

Uリブと横リブのすみ肉溶接から発生するき裂への ICR 処理の適用

名城大学 ○安福 友浩 名古屋大学 正会員 山田 健太郎, 石川敏之 学生会員 村井啓太

1. 序論

鋼床版の疲労損傷の1つとして、図-1に示すようなUリブと横リブ交差部のすみ肉溶接において疲労き裂が発生している。このき裂は、鋼床版上を走行する車のタイヤがUリブの重心に対して偏心載荷されることでUリブがねじれるが、交差部ではUリブウェブの面外変形を横リブが拘束するため、まわし溶接部に面外曲げの応力が繰り返し生じることによって発生すると考えられる。き裂が進展してUリブを貫通すると補修が大掛かりとなるため、早期段階での簡易な補修が望まれる。本研究では、低コストで簡易に施工できる補修方法である、衝撃き裂閉口処理¹⁾(Impact Crack Closure Retrofit Treatment, ICR 処理)をUリブと横リブ交差部に発生するUリブ貫通き裂に対して適用し、その効果の検討を行った。

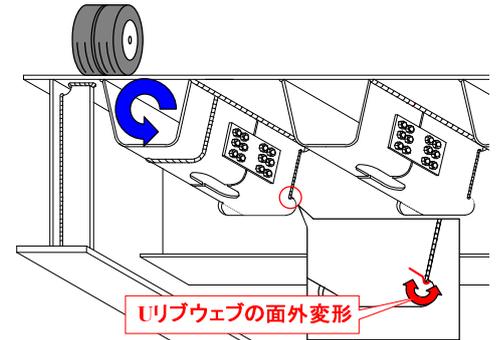


図-1 Uリブと横リブの交差部

2. 衝撃き裂閉口処理

衝撃き裂閉口処理(ICR 処理)とは、き裂が発生した箇所近傍の母材を1~2往復叩いて鋼材表面を塑性流動させ、き裂を閉口させることにより、き裂の進展を停留または遅延させる工法である。ICR 処理の施工には、先端の平坦な面が4×5mm程度に角が丸みを帯びるように加工したタガネを取り付けたエアーツール(フラックスチッパー)を用いた。



(a) フラックスチッパー (b) タガネの先端

図-2 ICR 処理に用いる工具

3. 疲労試験体と疲労試験方法

本研究で、図-3に示すように母材をUリブ、ガセットを横リブとしてモデル化した面外ガセット試験体(SM490)を用いた。母板厚を6mm、ガセット厚を12mmとした。試験体1体につき3枚のガセットを脚長6mmですみ肉溶接している。試験体には、溶接止端から幅方向に65mm、長手方向に50mm離れた位置にひずみゲージを貼付した。止端から50mmの位置の応力を梁理論で得られる応力分布勾配を用いて外挿することにより、溶接止端位置の公称応力範囲を求め、評価に用いた。疲労試験は板曲げ振動疲労試験機²⁾を用いて両振りの板曲げを与えた。

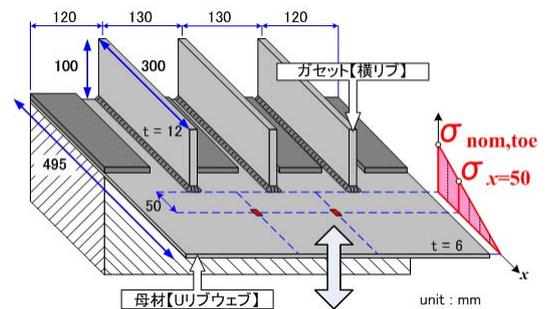
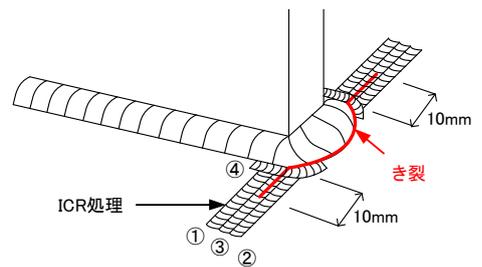
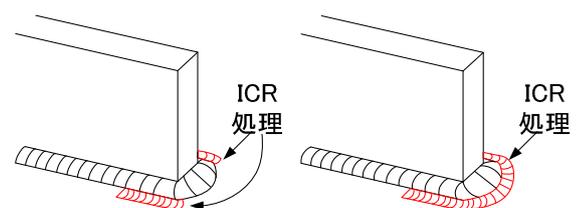


図-3 疲労試験体

まわし溶接止端に発生した疲労き裂は、止端部に沿って進展し、その後止端を離れて母材へ進展する。疲労き裂が溶接止端を離れて10mm進展した段階の繰返し回数を N_{10} と定義する。き裂が20mm進展した段階、または母材を貫通した段階を破断 N_f と定義し、試験を終了した。



(a) N_{10} +ICR



(b) as-welded+ICR-side (c) as-welded +ICR-all

図-4 ICR 処理方法

ICR 処理によるき裂の補修は、図-4に示すように、 N_{10} の段階で、図に示した順番で叩いてき裂を閉口した(以下、 N_{10} +ICR と

呼ぶ)。き裂の進展が予測される方向に 10mm 程度余分に ICR 処理を施した。止端部のき裂に対してまわし溶接止端に沿って ICR 処理を行うが、実橋では横リブによって、スカラップ内の溶接止端前面を処理することが困難であるため、ガセット正面にガセット厚分の未処理部を設けて ICR 処理を行った。

き裂発生前に ICR 処理を施すことによる疲労強度向上効果を確認するために、図-4(c)に示すように、試験前に溶接止端前面を ICR 処理した(as-welded+ICR-all)。また上記の理由により、図-4(b)のようにガセット正面にガセット厚分の未処理部を設けて ICR 処理した試験体も用意した(as-welded+ICR-side)。

4. 試験結果

図-5 に N_{10} +ICR の疲労試験の結果を示す。縦軸が溶接止端位置の公称応力範囲、横軸は破断時の繰返し回数 (N_f) である。ICR 処理で補修した試験結果は、処理した後の繰返し回数を示している。比較のために、同段階での as-welded の試験結果も示している。図中の矢印はき裂が発生しなかったことを表している。また、破線の矢印はき裂が発生しなかった試験体に対し、応力範囲を上げて再度試験したことを表している。 N_{10} +ICR の試験結果は JSSC の B 等級から C 等級の範囲内にばらついており、き裂が発生した後に ICR 処理した結果が as-welded 試験体の試験結果より高い疲労強度となった。

図-6 に as-welded +ICR の疲労試験結果を示す。 N_{10} に対する繰返し回数で整理している。比較のために、同段階での as-welded の試験結果も示している。as-welded 試験体では 200 万回程度で N_{10} に達したのに対して、as-welded+ICR-all 試験体では 1000 万回程度で N_{10} に達しており、5 倍程度の疲労寿命の延命が見られた。止端前面に ICR 処理することで止端部に圧縮残留応力が導入された結果、疲労強度が向上したと考えられる。一方 as-welded+ICR-side の試験結果は、ICR-all と同程度の疲労強度を示す結果もあれば、as-welded 試験体と同程度の疲労強度を示す結果もあり、その効果にばらつきがあった。as-welded+ICR-side 試験体では、止端前面の一部分しか ICR 処理していないため、ICR 処理の終端の位置によってき裂発生に対する遅延効果がばらついたと考えられる。

5. まとめ

U リブと横リブ交差部をモデル化した面外ガセット試験体を用いて疲労試験を行った。疲労き裂が N_{10} に達した段階で ICR 処理を施して補修した場合、as-welded よりも疲労強度が高くなることを確認した。また、き裂発生前に ICR 処理した場合、as-welded よりも 5 倍程度長い疲労寿命が確認された。一部分しか ICR 処理されない場合で疲労強度にばらつきが生じたが、as-welded と同程度以上の疲労強度になることを確認した。

謝辞 本研究は、名古屋高速道路公社の委託研究を受けて実施した。また、研究を進めるにあたり、試験体の製作においてトピー工業(株)山田聡氏に多大なるご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 山田 健太郎, 石川 敏之, 柿市 拓巳: 疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる試み, 土木学会論文集 A Vol.65, pp.961-964, 2009.11
- 2) 山田 健太郎, 小菌 江朋堯, 小塩 達也: 垂直補剛材と鋼床版デッキプレート のすみ肉溶接の曲げ疲労試験, 鋼構造論文集, Vol.14, No.55, pp.1-8, 2007.9

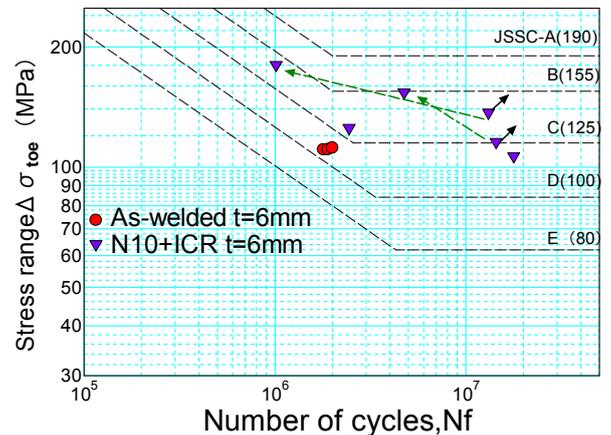


図-5 N_{10} +ICR の試験結果

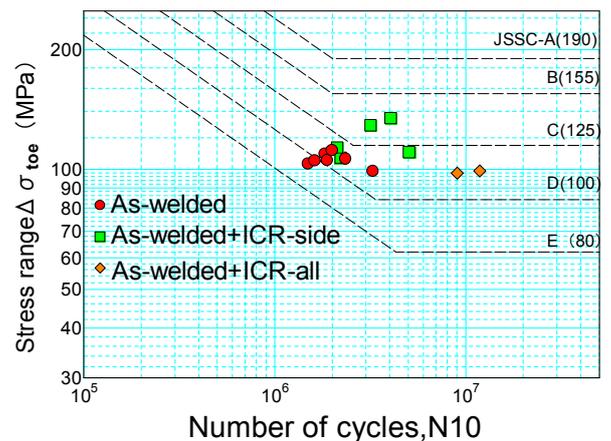


図-6 as-welded+ICR の疲労試験結果