

レーザ・アークハイブリッド溶接継手の疲労強度

(株) IHI 技術開発本部 正会員 ○猪瀬幸太郎, 中西保正
 (株) IHI 技術開発本部 神林順子, 大脇 桂
 (株) IHI 社会基盤セクター 正会員 倉田幸宏

1. はじめに

レーザ・アークハイブリッド溶接は、溶接入熱の影響を低減できる次世代の溶接技術として期待されている。そこで、その実用化の取り組みの一環として、継手疲労強度確証のための研究を行った。本報では、そのうち縦方向ビード、鋼床版リブ溶接を模擬した継手の疲労試験結果について報告する。

2. 供試体の設計製作と疲労試験

主構造部材の設計において、特に疲労強度照査が重視されるのは荷重非伝達すみ肉溶接継手である。そこで筆者らは、まずこれを対象とする疲労試験を行い、レーザ溶接継手は所要性能を満たすことを示した¹⁾。今回は次の段階として、縦方向ビードを検討対象としている。継手のマクロ写真を Fig. 1 に、供試体の寸法形状を Fig. 2 に示す。供試体は I 断面の梁部材であり、疲労強度確証部位として下フランジと腹板とを接合する溶接ビードに着目した。载荷点の補剛材と下フランジの接面をメタルタッチ構造とすることで、この部位からの疲労き裂の発生を防止した。荷重はビード近傍に貼付したひずみゲージによって管理している。

今回試験を実施した 3 体すべての供試体において、着目するビードからは疲労き裂は発生せず、下フランジの端面など、別の部位からき裂が発生した。供試体剛性が著しく低下し、载荷が困難になった時点の繰返し数を Fig. 3 に示す。また、図中には参考として荷重非伝達すみ肉溶接継手の疲労強度も示す。継手着目した縦方向ビードの疲労強度は疲労強度 D 等級を満たしていることから、少なくともアーク溶接を用いて施工した継手と同等の疲労強度を有していると判断した。

次に鋼床版リブ溶接への適用を想定した疲労試験を実施した。Fig. 1 に試験要領を示す。実験で用いた供試体や試験要領の妥当性の確認は文献[2]に示している。本研究では、レーザ・アークハイブリッド溶接を用いるだけでなく、溶接材料や溶込み形状の改良も行っている。Table 1 に用いた溶接材料の化学成分を示す。本溶接材料は Ni, Cr, が添加されており、力学的熔融温度より低い温度で相変態による膨張が生じる。このため従来の溶接材料を用いた継手と比較すると、溶接変形や残留応力が低い。Fig. 5 に疲労試験後の継手のマクロ写真を示す。疲労き裂はルート部の溶接金属から発生し、母材へと進展していることが見て取れる。非貫通のレーザ溶接継手では溶接金属の先端部付近にポロシティが発生し易いことが知られている。ポロシティは球状欠陥であるため、単独で存在し、かつ X 線透過試験 (JIS Z 3104) 1 種 1 類に相当する大きさであれば、継手強度や疲労強度への影響はない。しかし疲労き裂の起点であるルート部や、き裂の伝播経路にポロシティが発生した場合、疲労強度を損なうことも予測される。そこで溶込みを深くし、溶接金属の先端部とルート部と外している。疲労試験結果を Fig. 6 に示す。試験ではルートから 5mm はなれた位置で計測されたひずみ範囲が 15% 減じた時点のみかけの破断と定義した。また図中には従来の継手強度も示している²⁾。改良したレーザ・アークハイブリッド溶接継手 (図中○印) は概ね $(\Delta \sigma)^3 \cdot N = 2 \times 10^6 \cdot 100^3$ (JSSC D 等級に相当) で示される他の継手と比較すると 2 倍以上の疲労強度寿命を有する事が見て取れる。

3. まとめ

本研究の範囲では、レーザ・アークハイブリッド溶接を用いて製作した縦方向継手は少なくともアーク溶接を用いた場合と同等の疲労強度を有していることを確認した。さらに鋼床版リブ継手を模擬した小型供試体試験では、溶接材料に低変態温度溶材を用い、レーザ・アーク溶接によって深溶込みを得た継手の疲労寿命は、従来の 2 倍以上であることを確認した。

キーワード レーザ・アークハイブリッド溶接, 疲労強度, 縦ビード溶接継手, 鋼床版

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

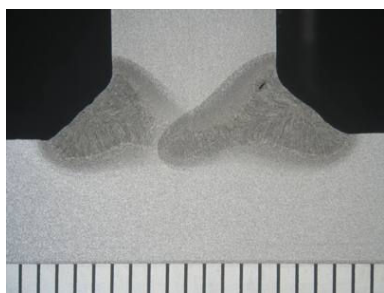


Fig. 1 Macrograph of laser beam welded
Fillet joint

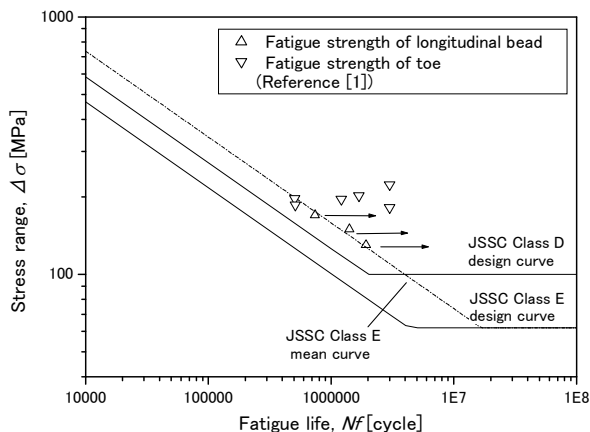


Fig. 3 Fatigue strength of toe and
Longitudinal bead

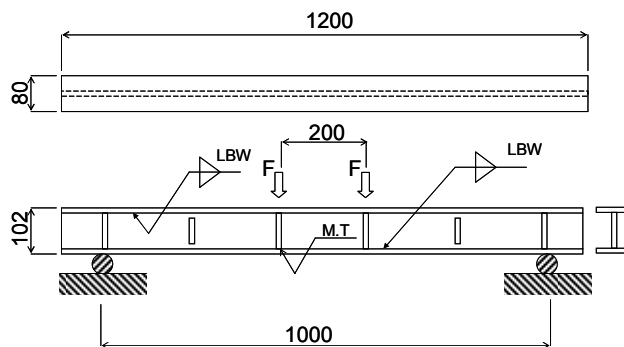


Fig. 2 Specimen for longitudinal bead

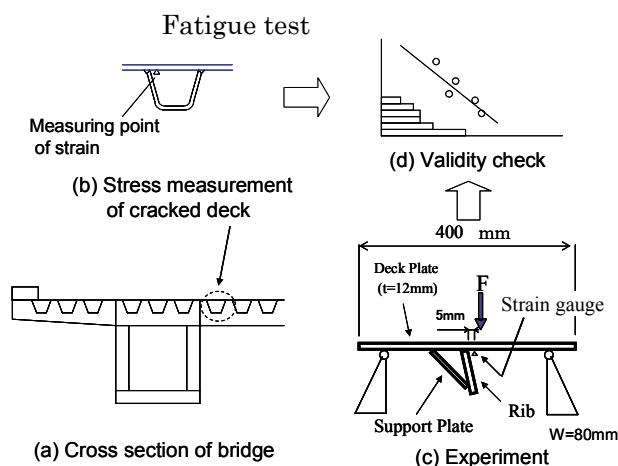


Fig. 4 Reproducing fatigue crack of metal
deck using small size specimen

Table 1 Chemical compositions (%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N	O
LTT welding wire	0.057	0.49	1.71	0.008	0.005	3	12.1	0.006	0.09

※ LTT welding wire; Low Transformation temperature welding wire

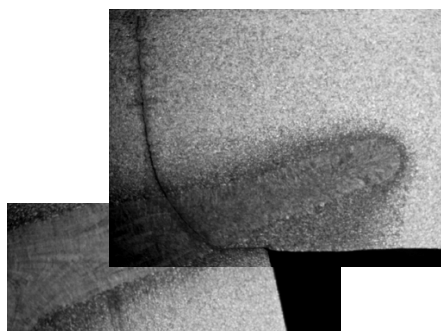


Fig. 5 Reproducing of fatigue crack at metal deck
welded joint

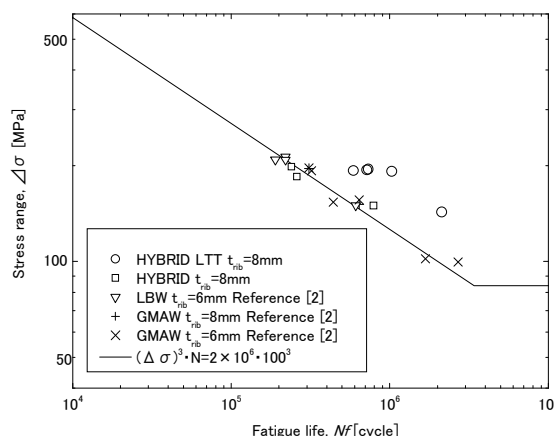


Fig. 6 Fatigue strength of prototype joint

参考文献

- [1] INOSE Koutarou, KANBAYASHI Junko, OOWAKI Katsura, SUGINO Tomohiro, TAGAMI Minoru, NAKANISHI Yasumasa, Study for application of Laser-arc hybrid welding for steel structure, Preprints of the national meeting of J.W.S, No.82, pp.198-199 (2008)
- [2] INOSE Koutarou, SAITO Shiro, KANBAYASHI Junko, SUGINO Tomohiro, NAKANISHI Yasumasa, Application of Laser beam welding for metal deck-bridge, Preprints of the national meeting of J.W.S, No.81, pp.54-55 (2007)