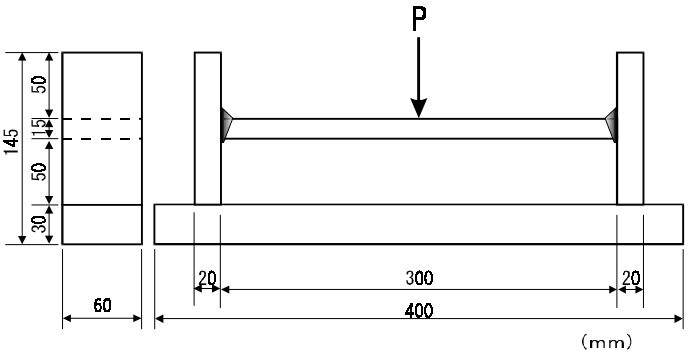
レーザ溶接継手の疲労試験

明星大学　正員　鈴木博之　ＩＨＩ　山岡弘人
ＩＨＩ　結城正弘　ＩＨＩ　正員　中西保正

1. はじめに　レーザ溶接では、1 パスで深溶け込みが得られることから、従来の溶接法とは異なる溶接継手設計が可能である。しかし、レーザ溶接継手の力学的性質に関するデータの数が少なく、実用化のためにはさらなるデータの蓄積が望まれている。本研究では、レーザ溶接継手と比較のための MAG 溶接継手を作製し、疲労の観点からレーザ溶接継手の性能について検討した。

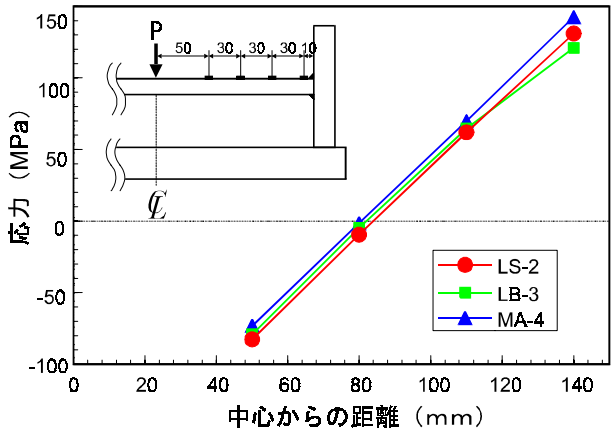
2. 実験方法　**図－1** に試験片形状を示す。使用鋼材は板厚 20mm および 14mm の SM490YB である。溶接に用いたレーザは 45kW の CO_2 レーザである。溶接はすべて水平すみ肉と同じ姿勢であり、シールド方法は He サイドシールドとした。当初は、ノンフィラー溶接により片側貫通継手を作成することとしていたが、試験施工の結果、継手には溶着量不足が生じており、高温割れも認められ、健全な継手が得られなかった。そこで、溶着量不足および高温割れの対策としてフィラーワイヤを用いたところ、マクロ的には健全な継手が得られ、疲労試験に供することとした。ここで、フィラーワイヤにはワイヤ径 1.2mm の YGT-50 を使用した。



図－1　試験片形状

レーザ溶接は１パスで深溶け込みが得られるが、表ビードと裏ビードの形状が異なる(**図－1,4** 参照)。そのため試験片には、表ビードに引張応力が生じるもの（LS シリーズ）および裏ビードに引張応力が生じるもの（LB シリーズ）の２種類の継手を用意した。また、比較のため MAG 溶接で両側から２パスのすみ肉溶接をした試験片（MA シリーズ）についても実験した。まず、疲労試験を行う前に試験片の応力分布を知るため、静的載荷試験を行った。なお、ひずみゲージは全て載荷面側に貼付した。静的載荷試験の荷重は 9.8ｋN とした。疲労試験は３点曲げとし、下限荷重 1.96ｋN の正弦波で行った。周波数は 5～10Hz である。なお、使用した試験機は動的能力±49ｋN の油圧式疲労試験機である。

3. 実験結果および考察　**図－2** に各シリーズの静的載荷時(P=9.8kN)の応力分布の例を示す。この図から、MA-4 の継手部近傍の応力は、LS-2 に比べ 8%程度、LB-3 に比べ 15%程度高いことがわかる。また、各シリーズにおける全試験片の継手部近傍の応力を平均したところ、LS で 134.7MPa、LB で 135.0MPa、MA で 147.2MPa であり、LS と LB に有意な差はなかったが、MA は LS、LB に比べて 8%程度高いという結果が得られた。今回の実験では、ひずみゲージを試験片の中心からの距離を測って、全試験片同一の位置に貼付したため、溶接ビードの大きさの違いにより、各試験片で溶接ビード止端部から溶接ビード直近のひずみゲージまでの距離が異なる結果となった。また、溶接ビードの大きさは MA が一番大きく、次いで LS、LB の順となっている。そのため、溶接ビードが一番大きい MA で、溶接ビード止端部から溶接ビード直近のひずみゲージまでの距離が一番短く

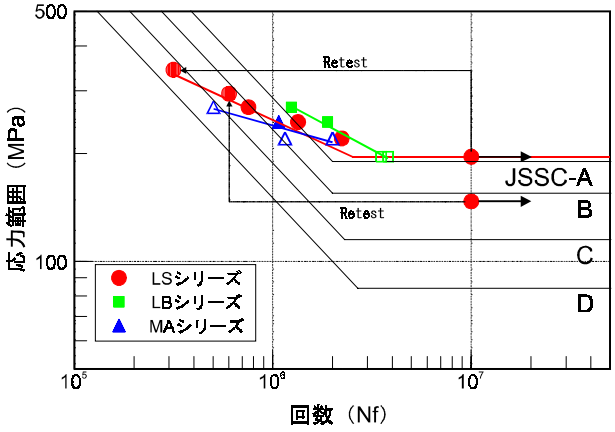


図－２　静的載荷時の応力分布（P=9.8kN）

キーワード：レーザ溶接、疲労
連絡先：〒191－8506　東京都日野市程久保２－１－１、TEL&FAX：042－591－9645

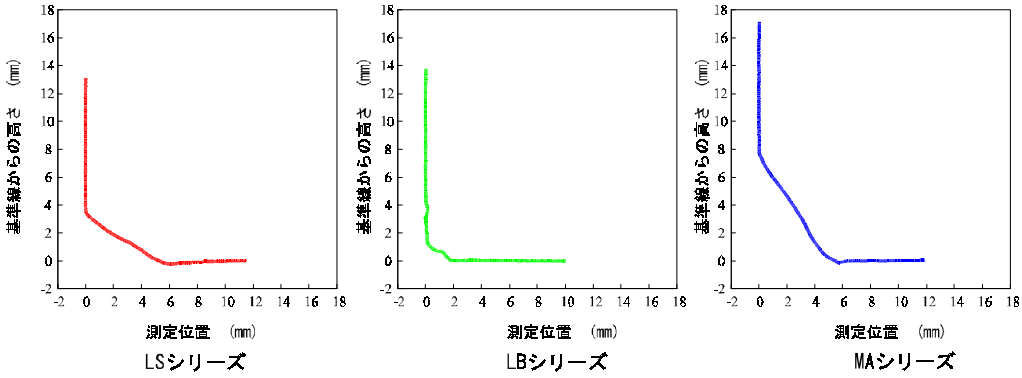
なり、継手部近傍の応力が一番高くなったものと思われる。

図－3 に LS、LB、MA シリーズの S－N 線図と、日本鋼構造協会の疲労設計指針[1)]の継手強度等級 A～D を示す。疲労設計指針では、引張、圧縮を受けるすみ肉溶接継手には、D 等級が適用される。今回の実験においては、継手には面外曲げが作用しているが、溶接継手部近傍に限れば、引張、圧縮を受けていると考えてよいと思われるので、本稿では D 等級を用いて比較、検討する。なお、図中の黒塗りのシンボルは、試験片が破断したものであり、白抜きのシンボルは、溶接継手部全周にき裂が生じ、疲労試験前に比べ継手部の応力が著しく低下したため、試験を終了したものである。また、LS の応力範囲 300MPa および 325MPa の試験片は、一度低応力範囲で 1,000 万回まで繰り返したが、静的載荷試験を行った結果、応力分布が疲労試験前とほぼ変化が無かったため、き裂が発生していないものと判断し、再載荷したものである。この図より、LB の疲労強度が一番高く、LS と MA の疲労強度は、LB より低いが、LS と MA の疲労強度に有意な差はなく、いずれの試験片も日本鋼構造協会の疲労設計指針の D 等級を満たしていることがわかる。また、実構造物に生じている応力を考えると、SM490YB の許容応力度は 210MPa であり、210MPa に対応するくり返し数はいずれのシリーズの試験片においても 100 万回を超えており、JSSC の疲労設計指針の B 等級を満たしている。レーザ溶接継手に限れば、A 等級を満たしている。活荷重による応力が許容応力度のすべてを占めることは無いから、レーザ溶接されたすみ肉溶接継手の疲労等級は、実用上 A 等級を十分満たしているとみなしてよいものと思われる。



図－3　S-N線図

図－4 に疲労試験に先立って実施したビード形状の測定結果を示す。ビード形状からは LS が好ましいように思われる。ビード止端から 2.5mm 離れた位置の残留応力は、MA が約 75MPa、LS が約 70MPa、LB が約 50MPa であり、LB が最も低く、LS と MA の差はわずか 5MPa 程度であった。これは疲労試験結果に対応している。



図－4　ビード形状

本研究で想定している構造は、鋼床版のデッキプレートとトラフリブとの溶接、箱桁の縦リブとフランジあるいはダイヤフラムとの溶接である。一般にこれらの部位の接合にはすみ肉溶接が用いられるため、未溶着部が残留することになり，継手性能上の弱点となっているが、今回のレーザ溶接は完全溶込みであり、この点においても MAG 溶接より優れているものと思われる。

4. まとめ

本実験から得られた結果は以下のとおりである。

（1）静的載荷試験の結果、MAG 溶接継手はレーザ溶接継手より溶接継手部近傍における応力が、8%程度高かった。また、LS シリーズと LB シリーズには、有意な差がなかった。

（2）疲労試験の結果、LB シリーズの疲労強度が一番高かった。今回の試験では、全試験片で JSSC の疲労設計指針の D 等級を満たしていた。また、許容応力度を考慮するとレーザ溶接されたすみ肉溶接継手の疲労等級は、実用上 A 等級を満たしているとみなしてよいものと判断された。

＜参考文献＞1)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、pp.5－8，1993.