

鋼構造物に生じたき裂のレーザ補修技術開発

(株) IHI 正会員 ○猪瀬幸太郎

(株) IHI 神林順子, 阿部大輔, 松本直幸, 杉野友洋

(株) IHI インフラシステム 正会員 大畑和夫

1. はじめに

既設の構造物を補修し、延命化を図る技術への期待は大きい。特に鋼構造物では、疲労などに起因するき裂の発生が問題視されており、その合理的な補修技術が求められている。本研究ではレーザ光を熱源として用い、き裂が発生した部位を溶融再凝固する事によってき裂を除去する補修技術の基礎検討を行った。

2. 実験と考察

レーザ光によるき裂除去施工の概念を図1に示す。レーザ光は光ファイバーによって施工部位まで伝送し、レーザトーチによって集光する。エネルギー密度を上げたレーザ光を照射し、き裂とその周囲を溶融する。また、き裂の周囲が腐食によって減肉している場合は錆や汚れを除去した後にき裂補修を行い、減肉部を肉盛り溶接して成形する。肉盛り溶接熱源にもレーザを用いるが、このとき溶接ワイヤを通電加熱するホットワイヤと併用すれば施工効率を上げる事ができる。加工点におけるレーザ光の直径(スポット径)を大きくする事により、施工性(ねらい裕度)は向上する。しかし、スポット径を拡大した後も、エネルギー密度を保持するにはレーザ出力の増加が必要となる。発振器の性能や施工部位の板厚によってその最大径は制限される。

施工条件を表1に、用いた試験片を図2に示す。模擬き裂はワイヤーカットによって施工し、下向き姿勢、横向き姿勢の施工試験を行った。下向き施工では入熱が不足するとき裂が残存し、過大になると溶落ちが生じる。溶落ちが生じるとレーザを照射した面(表面)はアンダーフィルとなり、その深さは概ね裏面の溶落ちと比例する。そこで図3に示すように板の表面から溶融再凝固した金属の下端までの長さを板厚によって除した値を用い、施工後の断面形状を示す指標とした(H_{wL}/t)。同図に適正条件によって施工されたときの断面マクロを併せて示す($H_{wL}/t=1$)。図4に横向き姿勢の施工状況を示す。横向き姿勢は溶落ちが生じにくいことから下向きと比較すると施工は容易である。本研究では鋼材の板厚、材質、化学成分などが施工に及ぼす影響を検討した。一例として化学成分の影響を図5に示す。溶込みの深さは入熱量とともに増加し、適切な施工と言える $H_{wL}/t=1$ を過ぎると溶落ちが生じる。この $H_{wL}/t=1$ 付近の傾きが小さいほど、適正入熱の裕度が広く、施工が容易と評価される。本図からは、特に板厚が11mmの場合において、炭素含有量が少ない方の傾きが小さく、適切な施工条件を見つけ易い、すなわち施工性が良いと言える(図中■, □)。

施工した部位の金属組織は溶融凝固した金属、熱影響部、母材となることから、溶接継手と同様の性状を示す。そこでこの継手の性能を検証した。結果の一例として横向き姿勢において施工した継手の疲労強度を図6に示す。試験片の形状寸法はJIS Z3103に準拠して製作した。試験数量は6体ではあるが、その平均値はJSSC疲労強度D等級の平均曲線を満たすため、少なくともD等級相当と判断できる。引張試験、曲げ試験も実施したが、強度は母材相当(母材破断)であり曲げ試験後のPT検査においても割れが無い事を確認した。硬さの最大値はHV300であり、レーザ溶接継手として問題のない硬さである事を確認した。

3. まとめ

レーザ光を熱源として用い、き裂が発生した部位を溶融再凝固することによりき裂を除去する技術の基礎検討を行った。施工姿勢や対象とする材質および化学成分より適切な施工条件と施工裕度が異なる事を確認した。また、今回試験した範囲ではあるが、広義の溶接継手とも言える施工部位の基本的な継手性能を確認した。

キーワード き裂補修, レーザ, 施工性, 継手性能

連絡先 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番 TEL 045-759-2812

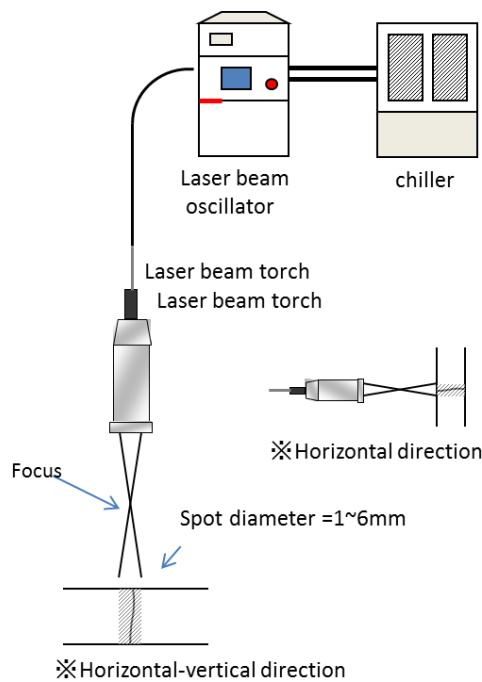


図 1 き裂レーザ補修施工概念

Table 1 Working condition

Laser Power	10-21KW
Welding speed	0.3-1.5m/min
Shield gas	Ar 0-20L/min
Spot diameter	1-6mm
Plate thickness	6-12mm
Working position	Horizontal-vertical Horizontal

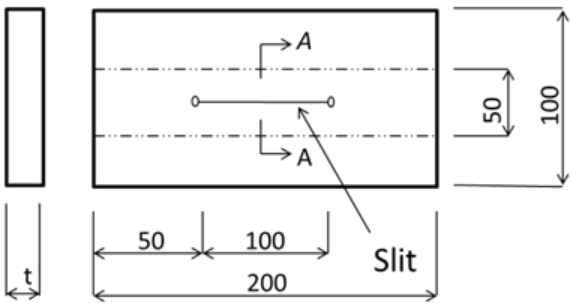


図 2 試験片形状寸法

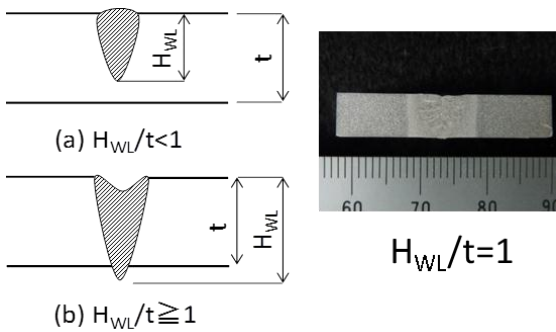


図 3 施工後の形状パラメータ



図 4 横向き姿勢施工状況

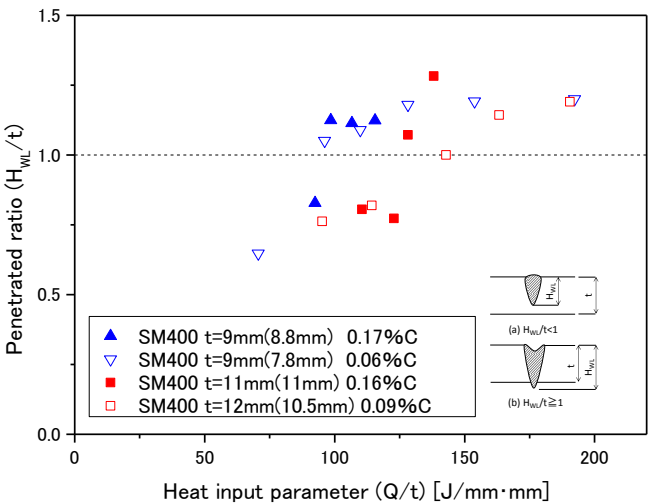


図 5 下向き姿勢施工例

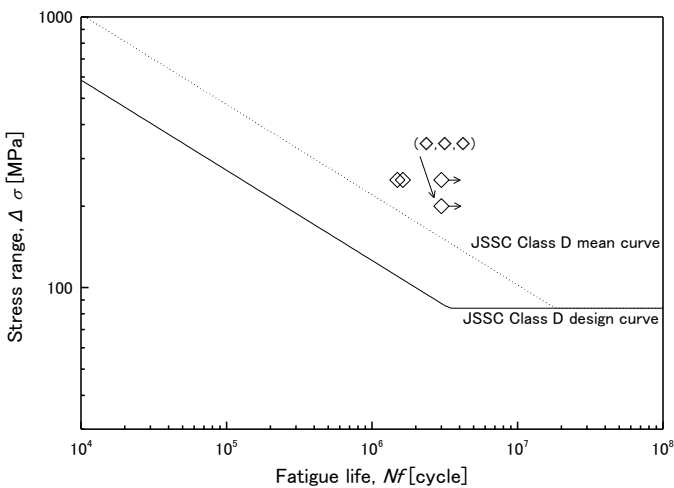


図 6 施工部位疲労試験結果
(横向き姿勢施工部位における例))