

高周波誘導加熱による
鋼構造物の防食塗膜剥離施工技術

2024 年 9 月

土木学会 鋼構造委員会

防食塗膜剥離における高周波誘導加熱の利用に関する

調査研究小委員会

Techniques of Paint-coating Removal Work by Induction Heating for Steel Structures

Edited by

Mikihito HIROHATA

*Associate Professor
Department of Civil Engineering
Osaka University*

Published by

Subcommittee on Investigation and Research for
Usage of Induction Heating on Paint-coating Removal
Committee on Steel Structures
Japan Society of Civil Engineers

September, 2024

まえがき

高度経済成長期に建設されたインフラ構造物の多くが、現在、高齢化、老朽化してきている。膨大な数のインフラ構造物を長期的に安全に使用していくためには、適切な点検と維持管理を行い、損傷が生じた構造物に補修補強を施す、あるいは、損傷が予想される構造物に予防保全的な措置を講じる必要がある。

鋼構造物においては、腐食が主な損傷要因の一つとして挙げられる。腐食の原因となる水分や塩分、酸素等から鋼材を遮断するため、塗装をはじめ、熔融亜鉛めっきや金属溶射等の被覆が適用されている。また、表面に保護性さびを形成する耐候性鋼材が広く使用されている。これらの防食被覆の中でも、汎用性や合理性の高さから、塗装が数多くの構造物に適用されている。構造物の設置環境や耐用年数に応じて様々な塗装系が開発され、施工実績が重ねられるとともに、種々の技術的知見が蓄積されてきている。

構造物の長期間の供用に伴い、劣化や損傷が生じた防食塗装は必要に応じて更新されることになる。塗装の更新（塗替え）においては、さびや劣化した旧塗膜を適切に除去したうえで、新規の塗装を施すことが重要である。塗替え塗装における素地調整の規定として、ブラストや動力工具を用いてさびや旧塗膜を除去する方法があるが、騒音や粉じん等の発生が施工における課題となる場合がある。特に、鉛や PCB 等の有害物質が含まれる塗膜を除去する場合には、粉じんの防止は極めて重要な問題となる。これに対し、騒音や粉じんの発生を抑制する観点から塗膜剥離剤が広く用いられているが、施工時間の長さや廃棄物の管理および処理、作業員の健康被害防止、火災の防止等が課題と認識されている。

塗替え塗装におけるさびおよび旧塗膜の除去が抱える種々の問題を解決しうる新たな方法として、近年、高周波誘導加熱（High frequency induction heating, 通称 IH）の適用が注目されている。これは、誘導加熱の原理を利用して鋼材の表面近傍を発熱させ、塗膜の付着を低下させ剥離する方法である。タンクやパイプラインのゴムライニング等の厚膜を剥離する方法として用いられていたものが、橋梁等、その他の鋼構造物にも適用されるようになってきている。この方法では、ブラストや動力工具を用いた場合に問題となる騒音や粉じんの発生が少なく、塗膜剥離剤を用いた場合のような火災のリスクが低減される。塗膜は固形の状態で剥離、回収することができるため、有害物質の飛散防止に有用である。剥離した塗膜は、ブラストの研削材や動力工具で削られたさびや鋼片、塗膜剥離剤と混合することがないため、廃棄物量の削減が期待される。また、他の方法では剥離が難しい厚膜の場合でも、短時間で効率的に剥離できる点で優位性を発揮する可能性がある。

種々のメリットが期待される IH による塗膜剥離（以下、IH 塗膜剥離）であるが、比較的低温（200℃程度）とは言え、鋼材を加熱する観点から、作業員の安全を十分に確保して施工を行う必要がある。構造物に対しては、適切な条件で加熱しなければ耐荷性能に影響を及ぼす変形や応力の発生が懸念される。また、IH の原理上の特徴から、適切な温度管理を行

わなければ、塗膜を剥離するための温度を超過し、鋼材の機械的性質を変化させる可能性がある。IH 塗膜剥離を実施している幾つかの会社、団体、協会等が独自の施工マニュアルを構築しているが、施工の手順や条件の設定には経験則的な部分が多く、必ずしも理論的、学術的な根拠に基づくものとは言えないところがある。そのため、IH 塗膜剥離が優位性を発揮するような場合においても、IH 塗膜剥離を採用するか否かの判断基準を示す情報が乏しく、合理的な施工方法が必ずしも選択されていないのが現状である。

このような背景のもと、IH 塗膜剥離を安全に行うための注意点を明確化するとともに、施工の手順や条件を体系的に整理することを目的として、土木学会鋼構造委員会「防食塗膜剥離における高周波誘導加熱の利用に関する調査研究小委員会」を発足させ、令和2年4月から令和6年3月まで活動を実施してきた。本書は、その活動成果を「高周波誘導加熱による鋼構造物の防食塗膜剥離施工技術」として取りまとめたものである。

本書は、既存の塗膜剥離方法との比較を通じて、IH 塗膜剥離の利点や欠点等の特徴を説明するとともに、その位置付けを明確にしている。特に、IH はあくまで塗膜剥離のための方法であり、塗替え塗装のためには塗膜剥離の後に素地調整を別途行うのが基本である。そのため、素地調整との組合せまでを総合的に考慮して塗膜剥離方法を選択することの重要性を示している。そして、IH 塗膜剥離を安全に施工するための注意点や順守すべき項目を説明し、施工の手順や条件を例示している。また、IH 塗膜剥離の施工に関連する現状の課題や今後の展望を述べている。さらに、IH 塗膜剥離施工が実施された事例を紹介するとともに、IH 塗膜剥離の施工に関連する各種の計測技術を参考として提示している。加えて、IH およびその他の塗膜剥離方法を同一条件で比較する目的で実施した実験の結果を付している。

各種鋼構造物の維持管理において、防食塗装の更新（塗替え）は不可避のプロセスである。塗装の更新に要するコストの縮減、周辺環境への配慮や作業員の安全性確保の観点から、合理的な塗膜剥離方法を選択することが極めて重要である。本書が、適切な塗膜剥離方法を適材適所で取捨選択するための一助となれば幸いである。

最後に、新型コロナウイルスの感染拡大状況下において、円滑な活動や情報交換が制限された中で、本小委員会の調査研究活動に多大なご尽力を賜った小委員会委員各位に深く感謝申し上げる。

2024 年 9 月

土木学会 鋼構造委員会

防食塗膜剥離における高周波誘導加熱の利用に関する調査研究小委員会

委員長 廣畑 幹人

土木学会 鋼構造委員会
防食塗膜剥離における高周波誘導加熱の利用に関する調査研究小委員会

委員名簿

(50 音順・敬称略)

委員長	廣畑 幹人	大阪大学	
連絡幹事	高木 優任	日本製鉄株式会社	(～2021 年 3 月)
〃	栗原 康行	J F E スチール株式会社	(2021 年 4 月～)
幹事	中原 智法	日本橋梁株式会社	
幹事	今川 雄亮	大阪工業大学	
〃	中山 太士	西日本旅客鉄道株式会社	(～2020 年 9 月)
		日綜産業株式会社	(2020 年 10 月～2023 年 5 月)
		嵯峨野観光鉄道株式会社	(2023 年 6 月～)
〃	服部 雅史	中日本高速道路株式会社	(～2020 年 6 月)
		株式会社高速道路総合技術研究所	(2020 年 7 月～)
委 員	浅野 貴弘	西日本高速道路株式会社	(～2021 年 6 月)
〃	豊田 雄介	西日本高速道路株式会社	(2021 年 7 月～2023 年 9 月)
〃	西谷 朋晃	西日本高速道路株式会社	(2023 年 10 月～)
〃	池田 龍哉	池田工業株式会社	
〃	石飛 慎二	ビルドメンテック株式会社	
〃	伊藤 幸広	佐賀大学	
〃	大澤 隆英	日本ペイント株式会社	(～2021 年 3 月)
〃	都築 幹生	日本ペイント株式会社	(2021 年 4 月～)
〃	岡部 次美	首都高メンテナンス東東京株式会社	
〃	岡本 陽介	株式会社ビーエムシー	
〃	小野 秀一	一般社団法人日本建設機械施工協会	
〃	片脇 清土	合同会社管理技術	
〃	池本 佳代	阪神高速道路株式会社	(～2022 年 6 月)
〃	杉岡 弘一	阪神高速道路株式会社	(2022 年 7 月～2023 年 6 月)
〃	平野 正大	阪神高速道路株式会社	(2023 年 7 月～)
〃	小城 孝次	株式会社コジョウテックス	
〃	小寺 健史	極東メタリコン工業株式会社	
〃	後藤 俊吾	株式会社高速道路総合技術研究所	(～2020 年 6 月)
		中日本高速道路株式会社	(2020 年 7 月～)
〃	近藤 拓也	高知工業高等専門学校	
〃	坂本 達朗	公益財団法人鉄道総合技術研究所	
〃	先本 勉	一般社団法人近畿建設協会	(～2022 年 3 月)
		瀧上工業株式会社	(2022 年 4 月～)
〃	笹嶋 純司	株式会社横河ブリッジ	
〃	重信 康夫	ビルドメンテック株式会社	
〃	鈴木 隼人	建設塗装工業株式会社	(～2020 年 9 月)
		東日本旅客鉄道株式会社	(2020 年 10 月～2022 年 6 月)
		建設塗装工業株式会社	(2022 年 7 月～)
〃	中村 順一	株式会社ナブコ	
〃	野口 康成	株式会社太平洋コンサルタント	
〃	平松 慶大	ジェミックス株式会社	
〃	広瀬 泰之	東日本高速道路株式会社	(～2022 年 6 月)
〃	市川 翔太	東日本高速道路株式会社	(2022 年 7 月～2023 年 10 月)
〃	成岡 尚哉	東日本高速道路株式会社	(2023 年 11 月～)
〃	古市 亨	株式会社古市	
〃	舩田 健吉	いよ技研株式会社	
〃	水谷 莊二	日綜産業株式会社	
〃	三原 英之	株式会社オーシャンテック	
〃	村田 義行	高周波熱錬株式会社	(～2021 年 3 月)
〃	小芦 英史	高周波熱錬株式会社	(2021 年 4 月～)
〃	細川 明宏	高周波熱錬株式会社	(2021 年 4 月～)
〃	山本 一貴	首都高速道路株式会社	(～2022 年 6 月)
〃	須田 郁慧	首都高速道路株式会社	(2022 年 7 月～2023 年 8 月)
〃	星名 浩人	首都高速道路株式会社	(2023 年 9 月～)

高周波誘導加熱による鋼構造物の防食塗膜剥離施工技術

目次

第1章	はじめに	1
1.1	適用範囲	1
1.2	用語の定義	2
1.3	目的	4
1.4	防食塗装更新における塗膜剥離の位置づけ	5
1.5	関係法令	6
第2章	IH による塗膜剥離の特徴	9
2.1	IH の原理	9
2.2	IH による塗膜剥離の原理	10
2.3	塗膜剥離における IH の採用に際する位置づけ	11
2.4	素地調整	20
2.5	塗膜剥離における IH の施工に際する注意点	21
第3章	IH による塗膜剥離に用いる機器	25
3.1	加熱装置の構成	25
3.2	装置の要件	41
3.3	消耗品	42
3.4	工具	43
第4章	IH による塗膜剥離施工の留意点	44
4.1	IH による塗膜剥離の流れ	44
4.2	施工計画時の留意点	45
4.3	安全対策	49
4.4	施工時の留意点	51
4.5	産業廃棄物	55
4.6	施工時の記録	55
第5章	現状の課題と今後の展望	57
5.1	IH 塗膜剥離施工における温度管理方法	57
5.2	IH 塗膜剥離による変形、応力の生成機構	60
5.3	ボルト継手に対する IH 塗膜剥離の適用	63
5.4	熱影響を受け残置された塗膜の耐久性	65
5.5	IH 塗膜剥離の適用拡大に向けた実務上の課題	66
第6章	施工事例	68
第7章	計測に関する参考資料	86
7.1	IH 塗膜剥離の施工品質に関する計測項目	86
7.2	各項目の計測（確認、管理）手法	93
7.3	IH 塗膜剥離における環境測定に関する計測項目	101
付録 1	IH による塗膜剥離に関する文献	付録- 1
付録 2	IH による塗膜剥離施工要領（案）	付録- 5
付録 3	小委員会で実施した実験	付録-35

本 編

高周波誘導加熱による鋼構造物の防食塗膜剥離施工技術

本 編

目次

第1章	はじめに	1
1.1	適用範囲	1
1.2	用語の定義	2
1.3	目的	4
1.4	防食塗装更新における塗膜剥離の位置づけ	5
1.5	関係法令	6
	参考文献	8
第2章	IH による塗膜剥離の特徴	9
2.1	IH の原理	9
2.2	IH による塗膜剥離の原理	10
2.3	塗膜剥離における IH の採用に際する位置づけ	11
2.3.1	塗膜剥離方法	12
2.3.2	動力工具	13
2.3.3	ブラスト	14
2.3.4	塗膜剥離剤	15
2.3.5	IH	17
2.3.6	塗膜剥離方法の組合せ	18
2.4	素地調整	20
2.5	塗膜剥離における IH の施工に際する注意点	21
2.5.1	過加熱の防止	21
2.5.2	塗膜の種別と膜厚	22
2.5.3	作業の安全性と効率	23
2.5.4	周辺環境への影響	23
	参考文献	24
第3章	IH による塗膜剥離に用いる機器	25
3.1	加熱装置の構成	25
3.2	装置の要件	41
3.2.1	安全装置	41
3.2.2	制御装置	41
3.2.3	整備・点検	42
3.2.4	故障時の対応	42
3.3	消耗品	42
3.4	工具	43

第4章	IHによる塗膜剥離施工の留意点	44
4.1	IHによる塗膜剥離の流れ	44
4.2	施工計画時の留意点	45
4.2.1	施工計画の策定	45
4.2.2	施工管理者等の配置および教育	45
4.2.3	周知会および施工試験	45
4.2.4	安全管理	45
4.2.5	適用範囲の確認	45
4.2.6	加熱方法	48
4.2.7	鋼材温度の管理方法	48
4.2.8	塗膜の状態	48
4.2.9	部材の変形	48
4.2.10	剥離対象塗膜の有害物質の含有	49
4.2.11	施工性に影響を及ぼす項目の把握	49
4.2.12	作業環境	49
4.2.13	加熱装置の確認および点検	49
4.2.14	環境測定等	49
4.3	安全対策	49
4.3.1	IH 塗膜剥離特有の安全対策	49
4.3.2	塗装作業共通の安全対策	50
4.4	施工時の留意点	51
4.4.1	加熱作業	51
4.4.2	鋼材温度	52
4.4.3	塗膜の状態	52
4.4.4	部材の変形	55
4.4.5	環境測定	55
4.5	産業廃棄物	55
4.6	施工時の記録	55
	参考文献	56

第5章	現状の課題と今後の展望	57
5.1	IH 塗膜剥離施工における温度管理方法	57
5.2	IH 塗膜剥離による変形，応力の生成機構	60
5.3	ボルト継手に対する IH 塗膜剥離の適用	63
5.4	熱影響を受け残置された塗膜の耐久性	65
5.5	IH 塗膜剥離の適用拡大に向けた実務上の課題	66
	参考文献	67
第6章	施工事例	68
第7章	計測に関する参考資料	89
7.1	IH 塗膜剥離の施工品質に関する計測項目	89
7.1.1	膜厚	89
7.1.2	温度	93
7.1.3	ひずみ（応力）	93
7.1.4	変形	94
7.2	各項目の計測（確認，管理）手法	96
7.2.1	膜厚の確認	97
7.2.2	温度の確認方法	97
7.2.3	ひずみ（応力）の確認	101
7.2.4	変形の確認手法	102
7.3	IH 塗膜剥離における環境測定に関する計測項目	104
7.3.1	膜厚の有害成分	104
7.3.2	作業環境測定	106
7.3.3	騒音	109
	参考文献	110