

レーザー処理を施した鋼材の機械的性質に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○金子 岳史 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信
西日本高速道路(株) 正会員 浅野 貴弘 (株)トヨコー 非会員 原口 学

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、様々な素地調整の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、狭隙・入隅部や重度な腐食損傷が生じた部位などについては、十分な品質の鋼素地表面が得られないため、高品位の素地調整を目的とした連続波高出力レーザーを用いた機器も開発されているが、そのレーザー照射熱が鋼材に及ぼす影響については不明な点が多い。そこで、本研究では基礎的検討として、レーザー処理が鋼材の機械的性質に及ぼす影響を検討するため、入熱量をさまざまに変化させてレーザー処理した鋼板引張試験を実施した。また、レーザー処理による試験体の熱影響部と硬さ分布をエッチング試験とビッカース硬度測定により検討した。

2. 試験方法 試験体の供試鋼材には、普通鋼 JIS G3106 SM400A (400×60×12mm) と JIS G3106 SM490A (400×60×9mm) を用いた。これらを JIS Z2201 1 号 A 試験片の規格に基づき加工した。本試験におけるブラスト施工条件のパラメータは、既往の研究¹⁾に基づき、研削材、投射の圧力、距離、角度および時間をそれぞれフェロニッケルスラグ、0.7N/mm²、30cm、60°および 10sec. とした。レーザー処理条件とレーザー照射方法をそれぞれ表-1 と図-1 に示す。これらのレーザー処理の条件は、実際に現場で使用可能な出力に基づき決定した。なお、レーザー処理は鋼板を試験体の形状に加工した後に行った。両面処理の場合は、片面処理後試験体が常温に戻ってから裏面をレーザー処理した。本試験では、SM400A の試験体については、ブラストのみ、条件 C の両面処理および条件 C の片面処理とした。また、SM490A の試験体についてはブラストのみ、条件 A の両面処理および条件 B の両面処理の 3 種類とした。引張試験は前述の試験体を各 3 体ずつ用いて実施した。塑性域ひずみゲージと変位計には、それぞれ (ゲージ長: 2mm) と π 型ゲージ (標点間距離: 200mm) を用いた。引張速度は 0.03mm/sec.、降伏応力は上降伏点とした。ヤング率、ポアソン比および伸びは、載荷開始から降伏までの各測定点でそれぞれ算出して、各測定値の平均値とした。引張試験に加えて、レーザー処理による試験体の熱影響部と硬さ分布を検討するため、エッチング試験とビッカース硬度の測定を行った。

3. 試験結果 引張強度試験の結果をそれぞれ図-2 に示す。また図-2 の応力-ひずみ曲線から得られた、各試験体の引張強度 σ_{max} 、降伏応力 σ_v 、ヤング率 E、ポアソン比 ν および伸び G を図-3 に示す。これらの値について CN に対する CLB の比は、それぞれ 2.13, 3.15, -0.976, -8.49 および -2.82% となっている。また、ABN に対する ALB の比は、それぞれ 13.5, 16.9, -16.4, -8.39 および -25.9% となっており、ABN に対する BLB の比は、それぞれ 13.2, 16.3, -4.57, -3.69 および -29.3% となっている。条件 C はブラスト処理の場合に比して、ポアソン比は約 -8% であるが、これ以外の値の差異は 5% 以下であるため、レーザー処理が鋼材の機械的性質にほとんど影響を及ぼさないとと言える。条件 A と条件 B についてはブラスト処理の場合に比して σ_{max} と σ_v が 15% 程度増加し、G はともに 30% 程度小さくなっている。これはレーザー処理の熱で鋼材表面が硬化した影響であると考えられる。レーザー処理した鋼材断面の硬さ分布を図-4 に示す。条件 A は表面から 600 μ m 程度、条件 B は表面から 200 μ m 程度までの硬度が熱影響部以外の硬度に比してそれぞれ 13%, 36% 程度高くなっている。一方、条件 C については表面付近から深部までの硬度が同程度である。条件 A と条件 B は、照射密度が高いため、熱で表面付近を硬化させるが、条件 C の照射は、照射密度が小さいため、レーザーの熱が鋼材にほとんど影響を与えないことが確認される。また CNB の σ_{max} 、 σ_v 、E、 ν および G に対する CLO の比はそれぞれ 1.05, 1.24, -6.45, -7.32 および -6.06% となっている。 σ_{max} と σ_v の差異は 5% 以下であるため、片面処理と両面処理の鋼材の機械的性質には有意差はないと考えられる。

表-1 レーザー処理条件

Laser Condition	Energy Density $\times 10^3$ (J/cm ²)	Power Density $\times 10^3$ (kW/cm ²)	Scanning speed (cm/s)	Laser output (kW)
A	3.08	2.07	209	2.0
B	1.74	1.38	367	2.0
C	0.60	0.52	733	3.0

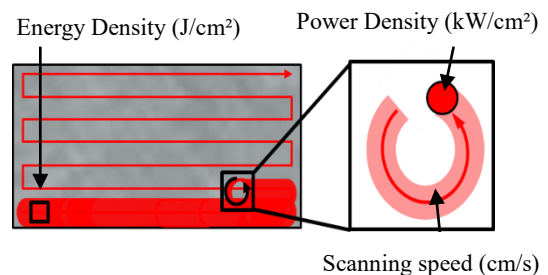
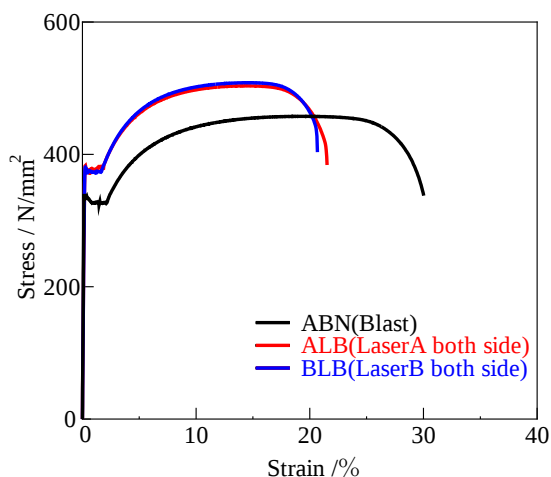
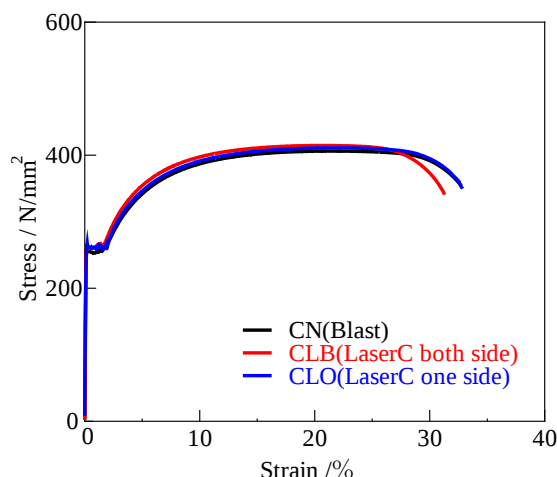


図-1 レーザー照射方法

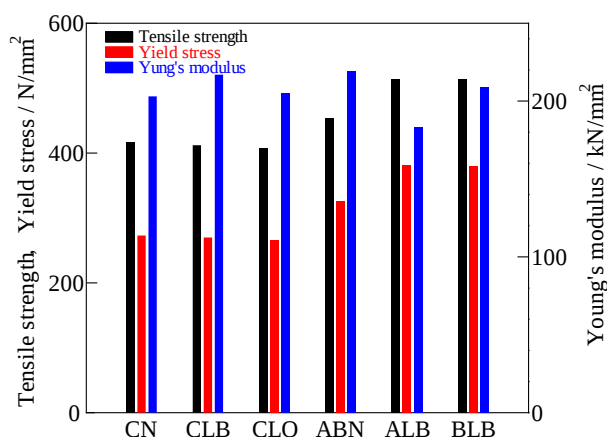


(a) SM490A 試験体

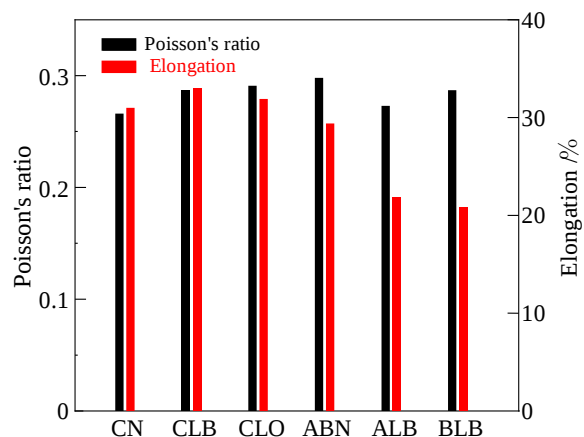


(b) SM400A 試験体

図-2 引張試験の結果(応力-ひずみ関係)



(a) 引張強度、降伏応力およびヤング率の平均値比較



(b) ポアソン比および伸びの平均値比較

図-3 引張試験の結果の比較

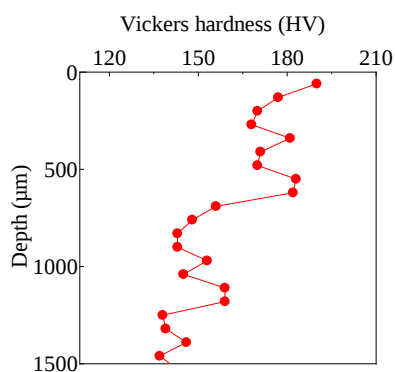
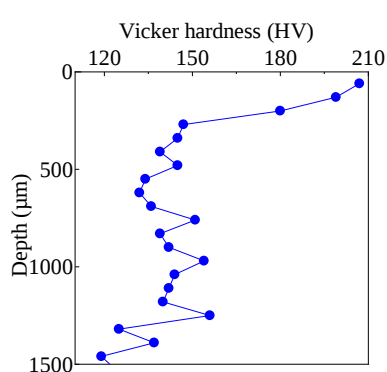
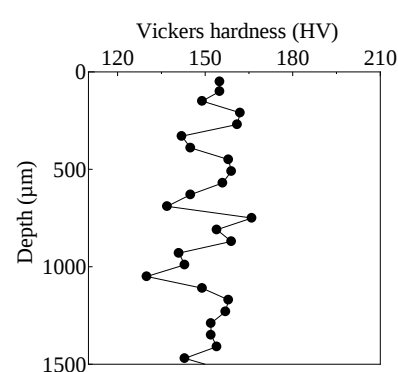
(a) 条件 A ($3.08 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$)(b) 条件 B ($1.74 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$)(c) 条件 C (600 J/cm^2)

図-4 試験体の断面の硬さ分布

まとめ 1)照射密度 600 J/cm^2 でレーザー処理した鋼板とブラスト処理した鋼板の差異は、ポアソン比を除きほとんどない。2)レーザー照射による熱影響深さが $200 \sim 600 \mu\text{m}$ 程度となる照射密度 $3.08 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$ と $1.74 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$ の場合の引張強度と降伏応力は、ブラスト処理に比して 15%程度高くなる。3)照射密度が $0.60 \times 10^3 \text{ J/cm}^2$ について、レーザー処理が片面の場合の機械的性質は、両面の場合とほぼ同等になる。

参考文献 1)キムアラン, 貝沼重信, 渡邊亮太, 池田龍哉, 小寺建史: ブラスト処理条件が鋼素地の表面性状と研削材の残留度に及ぼす影響, 鋼構造年次論文報告集, Vol25, No.107, pp737-742.