

鋼床版トラフリブ構造の溶接ルート部の TIG 再溶融による疲労強度向上効果

芝浦工業大学 学生会員 ○及川和真 村上夏輝 正会員 穴見健吾
MK エンジニアリング (株) 正会員 竹淵敏郎
川田工業 (株) 正会員 津山忠久 小谷祐樹

1. 背景・目的

近年、鋼床版橋梁での鋼床版デッキプレートとトラフリブ(以下 U リブ)の溶接ルート部を起点とした疲労き裂が報告されており、維持管理において特に対策が必要といえる。対策としていくつかの手法がある中、ルート部を溶融し溶融部を滑らかにすることで応力集中を低減する手法が考えられる。本研究では、一般部と交差部を対象とした継手試験体を製作し、溶接ルート部に TIG 処理を施し疲労強度向上効果を検討した。また、再溶融形状が疲労強度に及ぼす影響を検討することを目的に二次元 FEM 解析を行った。

2. 疲労試験概要

(a) 四点曲げ疲労試験概要 (一般部)

デッキプレートと U リブ溶接部を模擬した一般部試験体の寸法と試験体のゲージ位置を図 1 に示す。疲労試験は図 2 に示す油圧ターボ試験機 (最大载荷能力 20kN) を用いて、下限荷重を 1kN と一定とした 4 曲げ疲労試験を実施した。使用鋼材は SM400A を使用し、本溶接溶け込み量は 75%以上とした。図 3、図 4 に処理部近傍のマクロ写真を示す。図 3 は TIG 処理時に未溶着部を 1mm 程度残存させた TIG 試験体、図 4 は TIG 処理時にルート部を完全に溶融し、未溶着部が残存しないように施工した TIG F 試験体の 2 種類を製作した。なお、TIG 処理を施した試験体では本溶接止端部からき裂が発生することが考えられたため、本溶接止端部にグラインダー処理を施し (TIG Gr) 疲労試験を行った。

(b) 板曲げ疲労試験概要 (横リブ交差部)

横リブ交差部を模した試験体を図 5 に示す。TIG 処理部については、一般部試験体の TIG F 試験体と同様な条件で製作した。疲労試験は試験体中央から発生したき裂が試験体中心から 50mm までき裂が進展し、エナメル線が断裂した時点を試験終了とした。板曲げ疲労試験の応力比はおよそ 0 の状態で実施した。

3. 疲労試験結果

図 6 に一般部の四点曲げ疲労試験結果と交差部の板曲げ疲労試験結果を併せて示す。溶接まま試験体において、横リブによる応力集中の影響で交差部試験体 (JSSC E 等級付近) は一般部試験体 (JSSC C~B 等級) よりも 2~3 等級程度低いデータとなっている。しかし、両試験体ともに TIG 処理により大きな疲労強度向上効果が得られており、一般部では 2~3 等級程度の向上がみられ A 等級

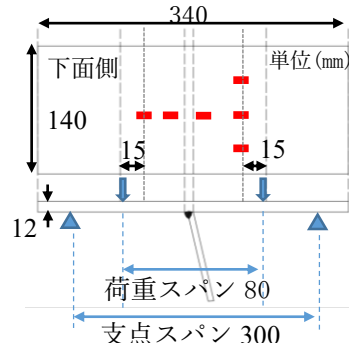


図 1 一般部試験体寸法



図 2 4 点曲げ疲労試験

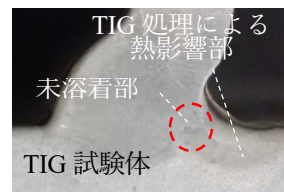


図 3 TIG 試験体

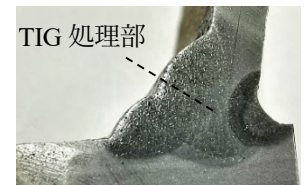


図 4 TIG F 試験体

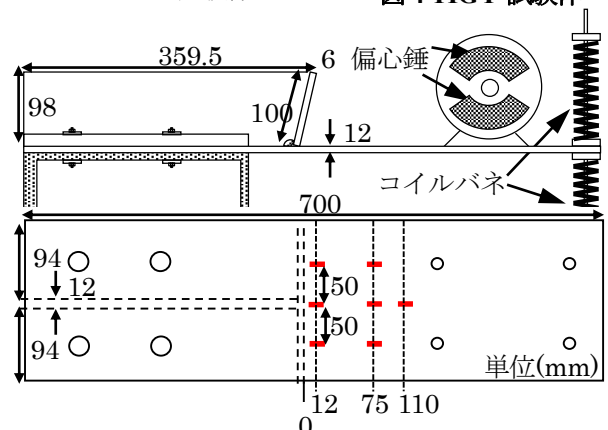


図 5 交差部試験体寸法

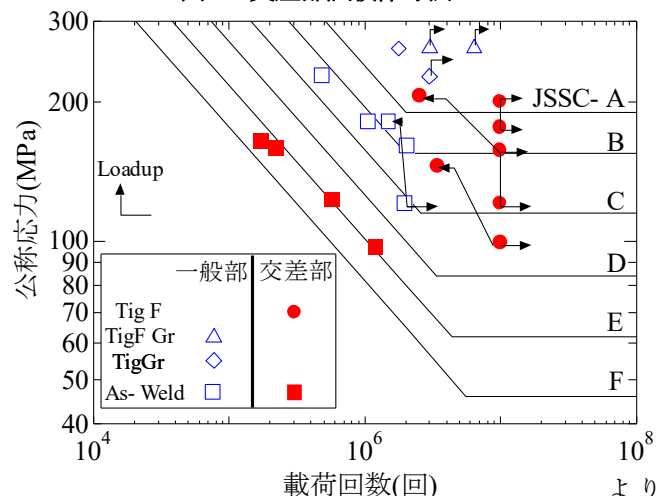


図 6 疲労試験結果 (SN 線図)

キーワード：鋼床版、デッキ進展き裂、TIG 処理、疲労強度向上

連絡先：〒135-8578 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 e-mail: anami@sic.shibaura-it.ac.jp

も疲労強度が大きい位置にプロットされており、交差部においても3等級程度以上の疲労強度向上効果が得られた。

図7に一般部試験体と交差部試験体の、発生した疲労き裂位置と破面を示す。一般部試験体のき裂発生位置は、溶接まま試験体では溶接ルート部から、TIG処理試験体では現状TIG処理部表面のみからき裂が発生した。同様に、交差部試験体は応力集中の大きくなる横リブ交差位置から疲労き裂が発生しているが、一般部試験体同様に、溶接まま試験体では溶接ルート部から、TIG処理を施した試験体ではTIG処理部表面から疲労き裂が発生していた。

4.溶接形状による応力低減効果への影響

溶接ルート部を再溶融することで疲労強度が向上することが以上の疲労試験結果より明らかになった。そこで、溶融部に残存する未溶着部の影響を検討することを目的として、一般部試験体を対象に二次元FEM解析を行った。FEMモデルを図-8に示す。残存する未溶着部と溶融部との水平距離を「溶着長さ」と定義し、残存未溶着長さを1.3mm、未溶着長さを2mmとし、溶融部の曲率半径をTIG溶融による溶融部形状の測定平均値である2.26mmの正円としてリブ背面に接するように溶融部表面を作成した。この処理部表面形状を一定として「溶着長さ」を2mmから1.5mm, 1.05mmと変化させて溶融部や溶接ルート部の応力変化を検討した。止端部、ルート部、溶融により生じる新たなルート部にはR=0.25mmの仮想円孔を設けた。

図-9に各着目点における応力変化、および溶着長さ2mmおよび1.05mmの場合の未溶着部・溶融部近傍の最大主応力の分布を示す。溶接ルート部は溶接ままと比較して、溶接ルート部を溶融することによりルート部応力が大きく低減しており、溶融長さが大きい方がその効果は大きい。一方で本溶接止端部の応力は、溶接ルート部を溶融することでリブと主板の結合長さが大きくなり、リブに力が伝達されやすくなるため若干ではあるが増大しているが、検討の範囲内では溶着長さには大きな影響は受けていないと考えられる。溶融部の応力は溶着長さに大きな影響を受けていないが、溶融することにより新たに生じる背面側ルート部は溶着長さが小さくなるほど応力が急激に上昇しており、また元の溶接ルート部よりも大きな応力が生じている傾向がある。本研究のTIG処理試験体で見られたき裂は、未溶着部が残存する試験体においてTIG処理部表面から発生していた。溶着長さが小さいと、処理によって新たに生じた背面側ルート部からき裂が発生し、溶融部を切断することも考えられる。溶融部をき裂が切断すると溶接ルート部の応力状態は溶接ままの状態と同等となり疲労強度向上効果が得られないと考えられるため、十分な溶着長さを確保する必要があると考えられる。

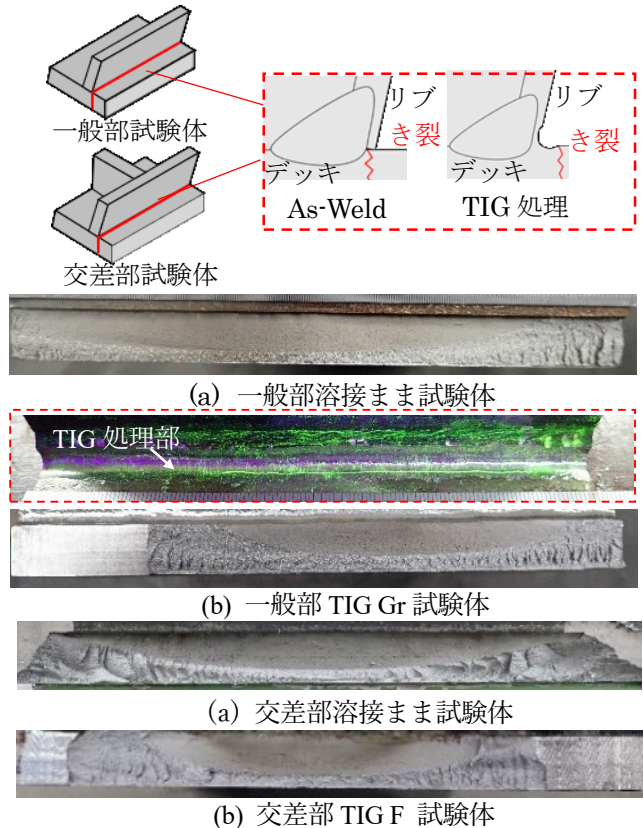


図7 試験体き裂位置・疲労き裂破面

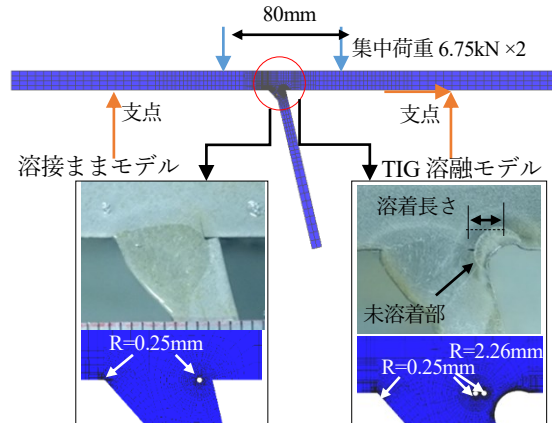


図8 解析モデル(一般部モデル)

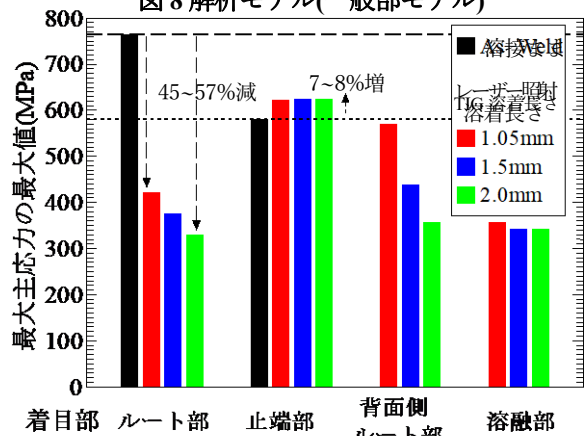


図-9 解析結果 (一般部モデル)