

第 1 部門 塗装鋼板に CW レーザクリーニングを施した後の機械的性質および再塗装性に関する研究

京都大学大学院	学生員	○領内	秀祐	古河電気工業（株）	非会員	齊藤	愛実
京都大学大学院	正会員	北根	安雄	古河電気工業（株）	非会員	西井	諒介
京都大学大学院	正会員	五井	良直	古河電気工業（株）	非会員	梅野	和行
京都大学大学院	正会員	松本	理佐				

1. 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重要であり、塗装が多く用いられている。塗装の塗り替えの際に素地調整が行われ、現在はブラスト工法が基本となっているが、施工時の粉塵飛散対策や騒音対策のほか、廃棄物の回収および処理対策が必要で、費用が多額となるなど課題もある。

そこで、薬品や研削材を使用せず、塩分の除去も可能なレーザクリーニングが注目されている。しかし、レーザクリーニングによる熱や、生成する酸化皮膜が鋼材の機械的性質や再塗装後の塗装耐久性にどのような影響を与えるのかは明らかにされていない。

そのため、本研究ではレーザクリーニングを施した塗装鋼板について、機械的性質および再塗装後の腐食耐久性について調査を行い、素地調整に適切なレーザ照射条件について実験的に検討する。

2. 試験条件

2.1. 使用試験体

試験体は、幅 100mm×長さ 200mm×厚さ 9mm の鋼板を用い、鋼材は SM400B と SS400 の 2 種類、塗装は、水性塗料と油性塗料の 2 種類を用意し、それぞれの試験体を製作した。試験体の塗装の種類と、その平均塗膜厚を表-1 に示す。

表-1 試験体の塗膜

塗料名	平均塗膜厚(μm)
オーデコート G エコ ねずみ色 1 号 (水性塗料)	91.8
調合ペイント ねずみ色 1 号 (油性塗料)	23.4

2.2. 使用実験機器

レーザクリーニングには、7.4 倍ガルバノスキャナ（安川電機製）、CW ファイバレーザ（古河電気工業製）を用いた。また、既存工法であるバーナーとジェットタガネによる塗膜除去を行った試験体を用意し、

比較対象とした。

3. 試験条件および評価項目

表-2 に塗装鋼板の塗膜除去方法およびレーザクリーニングの条件を示す。試験パラメータは鋼材の種類、塗膜除去の方法、レーザクリーニングの場合は、レーザの出力、掃引速度および処理回数をパラメータとした。基準となる照射回数は、レーザの出力 70W、掃引速度 1m/s で水性塗膜が取り切れる 3 回とした。過剰照射の影響を調べるため、レーザを 50 回照射した試験体も用意した。

図-1 に研究のフローを示す。塗膜除去を行った鋼板の表面状態および機械的性質、再塗装後の腐食耐久性の 3 つの観点から評価を行った。

表面状態評価として、塗膜除去後の表面粗さ (RzJIS)、EPMA を用いた表面元素分析による残存塗膜や酸化皮膜の調査を行った。

機械的性質評価として、断面観察と硬さ試験を行い、鋼材の表層からの変質を調査した。また、1 枚の鋼板から JIS Z2241 に定義される 14B 号試験体を 3 体切り出して N=3 で引張試験を実施し、機械的性質の変化を調査した。

塗膜除去後の試験体に再度塗装し、塗膜にクロスカットをつけたのち、複合サイクル試験機を用いて JIS K 5600-7-9 に定義されるサイクル D を 168 サイクル行った。再塗装後の腐食耐久性評価は、クロスカット部さび幅と膨れ幅、一般部の塗膜の付着力試験により行った。

表-2 SM400B, SS400 塗装鋼板の塗膜除去方法

ケース名	塗装除去方法	出力 (W)	速度 (m/sec)	照射回数
W1N	なし（無垢材）	—	—	—
W1B	バーナー炙り	—	—	—
W1J	ジェットタガネ	—	—	—
W1L070-1-3		70	1	3
W1L070-1-50		70	1	50

Shusuke RYONAI, Yasuo KITANE

Ryonai.shusuke.82x@st.kyoto-u.ac.jp

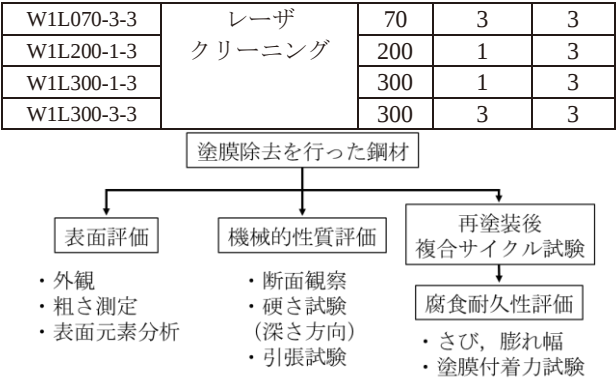


図-1 研究のフロー

4. 実験結果

4.1. 表面状態

レーザによる入熱量が大きくなるにつれて、鋼材表面の色がグレー→黄→青と変化する傾向が確認された。また、レーザクリーニング後の試験体の塗膜除去後の表面粗さは、 $30\mu\text{mR}_z$ JIS 以下であった。

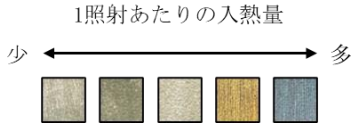


図-2 レーザクリーニング後 SM400B 試験体表面

表面元素分析のうち、酸素原子の分析結果を図-3 に示す。青→緑→赤の順に酸素原子が多く検出されており、レーザによる入熱量と照射回数が大きくなるほど酸化皮膜が形成されていることが確認できた。

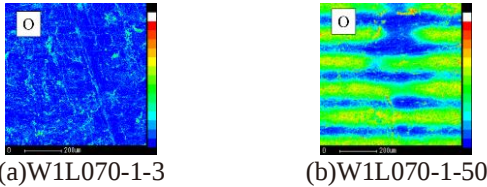


図-3 SM400B 試験体 表面酸素分析結果

4.2. 機械的性質評価

SM400B の W1L70-1-3 と W1L300-1-3 試験体の断面の 200 倍拡大図と、硬さの深度変化を図-4 に示す。W1L300-1-3 はレーザ照射による入熱量が最も大きいものであり、表層からおよそ $30\mu\text{m}$ にかけて鋼材の変質が確認でき、表層の硬化も確認された。

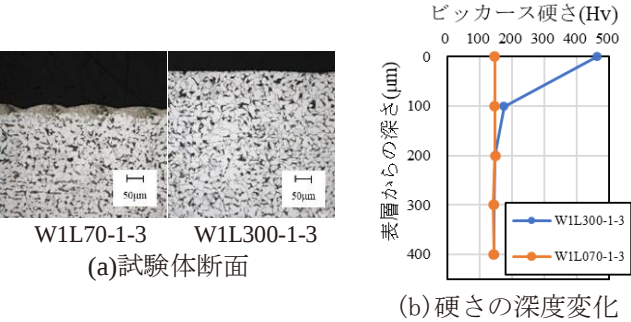


図-4 SM400B W1L300-1-3 試験体

引張試験で得られた SM400B 各試験体の下降伏点を図-5 に示す。各試験体と塗膜除去を行っていない試験体(W1N)に対し、有意水準 5%で両側 t 検定を行い、有意な差があると判定された値を赤字で示す。有意な差が確認された試験体もあったが、JIS 規格を逸脱するような機械的性質の変化は SM400B、SS400 どちらにおいても認められなかった。

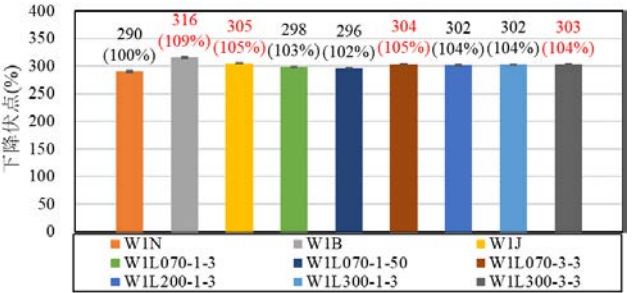


図-5 SM400B 試験体 下降伏点

4.3. 腐食耐久性評価

複合サイクル試験後の試験体の外観を図-6 に示す。(a)バーナー炙りの W1B と比較して、(b)レーザクリーニング W1L70-1-3の方がクロスカット部のさびが少ないことが確認できる。また、レーザ照射により生成した酸化皮膜が多い試験体ほど、一般部のさびの個数が多い傾向があった。塗膜付着力は全ての試験体において 2MPa 以上であり、十分な付着力を有していた。

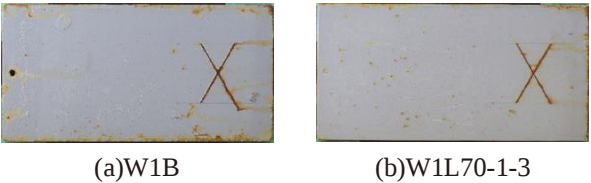


図-6 複合サイクル試験終了後 SM400B 試験体外観

5. まとめ

CW レーザクリーニング後の塗装鋼板について、塗膜の除去能力はレーザ照射による入熱量の増加とともに向上するが、過剰な入熱は鋼材表面の熔融や酸化を引き起こすことが確認できた。また、今回のクリーニング条件では機械的性質の JIS の規格を逸脱するような変化がないことが確認できた。再塗装後の腐食耐久性は、レーザ照射によって生成する酸化皮膜が多いほど低下すると考えられるが、既存工法と同等以上の耐久性を示す条件があることが確認できた。以上の結果は SM400B、SS400 どちらの鋼材においても同様であった。