

第4章 IHによる塗膜剥離施工の留意点

第2章ではIHによる塗膜剥離の特徴や塗膜剥離全般におけるIHの位置づけ、施工時の留意点について示した。第3章ではIHによる塗膜剥離に用いる機器に関することを示した。

本章では、IHによる塗膜剥離の手順とともに、その施工時の重要な留意点について示す。なお、これまで各施工団体、施工会社による施工実績から作成した「IHによる塗膜剥離施工要領（案）」を付録2に示すので参考にされたい。

4.1 IHによる塗膜剥離の流れ

IHによる塗膜剥離の計画から施工までの流れを図-4.1.1に示す。IHによる塗膜剥離は塗装工事全体のうちの一部の工程であり、この図はIH塗膜剥離の部分を抽出したものである。

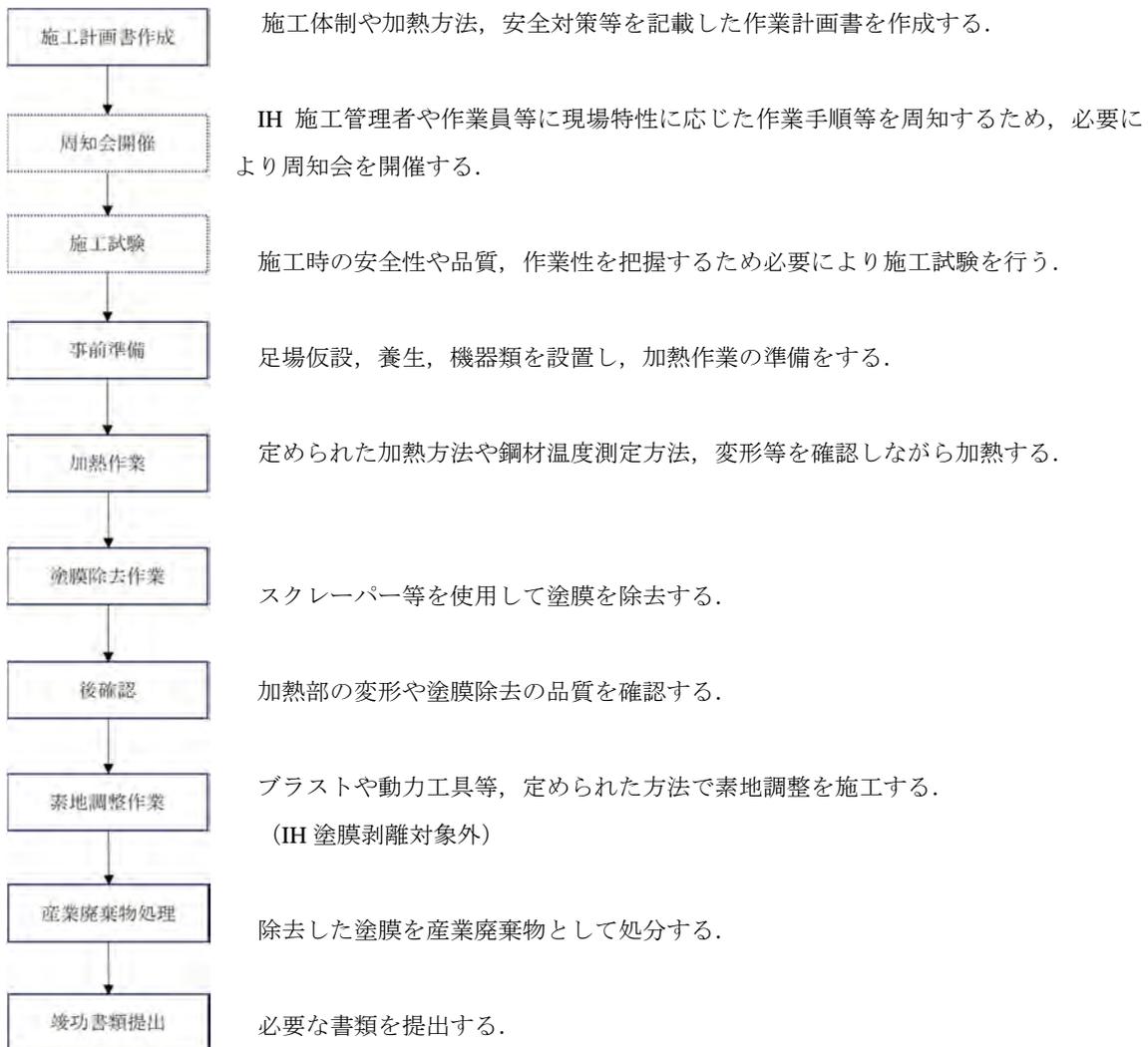


図-4.1.1 IHによる塗膜剥離作業の流れ

4.2 施工計画時の留意点

4.2.1 施工計画の策定

IHによる塗膜剥離作業は塗装工事全体のうちの一部の工程になるため、塗装工事全体の施工計画に含まれる場合もあるが、少なくともIH塗膜剥離の施工体制や工程、作業方法、安全管理方法、品質管理方法、使用機器類、環境対策等について、施工計画を立て、関係に周知しておく必要がある。特に、IH塗膜剥離特有の項目（加熱方法、加熱に対する安全管理、除去後の塗膜状態等）の計画は重要である。

4.2.2 施工管理者等の配置および教育

IH装置を用いた塗膜剥離作業は、その取扱いを誤ると桁の変形等、構造物に悪影響を及ぼすことや作業者が火傷等の受傷することがあるため、作業時には、加熱に関する実務経験を有する施工管理者を常駐させる等、十分な知識を有する施工管理者を配置して、作業の安全や品質等を確保する必要がある。また、作業者に対しても、加熱装置の取り扱いや緊急時の対応等について教育を実施することが重要である。

4.2.3 周知会および施工試験

施工管理者および作業者が作業手順や施工時の留意点等の共有や作業員間の連携を確認するために周知会を実施する。また、発注者の要請があった場合および施工前に確認する項目がある場合、必要により、塗膜の剥離性や施工性、塗膜剥離の品質、施工時の安全性を把握するために施工試験を行う。

4.2.4 安全管理

IHによる塗膜剥離作業は塗装工事全体のうちの一部であり、IH塗膜剥離特有の安全管理と塗装工事共通の安全管理がある。特にIH塗膜剥離特有の安全管理については、関係者全員に周知しておく必要がある。なお、IH特有の安全管理については4.3.1、塗装工事共通の安全管理については4.3.2を参照されたい。

4.2.5 適用範囲の確認

IH装置を用いて塗膜を剥離する場合、加熱装置ごとに適用範囲があるため、対象構造物の条件を確認して、以下の項目について事前に適用範囲を確認する必要がある。

(1) 塗膜類の種類および膜厚

IH装置による塗膜剥離が適用可能な塗膜および被膜等の種類は、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、フタル酸樹脂、ふっ素樹脂、水性塗料、軟・硬ゴムライニング等がある。適さない塗膜の種類として、無機ジンクリッチペイント、エッチングプライマー、鉛丹系さび止めペイント、タール成分含有塗膜、亜鉛めっき、金属溶射とされている[4.1]、[4.2]、[4.3]。特にタール成分含有塗膜は加熱により有害な気体が発生することが知られ

ており注意が必要である。また、亜鉛めっき、金属溶射を素地とした塗装を剥離する場合、被覆金属の熔融温度を超過すると被膜が損傷を受けるため注意が必要である。

(2) 塗膜の膜厚

膜厚は加熱装置にもよるが、一般に 500 μm を超える旧塗膜等には他の剥離工法（電動工具、ブラスト、剥離剤）と比較して非常に有効とされている[4.1], [4.4]。加熱装置によっては最大 13,000 μm (13 mm) まで適用できるもの[4.5]や最大 30,000 μm (30 mm) まで適用できるものもある[4.6]。適用にあたっては、加熱装置ごとに適用可能な膜厚を確認しておく必要がある。

(3) 加熱する鋼材の板厚

IH による塗膜剥離が適用できる鋼材の板厚は、加熱装置によっては、加熱時に鋼板が変形する可能性があることから、鋼板が薄くなるほど急速に温度上昇することが知られており、9 mm未満の鋼材については適用範囲外のものもある[4.1], [4.3]。適用にあたっては、加熱装置ごとに適用可能な鋼材の板厚を確認しておく必要がある。

(4) 加熱する鋼材の種類

加熱対象物によっては調質鋼が採用されていることがあり、調質を行うことで引張強さや加工性を変化させるだけでなく、耐食性、寸法安定性、破壊じん性等の特性も改善されるが、IH 塗膜剥離作業時の加熱によって影響が出る可能性があるため、適用外としているケースもある。一般に、IH 塗膜剥離作業時の加熱温度では調質鋼の材質に影響を及ぼす可能性は低い。

(5) 加熱裏面の塗膜を剥離しない場合

例えば、加熱対象物が箱桁の場合、外面と内面では別の塗装系を採用するケースが多く、外面の塗膜をIH装置で剥離する場合、一般に加熱裏面では加熱面と同様の温度になることが多いため、内面の塗膜まで剥離させてしまう可能性が高く、IHによる塗膜剥離が適用範囲外になることが多い。加熱裏面の塗膜を剥離せず、IH塗膜剥離を適用する場合、施工試験等により加熱裏面に影響を及ぼさない加熱方法を検討したうえで施工する必要がある。

(6) 高力ボルト

高力ボルトは加熱温度によっては軸力が低下するため、高力ボルト部は適用外にしているケースがある。また、ボルト継手部は、図-4.2.1に示すように凹凸の激しい箇所であり、平滑面で用いる加熱コイルでは加熱できないため、塗膜剥離剤等の他工法が適用されることがある[4.3]。

加熱装置によっては、図-4.2.2に示すように既存のIH装置に高力ボルト用のコイルを取り付けるものや[4.3], [4.7], 図-4.2.3に示すようにボルトの塗膜剥離に特化したIH装置が実用化されているが[4.8], 高力ボルトへの適用に関しては特段の配慮が必要である。詳細は後述の5.3を参照されたい。



図-4.2.1 ボルト継手部



(a) 加熱状況[4.3]



(b) 加熱状況[4.7]

図-4.2.2 高力ボルト専用コイル



図-4.2.3 ボルト専用IH装置[4.8]

(7) 隅角部や狭隘箇所

隅角部や狭隘箇所では、平滑面で用いる加熱コイルでは加熱しにくいため、施工困難箇所になるため[4.3]、塗膜剥離剤や動力工具等の他工法が併用されることがある。加熱装置によっては、図-4.2.4に示すような隅角部や狭隘部に適用できるコイルを取り付けて施工することもある[4.3]、[4.8]、[4.7]、[4.9]。このような部位では平滑部に比べて施工効率が極端に低下すること認識しておく必要がある。



(a) 隅角部

(b) 専用コイル[4.6]

(c) 施工状況[4.9]

図-4.2.4 隅角部の施工状況

4.2.6 加熱方法

IH装置を用いた塗膜剥離作業は、各加熱装置に定められた方法により加熱する必要がある。現在、使用されている装置の多くが加熱間隔やコイルを動かす速度、加熱時間を定めており、施工計画にも加熱方法を決め、周知しておくことが重要である。施工時の加熱方法の詳細については、4.4.1を参照されたい。

4.2.7 鋼材温度の管理方法

IH装置を用いた塗膜剥離作業では、鋼材の機械的性質の変化や部材が変形しないように、施工時の鋼材温度を常時管理することが重要である。そのため、施工計画では、施工時の鋼材温度の管理方法を定めて周知しておく必要がある。また、加熱時だけでなく鋼材の温度低下の確認も重要である。なお、実作業における鋼材温度の管理方法については4.4.2を参照されたい。

4.2.8 塗膜の状態

IH装置を用いた塗膜剥離作業では、想定した温度以上に加熱された場合、塗膜を焦がしてしまうことがあり、作業時および作業後の塗膜の状態を適切に把握しておくことは重要である。また、塗膜の種類によっては、IH装置によって塗膜が除去しにくいものもあるため、その特性を把握しておく必要がある。そのため、施工計画では剥離対象塗膜の状態の確認方法やその特性について周知しておく必要があり、発注者とも事前に共有しておくことよい。施工時および施工後の塗膜の状態については4.4.3を参照されたい。

4.2.9 部材の変形

IH装置を用いた塗膜剥離では、加熱作業により塗膜剥離対象部材が変形するため、その状態を確認する必要がある。変形の確認は目視を基本とすることが多いが、その確認方法を計画しておく必要がある。なお、必要により機器等を用いて変形を計測することもある。なお、計測に用いる機器の詳細は7.2.4を参照されたい。

4.2.10 剥離対象塗膜の有害物質の含有

塗替え塗装では、除去する塗膜に鉛やPCB等の有害物質が含まれるか否かを事前に確認する必要がある。これは、鉛やPCBが含有されていた場合や含有が不明な場合、作業員の安全を確保するために対策が必要になるため、その計画を立てる必要がある。なお、剥離対象塗膜に対する安全管理については4.3.2を参照されたい。

また、除去する塗膜に鉛やPCB等が含有されている場合、その処分方法が決まっているため施工計画に反映する必要がある。

4.2.11 施工性に影響を及ぼす項目の把握

IH装置を用いた塗膜剥離作業では、加熱対象構造物の形状や板厚の違いが施工性に影響を及ぼすため、事前に把握しておくことが望ましい。特に、ボルト継手部やリベット継手部、隅角部、狭隘部等ではIHによる塗膜剥離の作業効率が極端に低下もしくは施工困難な箇所になるため[4.3]、あらかじめ他工法を適用する等の計画を立てておく必要がある。

4.2.12 作業環境

IH装置を用いた塗膜剥離施工にあたり、足場の条件や機器の設置スペース等の作業環境を確認する必要がある。IHによる塗膜剥離は発電機や加熱装置を設置するスペース、作業スペースが必要である。足場についてはIH機器を足場内で使用するため、耐荷性や平面性に優れた足場を選択する。これらの作業環境について計画を立てておく必要がある。

4.2.13 加熱装置の確認および点検

IH装置を用いた塗膜剥離施工にあたり、事前に加熱装置を確認したうえで、作業前に加熱装置の点検をする必要がある。加熱装置の高低差による冷却水の送水能力の確認、装置出力と加熱温度の関係等、加熱装置の確認をしておくことで、施工時の不具合防止や加熱機器の故障防止につながる。また、作業前に加熱装置の点検を行うことで加熱機器の故障防止や効率的な施工につながる。

4.2.14 環境測定等

発注者からIH作業に伴う騒音等の測定を指示されることがある。その場合、目的や精度に応じて測定機器を選定し、測定計画を立てる必要がある。

4.3 安全対策

4.3.1 IH塗膜剥離特有の安全対策

IHによる塗膜剥離作業では、高圧電源を使用することや塗膜剥離対象構造物が高温になること、高周波が発生する等の特徴を有している。そのため、IHによる塗膜剥離作業特有の安全対策を講じる必要がある。

(1) 感電対策

IH 塗膜剥離作業では、アースを確実に設置することや使用する加熱装置の取扱説明書等に示される禁止作業等を厳守すること、保護具を着用・使用すること等、漏電、感電労災対策を徹底することが重要である。

(2) 火傷防止

IH による塗膜剥離作業では、塗膜剥離対象物が高温になるため、金属製の装飾品（腕時計、指輪）を着用したまま作業をしないこと、加熱時および加熱後すぐに塗膜剥離対象物に触れないこと、火傷防止の保護具を着用・使用することが重要である。

(3) 作業員の従事制限

IH による塗膜剥離作業では、作業時に高周波磁界が発生するため、心臓ペースメーカを使用している作業員や骨折等の治療で金属製のボルトを使用している作業員は、作業への従事を制限する必要がある。

(4) 火災対策

IH 装置を用いた塗膜剥離では、火気を使用しないため基本的には火災のリスクは低いと考えられるが、一般の工事と同様に消火器や消火用水の設置、準備および防災シートや不燃性の養生テープを使用すべきである。IH 装置による加熱で部材が高温に達することから、発火点の低い溶剤等を近接させないように注意が必要である。

(5) 作業箇所周辺環境への影響防止

IH 装置を用いた塗膜剥離では、作業時に生じる高周波磁界の影響により、その周辺では電子機器等に影響を及ぼす恐れがあるため、作業箇所周辺に影響を及ぼす可能性があることを理解したうえで、周辺に影響を及ぼす電子機器の有無を確認しておく必要がある。

4.3.2 塗装作業共通の安全対策

IH による塗膜剥離は塗装工事全体のうちの一部の工程であり、塗装作業共通の安全対策を講じることで十分なことが多い。

(1) 粉じん対策

一般に IH による塗膜剥離作業は、動力工具による素地調整作業に比べて粉じんの発生は少ない[4.1], [4.2]。そのため、IH 塗膜剥離作業特有の粉じん対策を講じる必要はなく、塗膜剥離後の素地調整作業の粉じん対策を講じていれば十分である場合が多い。

(2) 保護具

IH 装置を用いた塗膜剥離施工を行う際には、動力工具等による素地調整作業と同様に、作業員の安全性を確保し、周辺環境への影響を抑制するために保護具を使用する。この塗膜剥離全般の対策に加え、IH 塗膜剥離の特徴である塗膜剥離対象物が高温になることをふまえ、その火傷対策として皮手袋等を使用する必要がある。

(3) 必要な設備

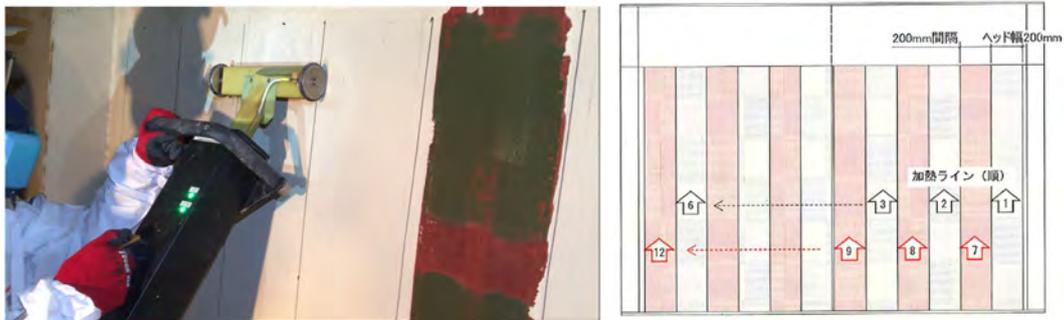
IH 装置を用いた塗膜剥離施工の対象構造物の塗膜に鉛や PCB 等の有害物質が含まれている場合には、作業区域以外に有害物質を出さないような設備が必要になる。これは IH に限らず、いずれの方法を用いる場合でも基本的に同様である。

4.4 施工時の留意点

4.4.1 加熱作業

IH 装置を用いた塗膜剥離作業は、加熱装置によって加熱速度に違いがあるため、施工性および構造物に影響をおよぼさないように、各加熱装置に定められた方法により加熱する必要がある。

IH による塗膜剥離作業は鋼材の温度管理が重要となるため、加熱装置ごとに加熱方法が定められていることが多い。加熱直後にその近傍を加熱したり、所定の加熱時間を超過して加熱すると、鋼材の温度が所定の温度を超過し、塗膜除去の品質および構造物に影響を及ぼす恐れがある。そのため、各加熱装置に定められた方法により加熱作業を行うことが重要になる。IH 塗膜剥離では施工時の加熱方法をあらかじめ定めている。RPR 社製加熱装置を用いる場合、図-4.4.1 に示すように過加熱を防止するため加熱手順（加熱間隔、加熱ヘッドを動かす速度等）を定めている[4.1]。図-4.4.2 は独自加熱装置での加熱状況を示しており、加熱装置ごとに加熱間隔や加熱時間を定めている。



(a) 加熱状況

(b) 加熱手順

図-4.4.1 RPR 社製加熱装置を用いた加熱方法



(a) 加熱状況 (JR 西日本)



(b) 加熱状況 (横河ブリッジ)



(c) 加熱状況 (IH 式塗膜剥離技術協会)



(d) 加熱状況 (いよ技研)

図-4.4.2 独自加熱装置による加熱状況

4.4.2 鋼材温度

IH 装置を用いた塗膜剥離作業では、鋼材の機械的性質の変化や部材の変形への影響等の構造物への影響および施工性の観点から、施工時の鋼材温度を常時管理することは最も重要な管理項目である。また、作業員の安全確保のため、加熱後の鋼材の温度降下を確認することも重要である。そのため、鋼材の温度計測は適切な方法で実施する必要がある。非接触温度計や熱電対、温度チョーク等から要求される温度管理の精度に合わせて選定する。

4.4.3 塗膜の状態

IH 装置による塗膜剥離作業時および作業後の塗膜の状態を適切に把握しておくことは重要である。IH 装置による塗膜剥離作業後の塗膜の状態は、次工程に影響を及ぼさない状態まで可能な限り塗膜を除去しなければならない。

IH 装置による塗膜剥離作業において、想定した温度以上に加熱された場合、塗膜を焦がしてしまふことがあり、特に剥離対象の塗膜が大面積で焦げている場合は、加熱機器の温度管理に問題があることを示しており、作業時の温度管理や加熱設定について早急に見直す必要がある。図-4.4.3に加熱作業による塗膜の焼き付き状況を示す。過加熱になりやすい箇所として加熱開始位置があげられるため注意が必要である。また、加熱裏面の塗膜を剥離させたくない場合、加熱時に加熱裏面の状況を監視しておくことが重要である。



(a) 道路橋



(b) 鉄道橋（加熱部）



(c) 道路橋(加熱部)



(d) 試験版



(e) 道路橋（加熱開始点）

図-4.4.3 加熱作業による塗膜の焼き付き（過加熱）

鉛丹、ジンク等の塗膜の種類によっては塗膜が除去しにくいものもあるため、その塗膜の残存状況については事前に発注者と施工者間で事前に合意しておくことや素地調整を別の受注者が施工する場合には、事前に相互にその剥離程度を合意しておくことよい。

IHによる塗膜剥離事例を図-4.4.4に示す。塗装系に応じて、塗膜剥離状況に違いがあるが、次工程の素地調整に影響を与えないような品質とする必要がある。



(a) 施工後



(b) エポキシ系



(c) C系溶射



(d) 鉛丹+長油性フタル酸樹脂



(e) ダム



(f) 水門



(g) タンク (ガラスフレーク)



(h) 高力ボルト

図-4.4.4 施工後の塗膜の状態

4.4.4 部材の変形

IH装置を用いた塗膜剥離では、加熱作業により塗膜剥離対象部材が変形するが、想定以上に変形が生じた場合、構造物の耐荷性能に影響を及ぼす恐れがあるため、加熱作業時には部材に異常な変形が生じていないかを確認しておく必要がある。作業時の部材の変形の確認方法として目視を基本とするが、必要により7.2.3に示す機器を用いて変形を計測してもよい。

4.4.5 環境測定

一般にIHによる塗膜剥離作業では、他の素地調整方法に比べて騒音は小さく、粉じんは少ない。騒音や粉じんが問題になるケースは少ないので騒音や粉じんを測定する必要性は低い。発注者が指定する場合には、騒音や粉じん等の測定を実施することがある。また、発注者からIH作業に伴う測定項目の測定を指示された場合は、その目的や精度に応じて測定を実施する。これまでに応力測定や環境測定をした実績があり、その目的や精度に応じて測定機器を選定する必要がある。

4.5 産業廃棄物

IHによる塗膜剥離に限らず塗替え塗装工事では、除去した塗膜は産業廃棄物として処分する必要がある。鉛、PCBを含む塗膜を剥離した場合は特別管理産業廃棄物として処理する必要がある。一般にIHによる塗膜剥離作業に伴い生じる廃棄物量は他工法に比べて少ない。

4.6 施工時の記録

IH装置を用いた塗膜剥離施工を行う場合、安全および品質関係等の施工時の記録を残しておくことが重要である。主な施工時の記録として、施工試験報告書や工事写真、作業管理表、機器点検記録簿、温度管理表が挙げられる。なお、施工時の記録は発注者から提出を求められた場合には提出する。

参考文献

- [4.1] IH 塗膜除去工法研究会：電磁誘導加熱（IH）による鋼橋塗膜剥離マニュアル，2022.2
- [4.2] 賀数 淳人，鮫島 力：IH 装置による塗膜剥離工法の適用について，平成 29 年度 沖縄ブロック国土交通研究会（イノベーション部門）別紙 2，2017.6
- [4.3] 笹嶋純司，河内幸男，諸木良二：関門橋における塗膜剥離工事への誘導加熱式塗膜剥離工法の適用，Structure Painting ， Vol.46 ， pp.2-8 ， 2018.9
- [4.4] 山口正晃，瀧弘幸：電磁誘導加熱(IH)塗膜除去工の施工実績と今後の展望，Structure Painting ， Vol.49， Page.23-28， 2021.9
- [4.5] RPR Technologies AS 社パンフレット
- [4.6] 池田龍哉：橋梁における電磁誘導加熱工法を用いた被膜除去，Structure Painting ， Vol.39 ， pp.117-120 ， 2016.10
- [4.7] 岡部次美，吉川博，小野秀一，中村順一：IH（電磁誘導加熱）による鋼橋の塗膜除去工法，Structure painting， Vol. 42， pp. 2-10， 2014
- [4.8] いよ技研株式会社ホームページ，http://iyogiken.com/contents/heat_red.html
- [4.9] 笹嶋純司，白水晃生：誘導加熱式塗装剥離工法に対する取組み ， 鉄構塗装技術討論会発表予稿集， Vol.43， Page.47-56， 2021.1