

レーザーによる鋼構造物表面の素地調整技術
検討小委員会

報告書

2022年12月

土木学会鋼構造委員会

はじめに

鋼の防食はインフラ鋼構造物の長寿命化のために大変重要である。その防食対策において、現在最も多用されているのは塗装である。塗装は鋼材の表面が大気（酸素や水、塩化物イオン等）と触れないように遮蔽する防食法であるが、塗装時の鋼表面（素地）の品質が重要で、素地調整の良否がその後の防食機能に大きく影響する。そのため、素地調整では、黒皮や油分等を除去するとともに、地金表面において塗膜のアンカー効果を期待するための適度な表面粗さを確保することが求められており、通常、第1種ケレンであるブラスト処理が施される。

また、再塗装においても、塩や残存錆、残留塗膜を完全に除去できるブラスト処理が要求されることが多い。しかし、ブラスト処理では、現場施工時には劣悪な施工条件になるだけでなく粉塵飛散防止対策や騒音対策が必要となり、さらに大量に発生する研削材や旧塗膜の回収と処理に多大な費用と労力がかかる等の問題がある。

筆者は、広島大学の「高機能難加工材の製造・先端加工システム開発による革新的ものづくり研究拠点」プロジェクトの一つとして、レーザーの応用・適用技術に誘われ、長期間飛来塩を受けて腐食した鋼板のレーザークリーニングの試験施行を行った。その結果、錆は昇華・飛散し、残存塩分も検出されなかった。残留塩分が消失するというのは、極めて興味深くかつ非常に魅力的に感じ、レーザーケレンについて検討したい旨を土木学会鋼構造委員会へ提言、了承を得て本小委員会をスタートさせた。しかしながら、安全性はもちろん適するレーザー照射条件や施工後の素地の品質等々、未解明かつ未検討な課題が山積している現状を改めて認識することとなった。

そこで、本小委員会では、1) レーザー照射形式と照射条件をパラメータとして、除錆度や酸化皮膜などの表面の状態、表面粗さを調査すること、次に、2) レーザーケレン後の試験片に塗装し、腐食促進試験および曝露試験による腐食進展状況を観察すること、の2課題に絞り込むこととした。結果として、レーザーケレンの施工条件や効果については、十分とはいえないものの、とくにパルスレーザーによるケレンについては将来につながる有用なデータを提供できたと考えている。今後の実用化に向けて活用していただければ幸甚である。

本委員会活動にあたり、供試体の製作については川田工業(株)および日本ペイント(株)、関西ペイント(株)、レーザーケレンについては(株)IHI 検査計測およびフルサト工業(株)、また、塗装および耐久性試験については日本ペイント(株)、関西ペイント(株)および大日本塗料(株)、さらに、曝露試験場を提供戴いた(一財)土木研究センターの多大なご支援、ご協力を賜りました。ここに、深く感謝致します。また、北根幹事長をはじめ委員の方々および関係各位のご協力に深く感謝致します。最後に、委員長の不手際から委員会活動期間終了後も、報告書のまとめ作業や報告会の開催が大変遅くなってしまい、小委員会のみならず鋼構造委員会の関係諸氏に大変なご迷惑をおかけしてしまいました。ここに、記して深くお詫び致します。

土木学会鋼構造委員会
鋼構造委員会 レーザーによる鋼構造物表面の素地調整技術検討小委員会
委員長 藤井 堅

委員構成

委員長：	藤井 堅	(広島大学大学院)
幹事長：	北根 安雄	(京都大学大学院)
連絡幹事：	服部 雅史	(中日本高速道路(株))
委員：	乾 伸輔	((一社)日本パルスレーザー振興協会)
	大塚 洋	(防食溶射協同組合)
	大脇 桂*	((一社)とやま接合技術推進協会)
	片脇 清士	((一社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会)
	川見 周平	(中電技術コンサルタント(株))
	北村 隆	((一社)日本パルスレーザー振興協会)
	笹嶋 純司	((株)横河ブリッジ)
	都築 幹生**	(日本ペイント(株))
	富山 禎仁	((国研)土木研究所)
	中井 一寿	(関西ペイント(株))
	中野 正	((一社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会)
	栢木 正喜	(西日本高速道路(株))
	馬場 靖人	(パシフィックコンサルタンツ(株))
	原 考志	(川田工業(株))
	福田 雅人	(西日本高速道路(株))
	松本 剛司	(大日本塗料 (株))
	宮田 一成	(IPG フォトニクスジャパン(株))
	安波 博道	((一財)土木研究センター)
	山根 彰	((株)ブリッジ・エンジニアリング)
	山本 武司	(フルサト工業(株))
		* : WG1 主査, **WG2 主査
旧連絡幹事：	芦塚 憲一郎	(西日本高速道路(株))
	黒田 智也	(東日本旅客鉄道(株))
	後藤 俊吾	((株)高速道路総合技術研究所)
旧委員：	久米 昌夫	(本州四国連絡高速道路(株))
	佐藤 容正	(サマック(株))
	百武 壮	((国研)土木研究所)
	真鍋 幸男	(広島大学)
	本村 孔作	(サマック(株))
	柳口 剛男	(関西ペイント(株))

目次

第1章 レーザークリーニングの現状.....	1
1.1 レーザーの種類と特徴.....	1
1.1.1 レーザーとは.....	1
1.1.2 誘導放出による光の増幅.....	1
1.1.3 レーザーの発振方法と特徴.....	1
1.1.4 レーザーの種類と特徴.....	1
1.1.5 発振方式によるレーザータイプの違いと素材の反応.....	2
1.2 レーザークリーニングの現状.....	4
第2章 土木鋼構造物塗替え塗装における素地調整へのレーザークリーニングの適用.....	6
2.1 塗替え塗装における素地調整.....	6
2.1.1 土木鋼構造物の塗替え塗装と素地調整の重要性.....	6
2.1.2 塗替え塗装における素地調整の代表的な工法と作業内容.....	7
2.1.3 素地調整の品質と評価.....	8
2.1.4 素地調整にまつわる現状の課題.....	11
2.2 レーザークリーニング適用のメリット.....	12
2.3 レーザークリーニング適用の課題.....	13
2.3.1 装置の選択指針.....	13
2.3.2 安全性の向上.....	14
2.3.3 塗替塗装の耐久性.....	14
第3章 レーザークリーニング処理を施した鋼板の表面評価試験.....	15
3.1 はじめに.....	15
3.2 試験方法.....	15
3.2.1 試験体の概要.....	15
3.2.2 試験方法.....	15
3.3 評価方法.....	18
3.3.1 表面観察.....	18
3.3.2 表面粗さ計測.....	18
3.3.3 SEM 観察.....	18
3.4 試験結果.....	18
3.4.1 外観.....	18
3.4.2 表面粗さ.....	19
3.4.3 表面層の成分分析.....	20
3.4.4 表面状態がクリーニング条件に与える影響.....	21
第4章 レーザークリーニング処理を施した塗装鋼板の耐久性評価試験.....	22
4.1 はじめに.....	22
4.2 試験方法.....	22

4.2.1	試験体の概要	22
4.2.2	レーザー処理方法	23
4.2.3	試験用塗料	24
4.3	評価方法	25
4.3.1	レーザー処理表面評価方法	25
4.3.2	耐久性試験方法および評価方法	27
4.4	鋼板およびCT鋼のレーザー処理結果	32
4.4.1	施工試験結果	32
4.4.2	表面評価結果	34
4.5	耐久性試験結果	37
4.5.1	初期付着強度	37
4.5.2	塩水噴霧試験	38
4.5.3	複合サイクル試験	40
4.5.4	温度勾配試験 (20°C-40°C)	41
4.5.5	屋外暴露試験	41
4.6	まとめ	55
第5章	まとめと今後の課題	56
5.1	まとめ	56
5.1.1	レーザークリーニング処理を施した鋼板の表面評価結果	56
5.1.2	レーザークリーニング処理を施した鋼板の塗装耐久性試験結果	56
5.2	今後の課題	56
	参考文献	58
付録 :		
A.	データ集	60
A.1	レーザークリーニング処理を施した鋼板の表面評価試験	60
A.1.1	表面観察	60
A.1.2	粗さ計測結果	65
A.1.3	SEM 観察結果	71
A.1.4	成分分析結果	76
A.2	鋼板およびCT鋼のレーザー処理後の試験体写真	81
A.2.1	レーザー出力 100W の場合	81
A.2.2	レーザー出力 500W の場合	108
A.2.3	レーザー出力 1000W の場合	138
B.	塩水噴霧試験および複合サイクル試験 試験体外観	174
B.1	塩水噴霧試験	174
B.1.1	有機ジンクリッチペイント	174
B.1.2	エポキシ樹脂塗料下塗	190

B.2	複合サイクル試験.....	206
C.	用語集.....	222
C.1	レーザー出力に関する定義.....	222
C.2	レーザークリーニング施工に関する定義.....	222