

## 横桁連結部に発生した疲労き裂への ICR 処理の適用

名城大学 学生会員 ○野々目泰介 名古屋大学 正会員 山田健太郎 石川敏之 学生会員 柿市拓巳

### 1. はじめに

鋼橋の溶接継手において多数の疲労損傷が報告されている。例えばプレートガーター橋やトラス橋では、図-1 に示す横桁連結部に疲労き裂が発生している。この疲労き裂は、外桁と内桁との間に生じる橋軸方向の相対的な変位差によって横桁ウェブに面外変形が生じることで発生する<sup>1)</sup>。このき裂に対しては、ストップホールや当て板補強などが行われている。施工が複雑になることから、低コストで簡易な方法が必要と考えられる。

そこで、山田らは低コストで簡易な方法として衝撃き裂閉口処理 (ICR 処理)<sup>2)</sup> を開発し、面外ガセットの端部に発生した疲労き裂を補修し、高い延命効果を確認をしている。本研究では、横桁連結部に発生する疲労き裂に ICR 処理を適用することを考え、横桁連結部をモデル化した試験体 (T 形継手試験体) の板曲げ疲労試験に ICR 処理を施し、延命効果を確認した。

### 2. ICR 処理について

ICR 処理は、疲労き裂近傍の母材表面を叩いて、鋼材を塑性流動させ、き裂表面を閉口させることで、疲労き裂の進展を遅延させる工法である。この処理には、図-2 に示す市販のフラックスチッパと小型のエアコンプレッサを用いる。フラックスチッパのタガネの先端は、4×5 mm 程度の平面で、角を丸く加工している。

溶接止端に発生した疲労き裂に対する ICR 処理は、図-3(a) に示すように溶接止端前面の母材を叩いて、鋼材を塑性流動させ、き裂表面を閉口させる。また、平板部に進展した疲労き裂に対しては、まず、き裂の両側を叩いて鋼材を塑性流動させ、その後、き裂の直上を叩くことによりき裂表面を閉口させる。

### 3. 疲労試験

疲労試験体は、図-1 に示す横桁のウェブとフランジの接合部をモデル化した T 形継手試験体である。試験体は、図-4 に示すように、幅 334 mm、板厚 12 mm の鋼板の側面に、幅 200 mm、高さ 100 mm、板厚 12 mm のガセットが直角に脚長 6 mm ですみ肉溶接されたものである。疲労試験には、板曲げ振動疲労試験機を用いた。この試験機の特長上、疲労試験は両振り (応力比  $R=-1$ ) の板曲げで行われる。そこで、片振り ( $R \geq 0$ ) で試験をする際には、試験体の自由端側をコイルバネで押し下げ、静的な荷重を与えた状態 (preloading) で試験を行った。

試験体には、図-4 に示すように両ガセットの溶接止端から自由端側へ 5 mm 離れた線上の板幅方向に 75 mm 離れた位置に 2 箇所、中央に 1 箇所ひずみゲージを貼り付けた。また、疲労き裂の発生と進展を検出するために、

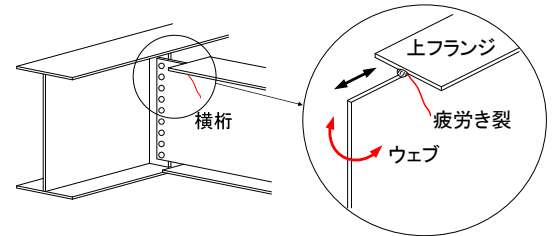


図-1 横桁連結部で疲労き裂の例

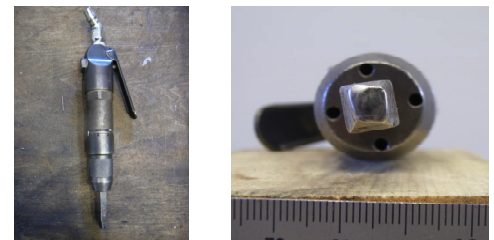
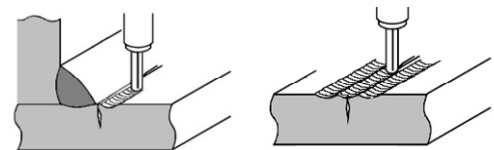


図-2 エアツール (フラックスチッパ)



(a)溶接止端

(b)平板部

図-3 基本的な ICR 処理の方法<sup>2)</sup>

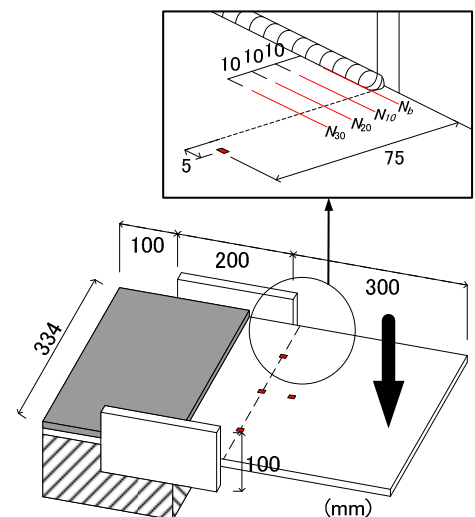


図-4 T 形継手試験体の形状

図-4に示す位置に試験体の表面にφ0.04mmの被覆銅線を貼り付けた.各銅線が断線したときの繰返し回数を,き裂が溶接止端を離れる段階,き裂が溶接止端から10mm,20mm,30mm進展した段階の繰返し回数として,それぞれ $N_b$ ,  $N_{10}$ ,  $N_{20}$ ,  $N_{30}$ と定義した.

本研究では, $N_{10}$ ,  $N_{20}$ の段階のき裂に対して,図-5に示すようにICR処理を行った.以下, $N_{10}$ の段階, $N_{20}$ の段階でICR処理をした試験体を,それぞれ $N_{10}+ICR$ ,  $N_{20}+ICR$ と呼ぶ.ICR処理は,き裂先端よりも10mm先まで処理している.

4. 試験結果

き裂のない as-welded,  $N_{20}$  および  $N_{20}+ICR$ , に対して, き裂位置から 5mm離れた位置 (①) と板幅方向に 75mm離れた位置 (②, ③) で測定した応力の関係を図-6 に示す. as-welded とき裂がある  $N_{20}$  の応力関係を比較すると,  $N_{20}$  の傾きが大きくなるのがわかる.

これは, き裂が進展することにより, き裂近傍で応力伝達が小さくなったためである. しかし, ICR 処理によりき裂表面を閉口させることで, き裂近傍に生じる応力が as-welded と同程度まで回復していることから, ICR 処理によりき裂表面が閉口し, 応力が伝達されていると考えられる.<sup>3)</sup>

疲労試験結果を図-7に示す.図は, $N_{30}$ の段階におけるS-N線図である.ICR 処理を行った試験体は, ICR 処理後の繰返し回数を用いている. $N_{10}(N_{20})+ICR$  試験体では, ICR 処理前と同じ応力範囲で試験を続けたところ繰返し回数が1000万回を超えてもき裂の進展が確認されなかったため, 応力範囲を上げて再試験を行い, その結果き裂が進展し, 破断に至った. $N_{10}$ および $N_{20}$ の段階でICR処理を行った試験体は, as-welded 試験体と比べて1~2等級程度の疲労寿命向上効果を確認することができた.

図-8に $N_{10}$ の段階でICR処理をした試験体(R=0.3)の疲労破面を示す.ICR処理により $\Delta\sigma=70\text{MPa}$ で1000万回でも母材表面では疲労き裂が進展せずに, $\Delta\sigma=110\text{MPa}$ に上げたら内部で楕円形状のき裂として進展したことがわかる.その後,内部のき裂がある程度進展すると,表面へき裂が進展し,破断にまで至ったことがわかる.

5. まとめ

横桁連結部をモデル化した板曲げを受けるT形継手試験体のき裂に対してICR処理を施した.その結果,き裂を補修した試験体で,as-weldedと比べて,1~2等級程度の延命効果を確認した.

参考文献

- 1) 芝池利尚, 前田幸雄, 大倉一郎: 鋼橋の端横桁連結部に発生する疲労き裂に関する研究, 土木学会第39回年次学術講演会講演概要集, pp.253-254, 1984.
- 2) 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, No.4, pp.961-965, 2009.
- 3) 柿市拓巳, 石川敏之, 山田健太郎: 鋼床板箱桁橋の垂直補剛材直上き裂へのICR処理の施工試験, 鋼構造年次論文報告集, 第17巻, pp.351-358, 2009

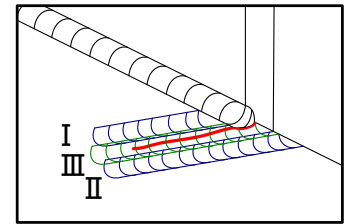


図-5 ICR 処理の順序

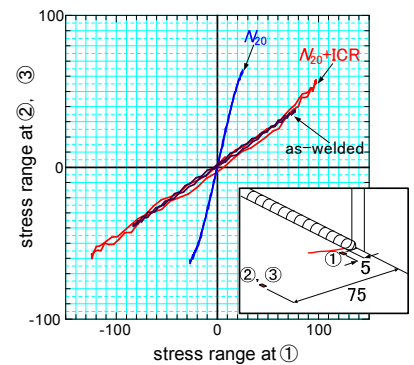


図-6 き裂の有無によるき裂近傍の応力の関係

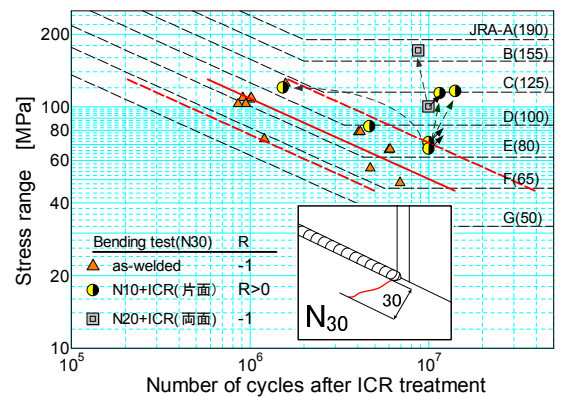


図-7 as-welded と ICR 処理の疲労寿命の比較

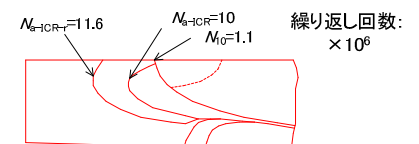


図-8  $N_{10}+ICR$  試験体の疲労破面