

レーザー処理が鋼素地調整の表面性状に及ぼす影響評価

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
九州大学大学院 学生会員 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、狹隘・入隅部や腐食損傷の著しい部位などに対して、必ずしも十分な品質の鋼素地を確保できない場合がある。本研究では、これらの問題を解決することが期待されるレーザー処理に着目し、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、レーザー処理が鋼素地調整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。レーザー施工条件を表-1 に示す。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状にレーザーが照射される。本稿では1分間における回転数が最小と最大の 4000, 7000rpm (revolution per minute) の検討結果について述べる。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。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: $0.4\mu\text{m}$ 、移動分解能: $0.01\mu\text{m}$)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箇所(2.5×10mm)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るため、レーザー測定は素地調整した中央部1箇所(10×10mm)の領域を対象とした。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、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 とした。さらに、送り方向に対して垂直の y 方向について線粗さを算出した。測定ピッチは $2.5\mu\text{m}$ とした。

3. 試験結果 ブラストおよびレーザーによる素地調整後の線粗さを図-2 に示す。図中には十点平均粗さ R_{zjs} 、算術平均粗さ R_a および輪郭曲線要素の平均長さ R_{sm} の3種類を示す。線粗さについては、レーザー顕微鏡の各測定結果から 10mm×11 lines の平均値を算出した。 R_a と R_{sm} については、レーザーの回転数によらず同程度である。一方、 R_{zjs} については、4000rpm に比して 7000rpm の場合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 R_{zjs} と R_a 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 R_{sm} は、 x_1 が x_2 と y に比して小さい。これは各領域における照射痕の方向性による影響と考えられる。 x_1 は測定方向に対して、垂直に照射痕が生じる。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広がる。その結果、 x_1 に比して R_{sm} 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 R_{zjs} と R_a は、ブラストした場合の4倍程度になっている。 R_{sm} については約2倍大きい。

レーザーとブラストにより素地調整した鋼素地の表面性状と断面形状を図-3 に示す。ここでは、レーザー素地調整後の測定範囲に対して、長辺方向である x_1 の断面形状について示す。各回転数におけるレーザー素地調整後の起伏は、ブラストの場合に比して大きくなっている。この結果から、レーザー素地調整する場合には、作業効率や塗装の有効膜厚の観点から、回転数を 7000 rpm 程度とすることが望ましいと考えられる。

表-1 レーザ処理の条件

		Overlap (%)	50	
レーザー出力 (kW)	2	Cycle gap (mm)	0.2	
レーザー幅 (mm)	0.4	プリズムの回転数 (rpm)	4000	7000
スキャン径 (mm)	10	試験体の送り速度 (mm/s)	13	23

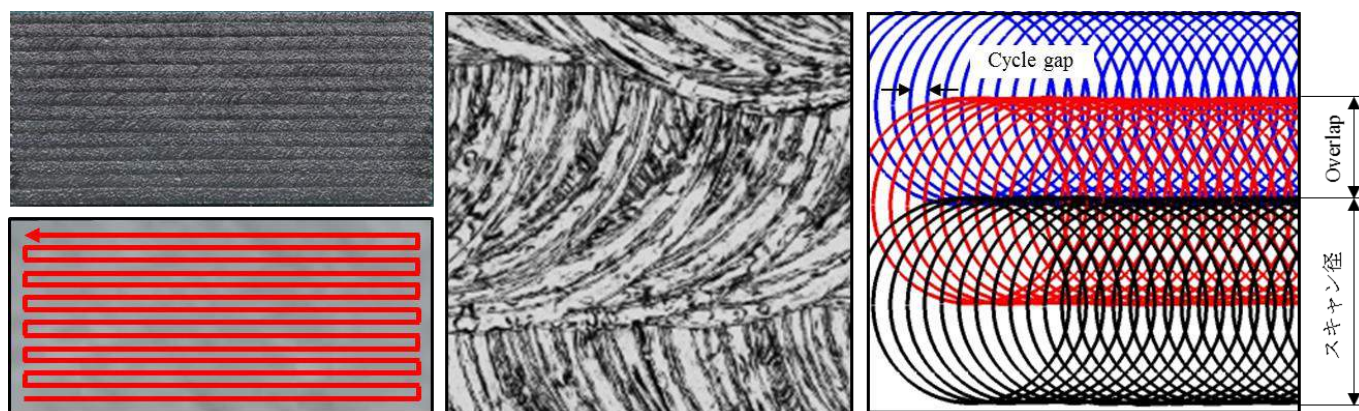


図-1 試験体の外観とレーザーの操作条件

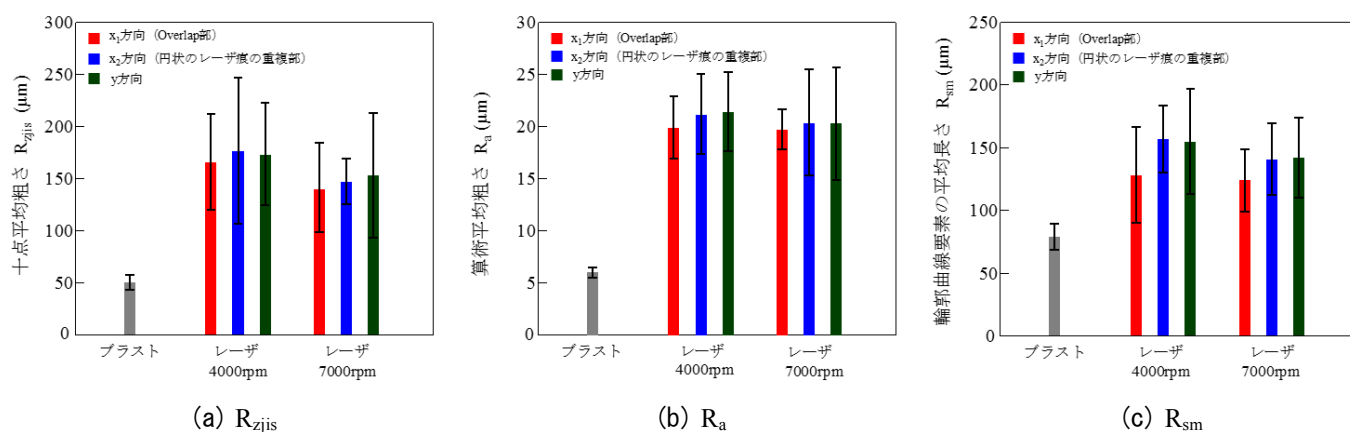


図-2 ブラストおよびレーザー処理による線粗さ

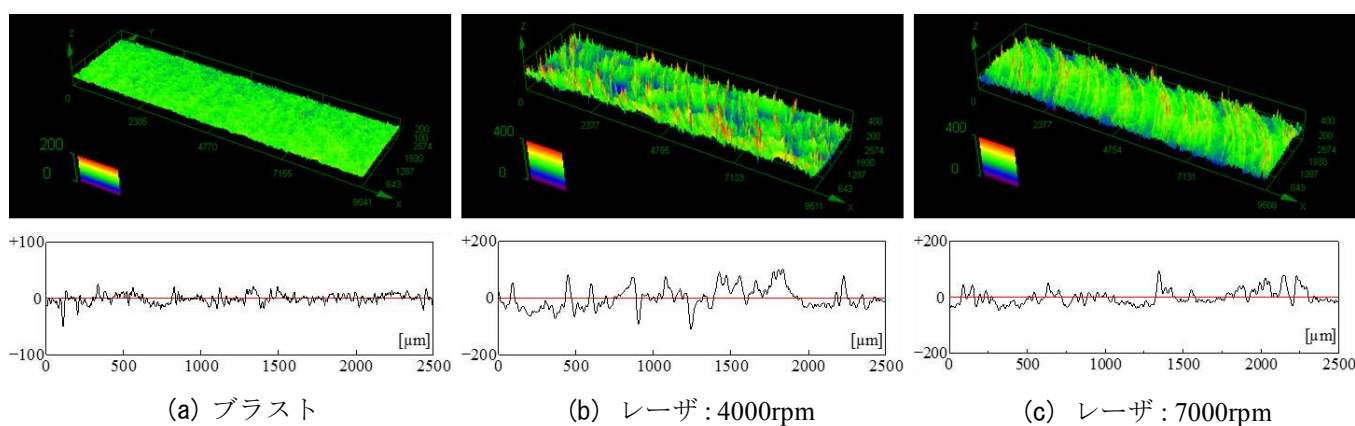


図-3 ブラストおよびレーザー処理による表面性状と断面形状

4. まとめ 本稿ではブラストとレーザー処理した試験体の表面性状を検討した。得られた主な結果を以下に示す。

- 1) レーザ素地調整した鋼素地表面は、円形状の照射痕の影響により表面粗さに異方性が生じる。
- 2) レーザ素地調整を実施する場合、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) レーザ素地調整後の鋼素地の表面粗さ（十点平均粗さ R_{zjis} および算術平均粗さ R_a ）は、ブラスト処理した場合の約 4 倍になる。今後は、レーザー素地調整後の鋼素地の表面性状が塗膜の引張付着強度に及ぼす影響などについて検討する予定である。