

DIC を用いた ICR 処理部の疲労き裂の再開口の評価

関西大学 学生会員 ○石井 翔大
 関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

鋼橋においては、腐食損傷や疲労き裂の発生が数多く報告されている。比較的小さなき裂の補修方法として衝撃き裂閉口処理(以下 ICR 処理)¹⁾が知られている。ICR 処理とは、図-1 の右上のように、き裂の左右、直上をそれぞれ打撃し、き裂を閉口させ、発生した疲労き裂の進展を遅らせ、延命化を図る方法である¹⁾。ICR 処理部の効果の持続性の確認として、一般に、目視点検が実施されている。また、ICR 処理近傍のひずみ計測を行うことで、ICR 処理の施工確認や ICR 処理の効果の持続性が評価されているが、ひずみ計測は、閉口したき裂の部分的な評価にとどまっており、定期点検に適した技術が望まれている。本試験では、ICR 処理によって閉口したき裂の挙動を、デジタル画像相関法(以下 DIC)を用いて評価する。具体的には、発生したき裂を閉口し、疲労試験を行い、一定の繰返し回数ごとに試験機を停止して ICR 処理部近傍を撮影し、DIC を用いた画像解析によって、疲労き裂の再開口、進展の評価を試みる。

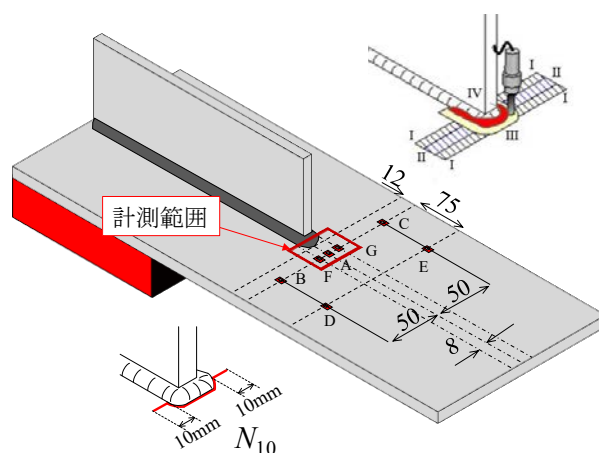


図-1 試験体概要および ICR 処理の手順

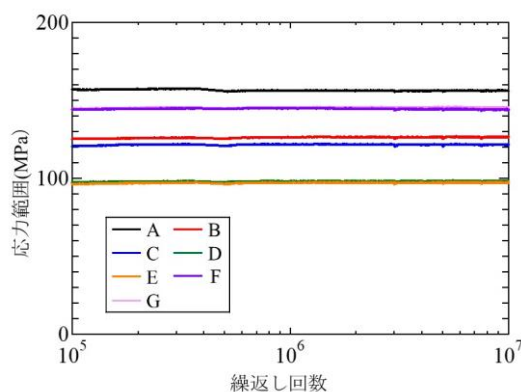


図-2 応力範囲と繰返し回数の関係 ($\Delta\sigma=120\text{N/mm}^2$)

2. 疲労き裂の再開口の評価

(1) 試験

本試験では図-1 に示す面外ガセット試験体を用いた。ひずみゲージの位置と、疲労寿命 N_{10} (主板幅方向に 10 mm 進展した状態)の定義も図-1 に示す。また、ランダムパターンの模様を与えるために、計測範囲に塗装を施した。

疲労試験には板曲げ振動疲労試験機を用いた。一定の繰返し回数毎に試験を停止し、DITECT 社製のカメラ(HAS-U2)を用い 1 秒程度撮影した。溶接止端部の画像は、奥行きによる誤差が生じないように、試験体の真上から撮影した。

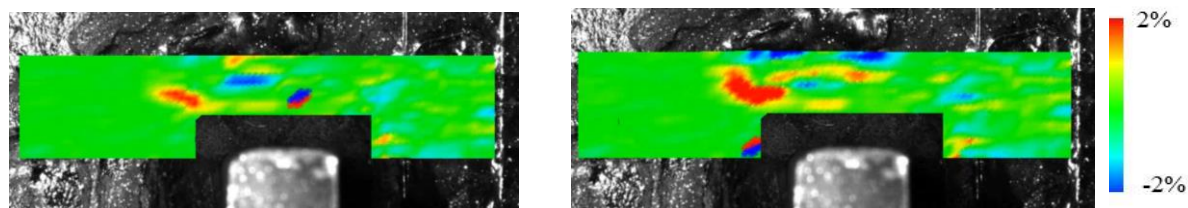
(2) ICR 処理部の再開口の評価

まず、溶接ままの状態で、疲労試験を実施した。図-1 のゲージ B、C の平均ひずみにヤング係数を乗じて公

称応力範囲 $\Delta\sigma$ とした。 $\Delta\sigma=120\text{ N/mm}^2(R=-1)$ で疲労試験を行い、 N_{10} まで発生した疲労き裂($\phi 0.05\text{mm}$ の銅線の切断で検知)に対して、文献 1)と同様にして、ICR 処理を施し、公称応力範囲 $\Delta\sigma=120\text{ N/mm}^2$ で再度、疲労試験を行った。溶接ままの状態では、繰返し回数が 29.0 万回でき裂が N_{10} に達したのに対し、ICR 処理を施した後の試験では、繰返し回数が 1,000 万回に達しても N_{10} の銅線が破断することはなかった。各ひずみゲージから計測された応力範囲 $\Delta\sigma$ と繰返し回数 N の関係を図-2 に示す。この図からわかるように、1,000 万回まで、各ひずみゲージの応力範囲に大きな変化は見られなかつ

キーワード 板曲げ疲労試験, き裂進展, 疲労寿命延命

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0926



(a) 繰返し回数 10 万回

(b) 繰返し回数 1,000 万回

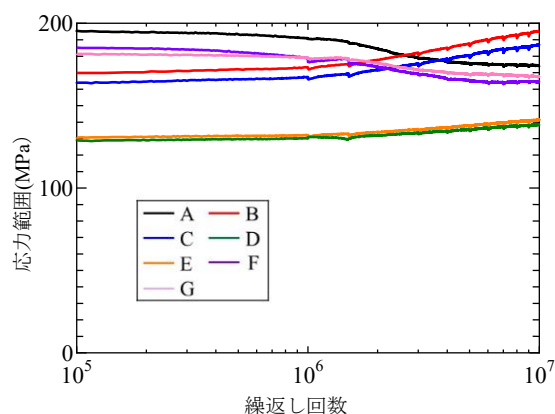
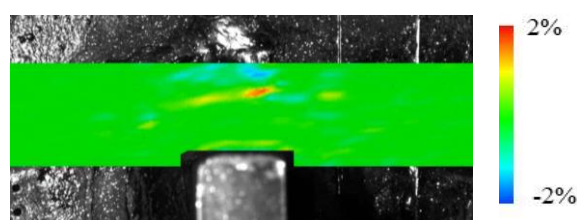
図-3 DIC によるひずみ分布($\Delta\sigma=120 \text{ N/mm}^2$)

た．繰返し回数が 10 万回，1,000 万回に対する DIC によるひずみ分布を図-3 に示す．本研究では，図-3 のカラーバーで示されているように，引張ひずみが暖色系，圧縮ひずみが寒色系で表示されている．図では，ひずみの上限を $\pm 2\%$ としている．図-3 から，まわし溶接部の ICR 処理部と図の左側主板部の ICR 処理部境目が赤くなっていることが分かる．これは，ICR 処理によって，閉口したき裂の一部分が開口し，引張方向の変位が検出されたためである．繰返し回数が 10 万回程度から，赤く表示され始めたが，その後，主板幅方向に進展しなかった．

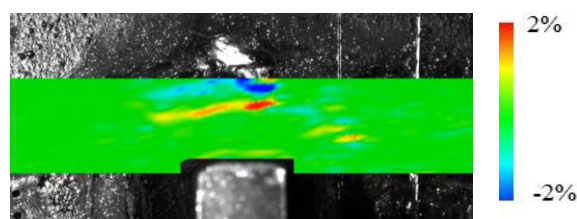
次に，公称応力範囲を $\Delta\sigma=180 \text{ N/mm}^2$ に上げて再度疲労試験を実施した．各ひずみゲージから計測された応力範囲 $\Delta\sigma$ と繰返し回数 N の関係を図-4 に示す．繰返し回数，200 万回程度から，各位置の応力範囲が変化し始めていることが分かる．繰返し回数が 200 万回，1,000 万回に対する DIC によるひずみ分布を図-5 に示す．今回，公称応力範囲を再設定する際に，カメラを移動させたため，公称応力範囲 $\Delta\sigma=180 \text{ N/mm}^2$ での試験载荷時を基準として，DIC によるひずみ測定を行った．そのため，図-3 の部分的なき裂開口の影響が小さくなっている．図-5 からわかるように，繰返し回数が 200 万回に達した際に，溶接止端部の一部のき裂が再開口し，1,000 万回の段階で，その範囲が広がっている．ただし，繰返し回数が 1,000 万回に達した時点で，主板部に進展したき裂を閉口した範囲では，き裂の開口はごく一部であった．

3. まとめ

本研究では，ICR 処理後によって閉口したき裂の挙動を，DIC を用いて評価した．その結果，公称応力範囲 $\Delta\sigma=120 \text{ N/mm}^2$ で，溶接止端の閉口した疲労き裂の一部が再開口していたが，1,000 万回まで進展は見られなか

図-4 応力範囲と繰返し回数の関係 ($\Delta\sigma=180 \text{ N/mm}^2$)

(a) 繰返し回数 200 万回



(b) 繰返し回数 1,000 万回

図-5 DIC によるひずみ分布($\Delta\sigma=180 \text{ N/mm}^2$)

った． $\Delta\sigma=180 \text{ N/mm}^2$ に上げて再度疲労試験を実施した結果，溶接止端の閉口した疲労き裂が再開口し，その範囲が広がっていく様子が DIC によるひずみ計測によって確認できた．

参考文献 1) 石川敏之，山田健太郎，柿市拓巳，李薈：ICR 処理による面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂の寿命効果，土木学会論文集 A，vol.66，No.2，pp264-272，2010．