

ICR 処理を用いた面外ガセット溶接継手の疲労寿命延命効果

名古屋大学 学生員 ○柿市 拓巳 正会員 山田 健太郎 石川 敏之
前名古屋大学 学生員 李 蒼

1. はじめに

鋼橋では、鋼床版に数多くの疲労損傷が生じている。特に、図-1 に示す鋼床版デッキプレートと垂直補剛材の接合部より多くの疲労き裂が発生している。このき裂は、大型車交通により鋼床版が繰り返しの板曲げを受けることにより発生する。このき裂に対する補修方法は、いくつか検討され¹⁾、²⁾、試験施工されているが、それらの工法は、一般に作業に時間を要し、施工が複雑であることから高コストになる。したがって、デッキプレートと垂直補剛材の接合部より発生する疲労き裂に対して、簡易で安価な補修法が必要とされている。そこで、著者らは、既往の補修方法と比べて、低コストで比較的容易に施工が可能である衝撃き裂閉口処理(Impact Crack Closure Retrofit Treatment, ICR 処理)を開発した^{3), 4)}。この工法は、疲労き裂近傍の母材を叩いて鋼材を塑性流動させることで、き裂を閉口させ、き裂の進展を停留させるか遅延させ延命化を図るものである。本研究では、ICR 処理を、垂直補剛材のまわし溶接部の鋼床版側より発生するき裂へ適用させることを目的とし、その構造を模した面外ガセット溶接継手を用いて板曲げ疲労試験を行い、ICR 処理による疲労寿命の延命効果を明らかにする。



図-1 垂直補剛材の疲労き裂

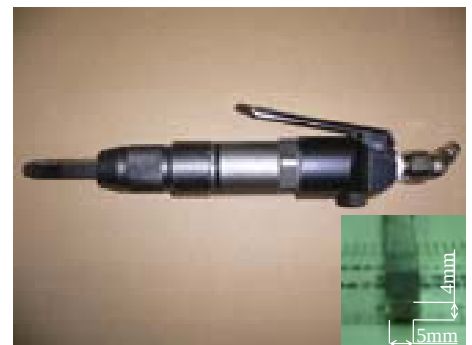


図-2 エアツール

2. ICR 処理ツール

ICR 処理には、図-2 に示す汎用のエアツール(フラックスチップ)を用いた。タガネの先端を平坦な面が4×5mm 程度に角が丸みを帯びるように加工し、空気圧 0.5~0.6MPa、打撃数 90Hz で処理を行った。ただし、タガネの形状によっては、空気圧を変更させる必要がある。

3. 疲労試験体と ICR 処理の方法

疲労試験体(SM490A)の形状を図-3 に示す。試験体は、幅 300mm、板厚 12mm の鋼板に長さ 340mm、板厚 12mm、高さ 100mm または 300mm のガセットが直角に脚長 6mm ですみ肉溶接された面外ガセット溶接継手である。山田らにより開発された板曲げ振動疲労試験機⁵⁾を用い、き裂を発生させ、ICR 処理を行った。ICR 処理は、き裂が溶接止端から離れる段階(以下、 N_b)とそこから 10mm 進展した段階(以下、 N_{10})で行った。き裂が N_b の段階のものに対しては、図-4(a)に示すようにまわし溶接止端沿って 2 往復程度叩いて行った。 N_{10} の段階では、図-4(b)に示すようにまず、平板部に進展したき裂に対してき裂の両側を叩いた後、き裂の直上を叩いて閉口させ、その後、 N_b と同様にまわし溶接止端に沿って ICR 処理を行った。

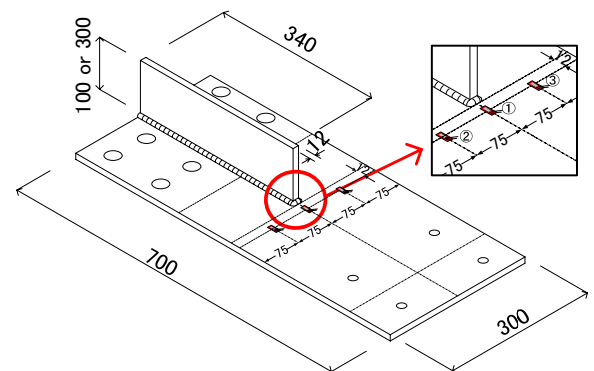


図-3 疲労試験体

4. 疲労試験結果

ICR 処理を行った後、疲労試験を再開した段階での溶接止端から 12mm の位置①(図-3 参照)と試験体中央から板幅方向 75mm 離れた位置②、③の応力を計測した関係を図-5 に示す。図には、as-welded とき裂が N_b 、 N_{10} の段階の①と②、③の応力の関係も示されている。き裂が無い場合とき裂が N_b 、 N_{10} まで進展した段階を比較するとき裂が進展することにより直線の傾きが大きくなることがわかる。これは、き裂が進展して溶接止端部における荷重伝達が小さくなったためである。しかし、ICR 処理によりき裂を閉口させることで、①に生じる応力がき裂が無いときと同程度まで回復

キーワード：ICR 処理、面外ガセット、板曲げ、疲労強度改善

連絡先：〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 TEL：052-789-4620

しており、as-welded に近い応力を伝達していることがわかる。

疲労試験結果を図-6 に示す。図は、ICR 処理後の繰返し回数に対する S-N 線図であり、き裂が溶接止端から 30mm 又は裏側からき裂が発生した段階のものである。図には、as-welded の同段階での結果も示されている。図からわかるように N_b , N_{10} の段階で ICR 処理を行ったものは、処理を行わないものに比べて平均値で 2 等級程度、疲労強度が向上しており、JSSC の C 等級程度の疲労強度であった。 N_{10} の段階で ICR 処理を行った 1 体については、溶接止端からき裂が再進展せずに、新たに溶接ルート部よりき裂が発生、進展し破断に至った。これは、ICR 処理により溶接止端の疲労強度が向上したためであると考えられる。さらに、 N_{10} の段階に対しては、実橋で死荷重が作用している状態でき裂が発生した場合を想定し、予め荷重を与え、その状態でき裂を発生させ ICR 処理を行った結果も図-6 に示す。この試験結果は、予荷重を与えずに ICR 処理を行った結果と同等の疲労強度の向上であった。

疲労試験により得られた破面の例を図-7 に示す。図は、 N_{10} の段階で ICR 処理を行った試験体の破面である。過去の実験結果⁵⁾では、溶接止端よりき裂が発生し、半だ円形状で進展、破断に至っているが、ICR 処理を行うことで、表面でき裂が閉口していることにより表面ではき裂進展せず、内部でき裂がだ円形状になるように進展し、その後、表面に進展、破断に至ったことがわかる。

5. まとめ

本研究では、疲労き裂を閉口させ、疲労寿命を向上させる工法 ICR 処理を、鋼床版デッキプレートと垂直補剛材の接合部を模した面外ガセット溶接継手より発生するき裂に適用した結果、大幅な疲労寿命の延命効果を確認した。

謝辞：本研究は、名古屋高速道路公社の委託研究の一部をまとめたものである。研究を進めるにあたり、エアツールの改良に対して瀧上工業(株)の織田博孝氏に、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) 柿市ら：垂直補剛材上端の半円切欠き工法による鋼床版の応力低減効果，平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会，pp.1-2，2009。2) 永崎：鋼床版垂直補剛材廻し溶接部のリフトアップ工法による補強方法の検討，東京鐵骨橋梁技術法 2007，No.53，pp.83~90，2007。3) 山田ら：鋼構造物の疲労き裂補修方法，特願 2008-299880，特許出願人名古屋大学，2008。4) 石川ら：疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる技術の開発，平成 20 年度土木学会中部支部研究発表会，pp.9-10，2009。5) 山田ら：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，第 14 巻，pp.1-8，2007。

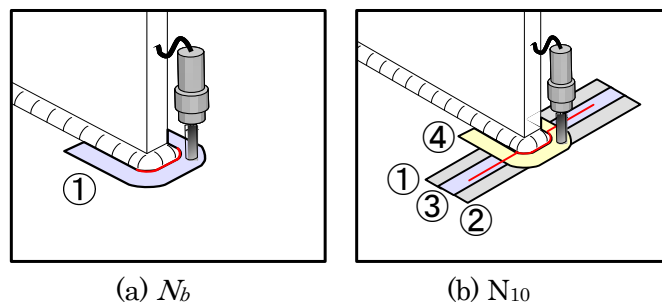


図-4 ICR 処理の手順

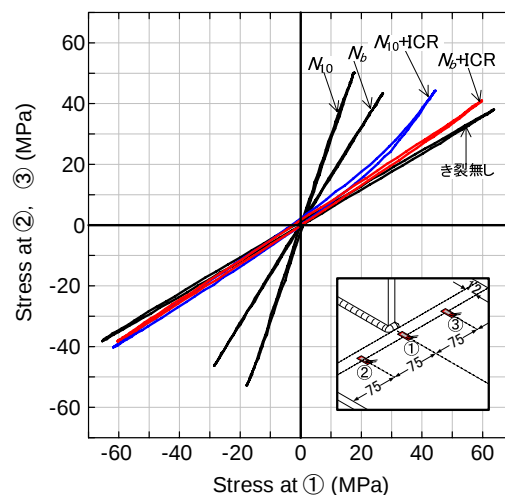


図-5 面外ガセット溶接継手への ICR 処理

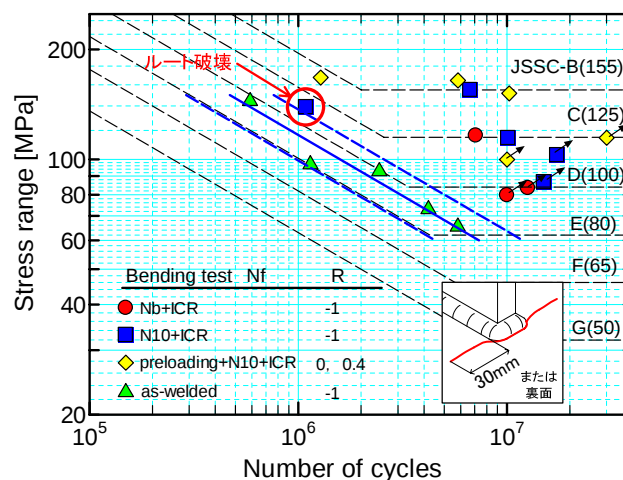


図-6 ICR 処理の疲労試験結果

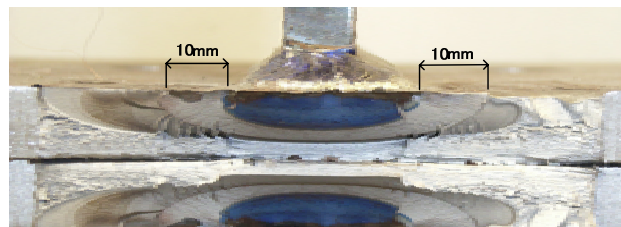


図-7 N_{10} +ICR の疲労破面の例

4) 石川ら：疲労き裂を閉口させて寿命を向上させる技術
5) 山田ら：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶