

第1章 はじめに

1.1 本書の適用範囲

本書は、鋼構造物の防食塗膜剥離における高周波誘導加熱（High Frequency Induction Heating, 以下, IH）の利用に関する基本的情報を収集し、塗膜剥離施工において活用できる知見や注意事項を提供する目的で取りまとめたものである。塗膜剥離施工は、対象とする構造物および適用されている塗装系、塗膜の劣化状況、発錆状況に応じてその難易度が大きく異なる。本書では、橋梁に限らず、プラント構造物、貯蔵タンク、発電設備等、広く鋼構造物全般に対して IH による塗膜剥離施工に関する一般的な情報を提供する。

IH 以外の塗膜剥離のための技術として、塗膜剥離剤を用いる方法や、動力工具およびブラストを用いる方法があるが、本書ではこれらと比較した場合の IH の特徴について調査している。ただし、IH はあくまで塗膜剥離のための技術であり、塗膜を剥離した後、塗替え塗装を行うために、別途、素地調整を行うことが必要である。このため、動力工具やブラストのように塗膜剥離と素地調整を一連の作業で実施する方法と IH による塗膜剥離は直接比較することはできない。塗膜剥離剤と同様、IH は塗膜剥離後に塗替え塗装の仕様に応じた素地調整が必要となる。

1.2 用語の定義

本書で使用する主な用語は、以下の通りである。なお、本書では鋼構造物を対象とするため、構造物を構成する材料として鋼材を想定している。そのため、ここでは、鋼構造物の防食塗装更新のうち、主に IH 塗膜剥離に関する用語を説明している。防食塗装に関連する全般的な用語は鋼道路橋防食便覧[1.1]等]に示されているため、必要に応じて適宜参考にするのがよい。なお、素地調整については、JIS Z 0310 素地調整用ブラスト処理方法通則[1.2]によれば、「鋼材の表面に防食を目的とする被覆が良好に付着するように鋼材表面のミルスケール、さびなどの付着に有害な物質を除去し、かつ、表面に適切な粗さを与える処理」とされており、広義には塗膜剥離は素地調整に含まれると言える。ただし、本書においては塗膜剥離と素地調整を明確に区別するため、素地調整は塗膜やさびを除去した後に表面に適切な粗さを与える処理を指すものとする。

- (1) 防食塗装 : 鋼材を腐食から防ぐ目的で表面に施される塗装。
- (2) 塗膜 : 鋼材の表面に塗布した塗料が乾燥、固化し膜状となったもの。
- (3) 塗膜剥離 : 各種鋼構造物の防食塗装の更新において、適切な方法を用いて劣化した塗膜を除去する作業。塗装の更新の他にも、塗膜に含有される成分を調査する目的で塗膜を剥離する場合がある。
- (4) 塗膜剥離性能 : 剥離することのできる塗膜の種類や厚さ、剥離に要する時間等、塗膜剥離作業に関する各種性能の総称。
- (5) 有害物質 : 鉛、ポリ塩化ビフェニル (PCB)、クロム等、塗膜に含まれる物質のうち、所定の分量を超えて摂取すると人体に悪影響を及ぼすもの。
- (6) 素地調整 : 塗装施工において、鋼材表面のさびや汚れ、油脂分を除去するとともに、適切な粗度を与えて鋼材と塗膜の付着を確保する作業。
- (7) 塗替え塗装 : 供用中の鋼構造物に対し、劣化した塗膜の機能回復のために施される塗装。
- (8) ブラスト : 金属粒や砂粒等の研削材を圧縮空気とともに部材に衝突させ、塗膜の除去ならびに鋼材表面の素地調整を行う方法であり、素地調整程度 1 種に該当する。
- (9) 動力工具 : ディスクサンダー、ジェットたがね、カップワイヤブラシ、縦回転式動力工具等、電気、空気圧、油圧等を動力源とする塗膜剥離および素地調整のための工具の総称。

- 動力工具を用いる方法は素地調整程度 2 種あるいは 3 種に該当する。
- (10) 手工具 : スクレーパー, 鋏掻き等, 塗膜剥離のための工具であり, 電気, 空気圧, 油圧等の動力源を要しないもの。
- (11) 塗膜剥離剤 : 塗膜表面に塗布することで塗膜を溶解したり, 塗膜内部に浸透して塗膜を膨潤・軟化させたりすることで, 既存の塗膜と鋼材の付着力を低下させ, 塗膜を除去しやすくする機能を有する材料[1.3]。
- (12) 高周波誘導加熱 (IH) : 交流電源にコイルを接続し電流を印加することで, 周辺に磁力線を発生させる。コイルを鋼材に近接させることで, 鋼材には磁束の変化を妨げる渦電流が発生する。この渦電流に対する抵抗により鋼材にジュール熱が生じ, 鋼材が加熱される。この現象を誘導加熱 (Induction Heating: IH) と呼び, 特に高周波電源を用いる場合を高周波誘導加熱と呼ぶ。交流電源の周波数が高いほど, 鋼材表面の電流密度が高くなるため, 発熱が表面に集中することになる。
- (13) IH 装置 : 交流電源, 変圧器, ケーブル, コイル, 冷却装置等, 高周波誘導加熱のための装置一式。
- (14) IH 塗膜剥離 : 高周波誘導加熱を利用した塗膜剥離作業。
- (15) 鋼材の表面温度 : IH 塗膜剥離における塗膜下の鋼材の表面温度。
- (16) 塗膜表面温度 : IH 塗膜剥離における塗膜表面の温度。
- (17) 板厚 : 鋼部材の厚さ。
- (18) 膜厚 : 塗膜の厚さ。
- (19) 過加熱 : 塗膜剥離に適した温度以上に, 鋼材が過剰に加熱される状態。
- (20) 鋼材に対する熱影響 : 鋼材が所定の温度以上に加熱され, 特定の条件で冷却されることで機械的性質等の変化が生じること。
- (21) 塗膜に対する熱影響 : 塗膜が所定の温度以上に加熱され, 剥離されていない状態ではあるが耐久性等の変化が生じること。

1.3 目的

本書の目的は、1.2に記載したように、各種鋼構造物の防食塗膜剥離施工において、IHに限らず種々の塗膜剥離方法の中からいずれかを選択するにあたり、合理的かつ安全な施工を行うために有用な情報を提供することである。構造物および部材の形状や大きさ、塗装系、塗膜の劣化状況ならびに発錆状況に応じて、どの塗膜剥離方法を選択するのが相応しいかを判断するために活用できる知見を簡潔にまとめる。

IH 塗膜剥離の施工者あるいは施工者による諸団体が独自の施工マニュアルを作成しているが、施工に関する統一的な基準や指針は提示されていないため、発注者と受注者の間の協議を基本として施工が行われている。本書では、IH 塗膜剥離の施工において、施工者の安全性、構造物の安全性および周辺環境への影響等について注意すべき事項を挙げている。これらは施工における重要事項ではあるものの、施工基準のように遵守することを要求する意味ではなく、あくまで発注者、受注者が参考とし、具体的な施工条件の検討に資することを目的として提示するものである。

1.4 防食塗装更新における IH 塗膜剥離の位置づけ

鋼構造物の防食塗装は、長期間の供用において、日射、湿度、外力、降雨や結露といった水分の作用等によって劣化が進行する。また、塗膜のきず等の損傷部から水分や塩分が侵入することで鋼材に腐食が生じると、その進行に伴い板厚が減少し部材の耐荷性能の低下に繋がる。このような塗装の劣化および損傷を防止し、鋼構造物の耐荷性能を保持するためには、適切な時期に防食塗装を更新（塗替え）することが必要である。

塗替え塗装においては、既存の塗膜剥離、素地調整、塗装の工程が含まれる。塗膜剥離では、塗替え塗装仕様に応じて下塗りから上塗りまで全ての層を除去して塗り替える場合や、塗膜の劣化部のみを除去して健全な部分（活膜）を残して塗り替える場合がある[1.1]。いずれにせよ、劣化した塗膜の除去および素地調整の程度が塗替え塗装の耐久性に多大な影響を及ぼすため、塗膜剥離、素地調整のための適切な方法を選択することが重要である。

以下の図-1.4.1 に示すように、IH は塗膜剥離のみに適用されるものであり、素地調整の機能は有していない。そのため、素地調整には IH とは別の動力工具やブラストを用いることが前提になる。

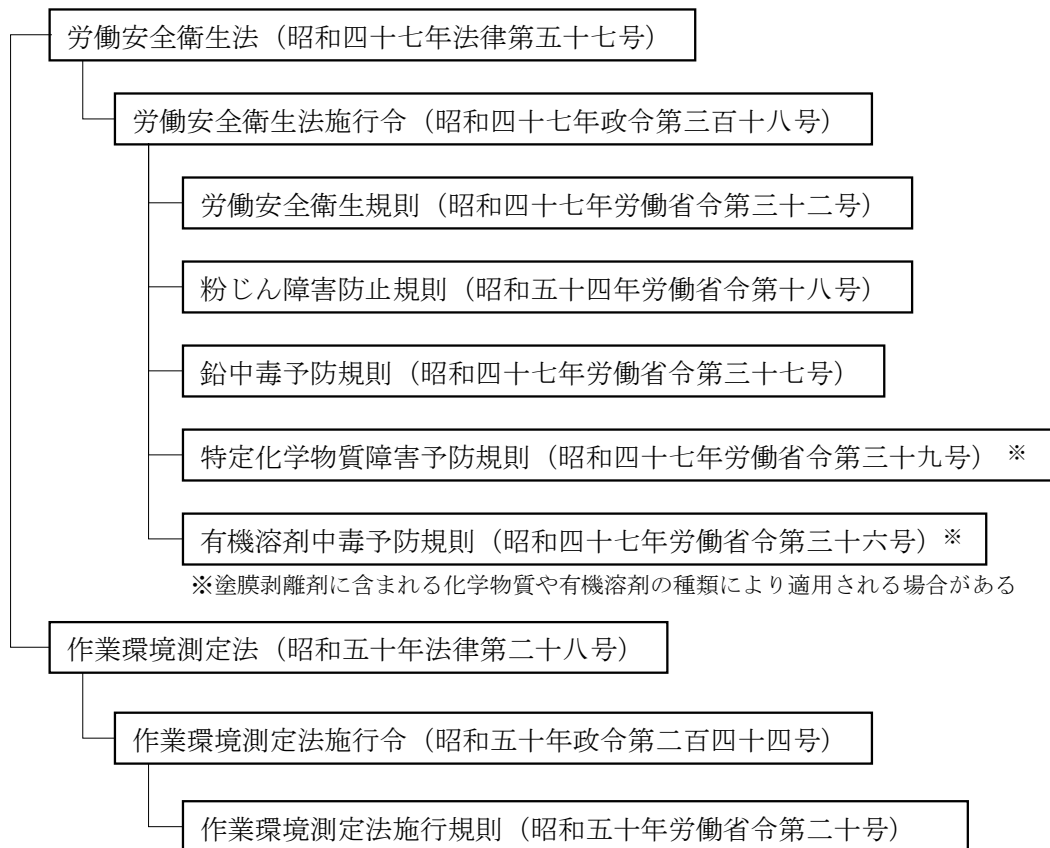
施工ステップ	器具、方法					
塗膜剥離	ブラスト	動力工具	塗膜剥離剤		IH	
↓						
素地調整			ブラスト	動力工具	ブラスト	動力工具
↓						
塗装						

図-1.4.1 防食塗装更新における IH 塗膜剥離の位置付け

1.5 関係法令

各種鋼構造物の塗膜剥離において、いずれの方法を利用する場合でも関連する法令を遵守して適切に施工を行わなければならない。図-1.5.1に示すように、有害物質を含有する既存塗膜の塗替えを行う際に順守すべき関係法令が文献[1.4]にまとめられている。

《法律・関係政省令の体系図》



《厚生労働省告示》

作業環境測定基準（昭和51年4月22日付け労働省告示第46号）

作業環境評価基準（昭和63年9月1日付け労働省告示第79号）

《厚生労働省通達》

剥離剤を使用した塗料の剥離作業における労働災害防止について（令和2年8月17日付け基安化発0817第1号，一部改正：令和4年5月18日付け基安化発0518第1号，厚生労働省労働基準局安全衛生部化学物質対策課長）

図-1.5.1 有害物質塗膜除去の関係法令[1.4]

動力工具、ブラスト、塗膜剥離剤、IH のいずれの方法を利用する場合でも、塗膜剥離および素地調整、塗替え塗装に関する作業において順守すべき法律として、労働安全衛生法（昭和四十七年法律第五十七号）があり、その規定に基づく政令として労働安全衛生法施行令（昭和四十七年政令第三百十八号）が、同法および同施行令の規定に基づき、並びに同法を実施するために定められた省令として労働安全衛生規則（昭和四十七年労働省令第三十二号）がある。その他、同様に省令として粉じん障害防止規則（昭和五十四年労働省令第十八号）、鉛中毒予防規則（昭和四十七年労働省令第三十七号）、特定化学物質障害予防規則（昭和四十七年労働省令第三十九号）、有機溶剤中毒予防規則（昭和四十七年労働省令第三十六号）等が定められており、作業内容や既存塗膜に含まれる有害物質の種類等に応じて該当する省令を順守する必要がある。具体的な労働者の安全確保に関しては、厚生労働省通達として「剥離剤を使用した塗料の剥離作業における労働災害防止について（令和2年8月17日付け基安化発 0817 第1号，一部改正：令和4年5月18日付け基安化発 0518 第1号）」が通知されている。

また、塗膜剥離および素地調整、塗替え塗装に関して、労働安全衛生法第二条第四号に規定する作業環境測定を行うにあたっては、厚生労働省の告示である作業環境測定基準（昭和五十一年四月二十二日，労働省告示第四十六号）に従って行い、作業環境評価基準（昭和六十三年九月一日，労働省告示第七十九号）に従って測定結果の評価を行わなければならないとされている。作業環境の測定に関し作業環境測定士の資格及び作業環境測定機関等について必要な事項を定めた法律として作業環境測定法（昭和五十年法律第二十八号）があり、その規定に基づく政令として作業環境測定法施行令（昭和五十年政令第二百四十四号）、省令として作業環境測定法施行規則（昭和五十年労働省令第二十号）がある。

有害物質を含む廃棄物（塗膜片）の処理に関しては、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和四十五年法律第百三十七号）並びに同法に係る政令及び省令、PCB 含有塗膜については、ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法（平成十三年法律第六十五号）並びに同法に係る政令及び省令、厚生労働省通知として、PCB 廃棄物の処理作業等における安全衛生対策要綱（平成17年2月10日，基発第 0210005 号）等がある。塗膜片に含まれる有害物質の種類によって取扱いが異なり、廃棄塗膜片の保管や処分にあたって届出や有資格者の配置等が必要となる場合もあるため留意する必要がある。

塗膜剥離に限らず、加熱作業において順守すべき法令として、電気事業法（昭和三十九年法律第百七十号）、電気設備に関する技術基準を定める省令（昭和四十年通商産業省令第六十一号）等があり、労働安全衛生規則（昭和四十七年労働省令第三十二号）第二編第四章にも爆発、火災等の防止に関する記載がある。IH 装置を用いた作業において順守すべき法令として、電波法（昭和二十五年法律第百三十一号）がある。

IH に限らず、構造物が熱影響を受けた場合の安全性を評価、検討するための基準として、例えば道路橋では道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編[1.5]、鉄道橋では鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編 鋼・合成構造物）[1.6]等がある。また、道路橋、鉄道橋

の区別によらず、鋼材に対する熱影響、加熱による部材の変形等の取扱いについては火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン[1.7]が参考になる場合がある。構造物の設計、施工、維持管理に関する各種の基準類からは、熱影響を受けた場合に限らず構造物の安全性を評価するうえで有用な情報を得ることができるため、適宜参考にするのがよい。

参考文献

- [1.1] 日本道路協会：鋼道路橋防食便覧，丸善，2014.
- [1.2] 日本規格協会：JIS Z 0310 素地調整用ブラスト処理方法通則，2016.
- [1.3] 土木研究所：土木研究所資料 土木鋼構造物用塗膜剥離剤ガイドライン（案）改訂第2版，2017.
- [1.4] 後藤俊吾：鋼橋の有害物質含有塗膜除去工法の作業環境測定結果と更なる安全確保，土木学会第78回年次学術講演会講演概要集，I-104，2023.
- [1.5] 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋・鋼部材編，丸善，2017.
- [1.6] 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編 鋼・合成構造物），丸善，2017.
- [1.7] 土木学会：鋼構造シリーズ 24 火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン，丸善，2015.