミウムを含む塗料を用いていたため、環境汚染や健康問題を引き起こし大きな社会問題となった。

この様な問題に対し1990年代初め頃から米国連邦政府、環境保護庁(EPA)、労働安全衛生管理局(OSHA)、労働安全衛生研究所(NIOSH)などにより環境や労働者の健康と安全に関する規制が行われた(表-1, 写真-2)。

規制が強化されたことにより鉛含有塗料の除去

に伴う鋼橋の塗替え工事ではコストと煩雑さが大幅に増加した。そこで連邦道路庁(FHWA)ではこれらに対応するために多くの研究プロジェクトを立ち上げ、FHWAの道路研究所の中に塗装研究室を新しく設置した。

FHWAは1994年にはFHWA-RD-94-100(鉛含有塗料除去、封じ込め、および処分方法)などのレポートにより、鋼橋から鉛含有塗料の除去に影響を与える環境と健康の規制に関する情報を提供し、廃棄物削減のためのガイドラインを公表した。また、1997年には鋼橋塗装用の費用対効果の高い塗替えモデルを選定し鉛対策ユーザガイドとあわせて公表した(FHWA DTFH61-97-C-00026)。

この結果、橋梁塗装に用いる塗料、塗装系、工法などが大きく変わった。その際、中～重度の腐食環境で最も耐久性のある塗料とブラストによる素地調整の組み合わせがライフサイクルコストの観点から最適な選択肢となることを確認し、素地調整として信頼性の高いブラスト工法が有効であることを明らかにした。

これらの動きに対応して、業界(塗料、塗装会社、資機材、コンサルタント会社)では鉛問題などを起こさない新しいブラスト方法や鉛封じ込め方法など多くの塗装新技術を開発し普及させた。

これらの努力により、2000年頃までには塗替え塗装時の健康上の問題はほぼ解決され、生産性に優れる鉛対策を施したブラストが広く塗替えに適用されている(このような技術開発の施策をエンジニアリングコントロールと呼ぶ)。結果的には、工法の全米的な標準化、システム化によって合理的な価格での塗装工事が技術開発により可能になったといえよう。

この経緯から得られる教訓は、問題が起こったときに速やかに体系的に全体的に解決しようとFHWAが努力したことであり、規制だけでなく、工法の開発、エンジニアリングコントロールにより、効果的でしかも経済性に優れる工事ができるようになったことである。

塗装コストが従前に比べて高くなったために、FHWAは塗装品質の問題にも取り組み、塗装の失敗の80%は素地調整の不十分さにあると推定されたことから、素地調整の品質管理/品質保証(QC/QA)を向上させ、たとえば、素地調整において厳密な第三者の検査などを組み込むことで塗装の

表-1 米国における塗装時の鉛規制

機関	タイトル	内容
労働安全衛生管理局 OSHA	29 CFR 1926.62 建設工事における鉛	橋から含鉛塗料を除去する際の労働者保護と監視のためのガイドライン。労働者のための訓練と監視が必要であるとされている。
環境保護庁 EPA	クリーンエアアクト (大気清浄化法)	橋梁塗装から大気中にでる粉塵の排出を規制している。
	RCRA (資源保護・回収法)	塗料廃棄物を埋め立てなどで規制している。



写真-1 1960年代のブラスト工事

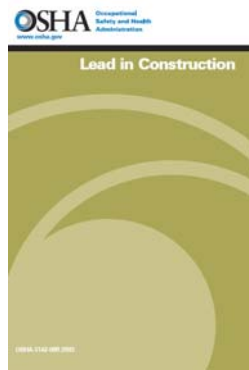


写真-2 29 CFR 1926.62 建設工事における鉛労働安全衛生管理局

土研センター

長寿命化を図りコストパフォーマンスを改善した。

4.2 保護具の改善

作業を守る対策として、まず行われたのが作業者の鉛暴露からの軽減である。ブラスター(ブラスト作業)や清掃作業者が鉛を含む塗料を吸入または摂取しないように、給気、陽圧人工呼吸器のフード(ブラスターが着用している)、フィルターカートリッジ呼吸器などの呼吸用保護具が開発され、その仕様や着用方法等が詳細に規定されている(写真-3、写真-4)。

たとえば、保護マスクなどのフィルターは細かいダスト微粒子(HEPAフィルター)用のものは鮮やかなピンク用に着色され、レベルに応じて色分けされている。呼吸用保護具の必要なレベルは呼吸空気中の鉛濃度に対応しており、労働者が暴露される時間にあわせて選ぶこととされている。また、作業者が鉛を持ち帰らないように、クリーンルームやシャワールームなどが必要とされている。

OSHA29 CFR 1926.62で規定されている項目は以下の通りである。

- ・専用の作業服
- ・鉛作業領域の設定と警告標識
- ・労働者のための定期的な血中鉛レベルのチェック
- ・休息や食事エリアの要件
- ・手洗い場所とシャワー



写真-3 (左)ブラスターが着用している服、(右)清掃などの作業者が着用している服



写真-4 (左)鉛作業に用いる保護マスク、(右)給気保護マスク

- ・呼吸器の使用およびメンテナンスプログラム
- ・呼吸器の使用と保管、適切なフィットテスト
- ・作業現場での危険に対処するための"適格者"の指定

4.3 ダストコレクターやコンテインメントシステムの開発

作業時の高濃度の粉塵は視認性を損なだけでなく労働者に危険な曝露レベルとなる。このため、大型で高効率のダストコレクター(集塵機)が開発された。ダストコレクターを用いた換気によって作業環境での鉛粉塵の濃度を減少させ清掃作業を短時間で行えることになる。ダストコレクターを用いた塗装工事では、排出風が周囲環境や公共の場への影響を最小限に抑えるよう、ダストコレクターの大きさや配置場所が決められる(写真-5)。ブラストでない場合にも、覆い付きの電動工具を用いるなどで鉛粉塵の濃度を減少させている。



写真-5 塗装作業時に用いる大型のダストコレクター

鉛含有ダストを封じ込めるコンテインメントシステム(封じ込め装置)は、カバーパネル、足場、支柱、スクリーン、防水シートの組み合わせで構成されている。橋ごとに個別に設計されることもあるが、業界ではガイドラインをつくり形と要求される機能について標準化を図っている。材質には作業時および検査時の視認性が考慮されている。

このほか、FHWAでは塵埃の発生しにくいブラスト工事、たとえば湿式ブラスト、塗膜剥離材の併用、高圧水ブラストなども検討している。

4.4 鉛除去工事が行える塗装会社の認証制度

塗装工事の中でも鉛除去を含む工事には高度な技術が必要であると認識されている。衛生安全の点からも信用が大切であり大規模な工事が多い州では塗装会社に認証を義務づけている。カリフォルニア州道路局では、鉛処理を含む塗装工事にはQP2認証を有する施工者が従事することとし、入札時にこれを有しない業者は契約できない。

QP2認証では、有害塗料除去プロジェクトのマネジメント、有害塗料除去技術、作業者の保有資格とトレーニング、安全と環境コンプライアンス・プログラムが備わっていることを会社に要請している。鉛塗膜を安全に除去し適切に有害物質を管理する能力について請負業者の能力を評価するものである。

5. 我が国の取り組み事例

我が国では既設橋梁の塗替え工事における含鉛塗料対策は、米国のように体系的には行われていないが、ブラスト工事では、粉塵対策が作業環境や施工品質の両面から重要と考えられ、取り組みが行われている。

①オープンブラスト（エアブラスト）

オープンブラスト工事においては、作業中の粉塵の飛散が多いことから、ブラスト作業者はフードや保護マスク等の重厚な装備の着用が一般的に行われている。作業着に付着した塗膜などを外部に出さないように作業場の出入り口にクリーンルームを設置した例（写真-6）や、作業場所の粉塵濃度を減少させるために集塵機を設置した例（写真-7）も見られるが、特別な場合にとどまっているのが現状である。

②バキュームブラスト

最近では、飛散する粉塵を大幅に低減するとともに廃棄物の発生も低減できるバキュームブラストを用いた工事が増加している。ただし、バキュームブラストは、狭隘部などの施工では吸引のためのノズル先端部分を取りはずしてオープンブラストとして施工する必要がある。

③湿式ブラスト

研削材に水などを混合し噴射するブラスト工法であり、粉塵の発生を少なくすることができる。モイスタチャーブラスト、ウォータージェットブラストなどがあるが、廃水処理には留意する必要がある。

④塗膜剥離剤

PCBや鉛を含む塗膜を粉塵の飛散なく安全に除去する方法として塗布系の塗膜剥離剤が使用されている。塗膜剥離剤は塗膜の剥離のみに有効であり、腐食や錆が見られたり、ジंकリッチ塗膜の付着を確保するために素地調整が必要となる場合は、ブラスト等で除去することとなる。



写真-6 クリーンルームと内部のエアシャワー（右上）



写真-7 集塵機の設置例

6. まとめ

- ・我が国の既設橋梁では含鉛塗料(鉛系さび止め塗料)を塗膜に含むものが少なくないため、塗替え塗装工事での塗膜除去時に作業環境基準を遵守できず、鉛中毒等の健康障害の発生が危惧される。
- ・米国では1990年後半から塗装工事時の健康障害対策が進められている。連邦道路庁(FHWA)や州政府道路局が対策ガイドラインを策定するとともに、効率的なブラスト機器や周辺設備の改良開発などによって鉛発生抑制、飛散防止、回収、廃棄の一連のシステムができています。
- ・我が国でも粉塵対策として取り組みが行われているが、今後は国や関連業界などが連携して含鉛塗料対策へ取り組むことが望まれる。

参考文献

- 1) 労働安全衛生法（昭和四十七年法律第五十七号）及び労働安全衛生法施行令（昭和四十七年政令第三百十八号）鉛中毒予防規則
- 2) FHWA-RD-94-100, Lead Containing Paint: Removal, Containment, and Disposal.1994
- 3) FHWA Bridge Coatings Technical Note: Personnel Protection During Bridge Paint Removal Federal Highway Administration 2012
- 4) 3.29 CFR 1926.62, Occupational Safety & Health Administration Interim Standard for Lead-in-Construction, 1993.
- 5) Lead in Construction U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration OSHA 3142-09R 2003

片脇清士*



一般財団法人土木研究センター 土木研究アドバイザー、工博、技術士（建設部門）
Dr. Kiyoshi KATAWAKI

中野正則**



一般財団法人土木研究センター 審議役
Masanori NAKANO