

レーザー処理が鋼素地の表面性状に及ぼす影響に関する基礎的検討

九州大学	学生会員	○谷川 慶太	九州大学大学院	フェロー会員	貝沼 重信
石川島播磨重工業(株)	正会員	渡辺 亮太	九州大学大学院	学生会員	キム アラン
西日本高速道路(株)	正会員	福永 靖雄	(株) トヨコー	正会員	本郷 豊彦

1. はじめに

鋼橋などの鋼構造物における塗替え後の塗膜の耐久性は、鋼素地表面のアンカーパターンや腐食生成物や塩化物の残留度に大きく依存する。そのため、鋼素地調整の品質向上を目的として、様々な素地調整関連技術が開発されてきた。しかし、従来のブラスト処理などによる技術では、狭隘・入隅部や腐食損傷の著しい部位などについては、十分な品質の鋼素地を確保できない。

近年注目されている素地調整方法として、レーザー照射による鋼素地調整が挙げられる。しかし、レーザー処理のみの場合、高熱の照射によって鋼材表面に Fe_3O_4 が形成されるため、塗膜塗布後に、水分が塗膜表面から浸透圧により鋼素地表面に浸透する。その結果、鋼素地表面に新たな腐食反応が生じて、塗装が剥離するなどの問題が懸念される。そこで、本研究では基礎的検討として、レーザーが鋼素地調整の表面性状に及ぼす影響を定量的に明らかにすることを目的とした。そのために、表面研磨した普通鋼板を用いて、ブラストとレーザーによる鋼素地調整を実施した。また、その鋼板表面を3次元形状測定レーザー顕微鏡により測定することで、レーザー素地調整が鋼材の表面性状に及ぼす影響を定量的に評価した。

2. 試験方法

試験体の供試鋼材には、JIS G3106 SM490A のウェザロサイズ (150×70×6mm) の鋼板を用いた。試験体の表面は、素地調整前の表面性状が素地調整後の表面の微視形状に影響を及ぼさないように、素地調整前に鋼板表面を電動サンダ(研磨紙の粗さ: #40-#600)で研磨した。本試験におけるブラスト施工条件のパラメータは、橋梁の施工で一般に採用される条件に基づき、研削材、投射の圧力、距離、角度および時間を決定した。研削材には既設の橋梁に対して、一般に採用されるフェロニッケルスラグを選定した。投射圧力は国内で一般に採用される 0.7N/mm^2 とした。投射距離は塗膜や孔食が存在する場合を想定した 10cm および広範囲の施工を想定した 50cm の中間値である 30cm を選定した。投射角度は一般に作業効率を考慮して、 30° から 60° とされるため、本研究では 60° を選定した。なお、投射時間について、10 秒程度以下の短時間の施工では投射量が安定しないこと、また、30 秒以上投射すると投射圧が減少するため、一定条件の施工が困難であることから、投射時間は 20 秒とした。また、ブラストノズルの径は 5mm とした。

レーザーの出力、幅およびスキャン径は、それぞれ 2.0 kW、0.4mm および 10mm とした。レーザーヘッドにはプリズムが内蔵されており、プリズムが回転することで円形を描きながらレーザーが照射される。本稿では 60 秒間における回転数が最小と最大となる 4000rpm および 7000rpm の検討結果について述べる。これらのレーザー処理の条件は、無塗装耐候性鋼部材に塩類による重度な腐食損傷が生じた部位を想定して決定した。試験体の外観、送り方向、Overlap および Cycle gap を図-1 に示す。素地調整はレーザー照射時にノズルを固定した状態で試験体を送り方向に沿って移動させることで実施した。Overlap と Cycle gap は、それぞれ 50% と 0.2mm とした。本試験における Cycle gap を一定の値に設定したため、プリズムの回転数に比して

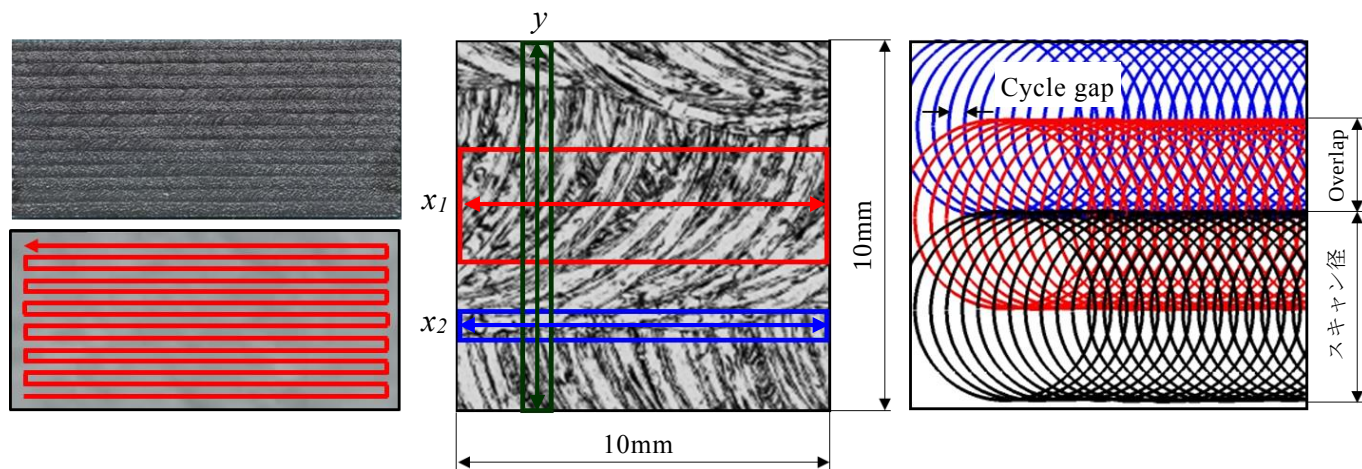


図-1 試験体の外観とレーザーの操作方法

キーワード 素地調整 レーザー ブラスト 表面粗さ
 連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地 ウェスト 2 号館 1104 号室 TEL 092-802-3392

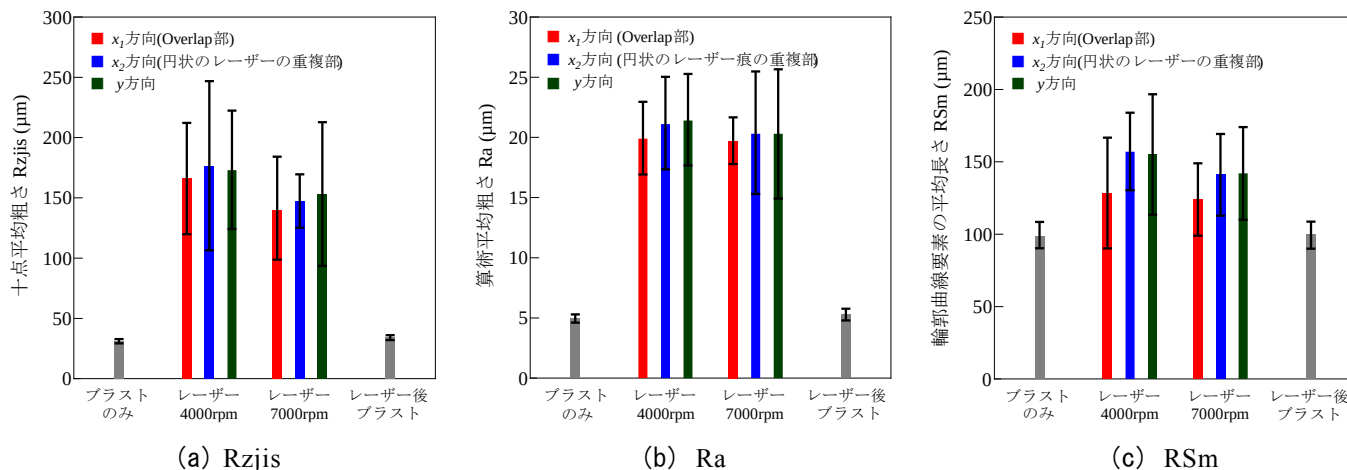


図-2 ブラストおよびレーザー処理による線粗さ

試験体送り速度は増加する。4000 および 7000rpm における試験体送り速度はそれぞれ 13 および 23mm/s である。素地調整後の鋼材の表面性状は、3 次元形状測定レーザー顕微鏡（スポット径：0.4 μm ，移動分解能：0.01 μm ，測定ピッチ：2.5 μm ）を用いて測定した。この測定では、ブラスト後の表面性状は等方性となるため、素地調整した中央部の 1 ヶ所（2.5 $\times$ 10mm）の領域を対象とした。一方、レーザー処理した試験体は、送り方向、Overlap および Cycle gap などの影響で表面性状に異方性が生じると考えられたため、レーザー測定は素地調整した中央部 1 ヶ所（10 $\times$ 10mm）の領域を対象とした。本検討では、4000rpm でレーザー処理後にブラスト処理した試験体も作成し、レーザー処理およびブラスト処理のみを行った試験体と同様に線粗さを算出した。また、線粗さを算出する際の測定は、Overlap 部および黒と青線で示す円状のレーザー痕の重複部を送り方向に対して平行に行った。測定領域については、Overlap 部および円状のレーザー痕の重複部をそれぞれ x_1 , x_2 方向とし、送り方向に対して垂直な方向を y 方向とした。各測定領域における線粗さについては、各座標軸に対して平行な方向に 10mm $\times$ 11 lines の平均値を算出した。

3. 試験結果

ブラストおよびレーザーで処理した鋼板表面の線粗さを図-2 に示す。線粗さは十点平均粗さ Rzjis，算術平均粗さ Ra および輪郭曲線要素の平均長さ RSm の 3 種類とした。Ra と RSm については、レーザーの回転数によらず同程度になっている。一方、Rzjis については、4000rpm に比して 7000rpm が小さくなっている。これは送り速度が増加するほど、鋼板表面に与えられる入熱量が減少するためである。また、表面起伏の高さに相当する Rzjis と Ra については、各方向における差異は微小である。一方、表面起伏の幅に相当する RSm については、各領域における照射痕の方向性による影響により、 x_1 が x_2 と y に比して小さくなっている。 x_1 は測定方向に対して、垂直に照射痕が生じていた。一方、 x_2 と y は測定方向に対して平行に照射痕が生じるため、照射痕の間隔が大きくなる。その結果、 x_1 に比して RSm が大きくなると考えられる。これらの結果から、レーザー処理後の表面性状については、表面起伏の高さには方向性が無く、幅には方向性があると言える。また、表面起伏の高さと幅方向について、レーザー素地調整後の Rzjis と Ra は、ブラストした場合の 4 倍程度になっている。RSm については約 2 倍大きくなっている。

本検討において、ブラスト処理のみとレーザー処理後にブラスト処理した場合の試験体の粗さは同等になっている。この結果から、レーザー処理時に形成されたマグネタイト層と鋼素地表面の起伏がブラスト処理により研削されたと推察される。そのため、狭隘・入隅部などブラスト処理が困難な部位以外については、重度の腐食損傷が生じた部位に対して、局部的あるいは部分的にレーザー処理した後にブラスト処理をすることで、塗膜の耐久性が確保できると考えられる。

4. まとめ

- 1) レーザー処理した鋼素地表面は、円形状の照射痕により表面粗さに異方性が生じる。
- 2) レーザー処理する場合、作業効率や塗装の有効膜厚の観点から、回転数を 7000rpm 程度とすることが望ましい。
- 3) レーザー処理した鋼素地の表面粗さ（十点平均粗さ Rzjis，算術平均粗さ Ra）は、ブラスト処理した場合の約 4 倍になる。
- 4) レーザー処理後にブラスト処理する場合とブラスト処理のみした場合の鋼素地の表面粗さは、ほぼ同じになる。

今後は、レーザー処理後の残留塩分布や塗膜の引張付着性能などについて検討する予定である。