

鋼床版 U リブ溶接部へのレーザーアークハイブリッド溶接補修の適用性の検討

芝浦工業大学 学生会員 ○大庭 潤輝
 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾
 エム・エムブリッジ(株) 正会員 古田 大介

1. 背景と目的

鋼床版デッキプレートと U リブ溶接部の疲労き裂には、ルート部を起点としたデッキ進展き裂 (TypeA) とビード進展き裂 (TypeB) の二種類の疲労き裂が確認されている。本研究ではこれらの2種類のき裂に対する溶接補修の一手法として、図-1に示すようにき裂が存在している状態で、き裂の再溶融を目的としたレーザーアークハイブリッド溶接補修の適用性を疲労試験を用いて検討した。

2. 試験体および疲労試験方法

本研究で用いた試験体を図-2 に示す。使用鋼材は SM490、デッキプレート厚は 12mm、リブ厚は 6mm である。TypeA 試験体ではデッキの 4 点曲げによりデッキ進展き裂を、TypeB 試験体ではリブに面外曲げを与え、ビード進展き裂を発生させた。同図に示すように TypeA 試験体は溶接部裏側のデッキプレート上に、TypeB 試験体は溶接ビード上にひずみゲージを貼付しき裂進展の検知を行った。所定のひずみ変化時に疲労試験を中断し、溶接補修を施して再度疲労試験を行い、補修前後の疲労強度の比較を行った。レーザーアークハイブリッド溶接の溶接条件は TypeA, TypeB 試験体共にレーザー出力 8kW、設定電流 170A、溶接速度 1.0m/min にて行い、補修溶接の終始端が残らないようにエンドタブを取り付けて補修溶接を行った。

3. デッキ進展亀裂 (TypeA) の補修効果

図-3 に TypeA 試験体の疲労試験結果を示す。き裂導入疲労試験では疲労試験終了時の繰り返し回数を示し、補修後の疲労試験では破断時とひずみゲージの最大ひずみ変化率がき裂導入試験終了時と同程度 (約 50%) となる繰り返し回数を示している。なお、同図には UT 法により調査したき裂導入時の最大き裂深さも示している。補修後の試験体の破断寿命を見ると、Spec6 では JSSC の D 等級を若干下回っているが、他の試験体は Asweld の試験体と同程度の D 等級を満足していた。

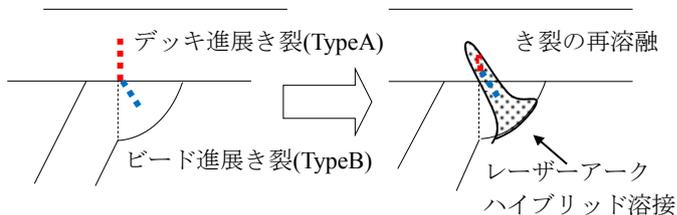


図-1 ハイブリッド溶接補修によるき裂の再溶融

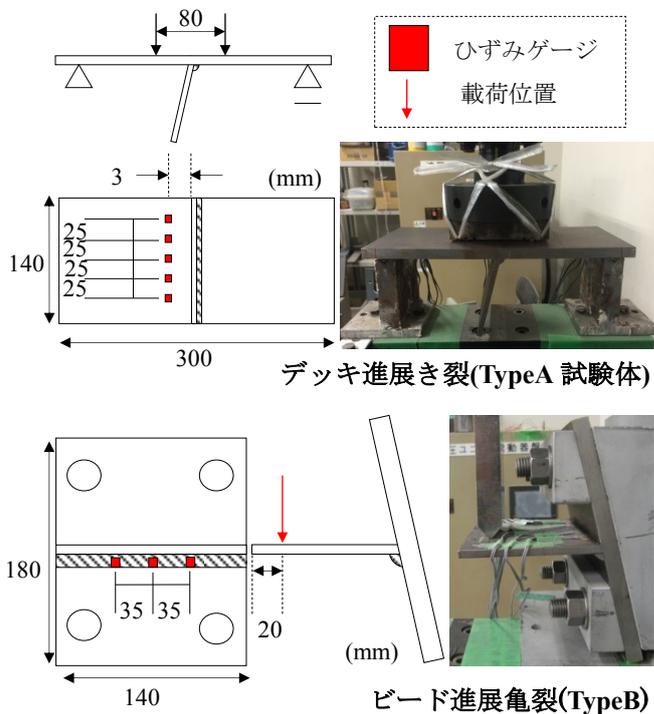


図-2 疲労試験体および疲労試験状況

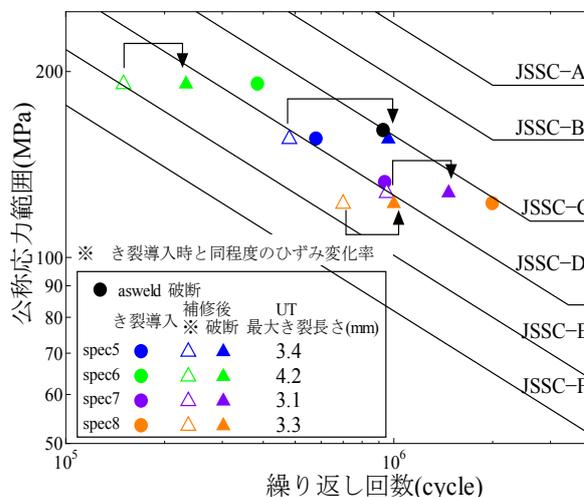


図-3 TypeA 疲労試験結果

Asweld 試験体のき裂導入試験終了時のひずみ変化と同程度のひずみ変化時の繰り返し回数で比較すると、Spec5 と Spec7 では補修前後と同程度であるが特に、Spec6 では補修後の繰り返し回数が大きく低下した。図-4 に Spec5 と Spec6 試験体で得られたひずみ変化を示す。最も導入き裂が大きかった試験体 Spec6 のき裂導入時は徐々にひずみが低下したが、補修後では荷重 10 万回程度からひずみ変化が急激に 50%程度まで減少した。図-5 に Spec6 の疲労破面及び試験体中央部のマクロ観察結果を示す。ルート部から 4~5mm 位置に茶色く変色した部位が観察された。図-3 に示した UT の結果から、破面の変色部が溶接補修時に再溶融できなかった残存き裂である可能性が挙げられ、残存き裂の存在により補修後の疲労試験で再溶融部が早期に破断したため急激にひずみが増加したものと考えられる。

4. ビード貫通亀裂(TypeB)の補修効果

き裂導入試験と荷重振幅をほぼ同程度として補修後の疲労試験を行った。図-6 に TypeB 試験体の疲労試験結果を示す。なお、同図には Asweld 試験体及び Asweld 試験体にレーザーアークハイブリッド溶接を施した試験体の疲労試験結果を合わせて示している。補修溶接を行うことにより、大きく疲労寿命が向上しており、溶接まま試験体の破断寿命の 3 倍以上の疲労寿命が得られた。また、溶接まま試験体にハイブリッド溶接を施した場合と同程度の疲労寿命が得られ、500 万回でひずみの変化が見られず未破断であった。図-7 に試験体 Spec10 と Spec17 の中央部マクロ観察結果を示す。Spec10 ではルート部に気泡を巻き込んだような部位が見られているが、導入したき裂が完全に再溶融されていることが分かる。また、ハイブリッド溶接により、溶接ビードが大きくなり、溶け込みも大きくなることが高い疲労強度が得られた要因であると考えられる。

5. まとめ

ハイブリッド補修溶接を行うことでデッキ進展き裂に対して 1 体を除き溶接補修前後で概ね疲労強度の回復が見られた。ビード進展き裂に対してはき裂導入の有無に関わらず疲労強度が大きく向上し、Asweld 試験体より 3 倍以上の疲労寿命の結果が得られた。但し、TypeA 試験体で残存き裂が確認され、き裂深さなどの適用限界を含めた溶接条件の検討が更に必要である。

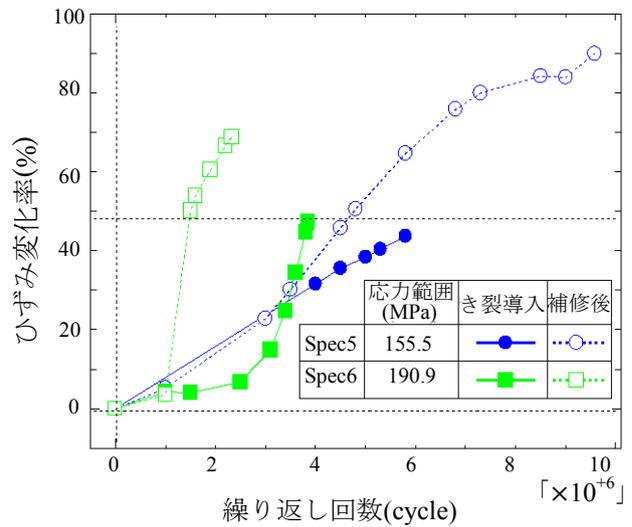
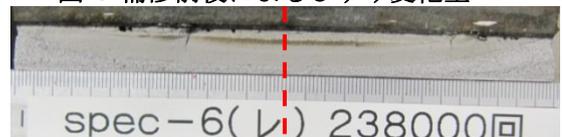
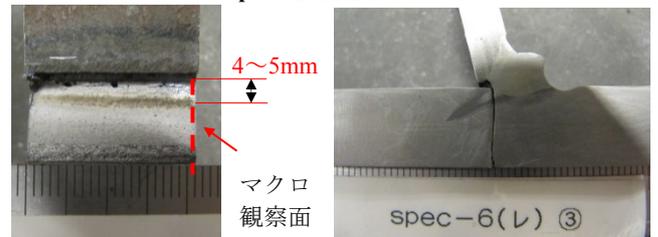


図-4 補修前後によるひずみ変化量



Spec6 疲労破面



中央部付近試験体

中央部断面マクロ

図-5 TypeA 試験体破面と断面マクロ観察

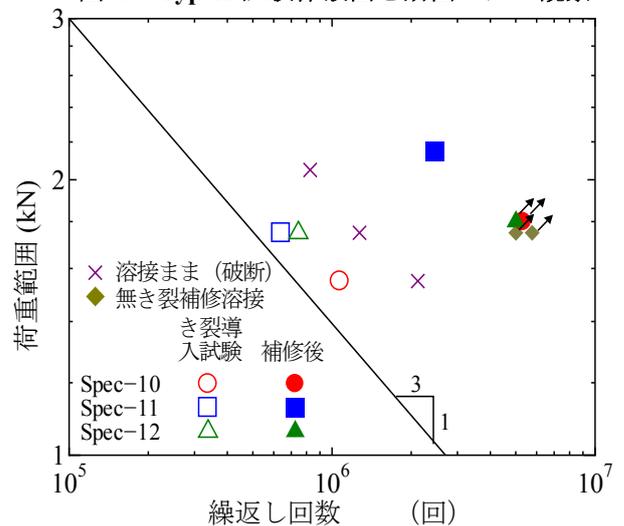
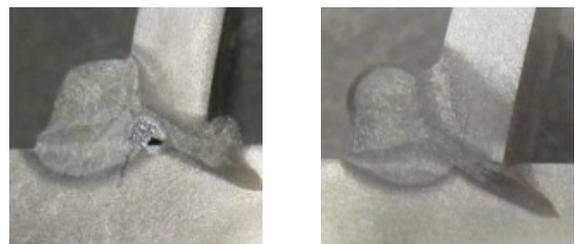


図-6 ビード進展き裂 (Type-B) 疲労試験結果



Spec-10(き裂導入後補修)

Spec-17(き裂導入せず補修)

図-7 試験体溶接部中央断面観察