

## ICR 処理された疲労き裂の引張および圧縮荷重下での挙動

関西大学 正会員 ○石川 敏之, 京都大学 学生員 松本 理佐, 正会員 河野 広隆  
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 正会員 山田 健太郎

### 1. はじめに

これまでに、疲労き裂の簡易な補修法として、衝撃き裂閉口処理(ICR 処理)を開発し、板曲げを受けて発生するき裂に対して、その有効性を明らかにしてきた。ただし、ICR 処理でき裂を閉口させても、作用応力によって、き裂の一部が開閉口を繰り返した状態で疲労寿命が延命している。そこで本研究では、板曲げ応力を受ける面外ガセット溶接継手に生じるき裂を ICR 処理によって閉口し、作用応力状態がき裂の開閉口挙動に与える影響を明らかにする。

### 2. 試験体

試験体は、図-1 に示す面外ガセット溶接継手とし、試験機のばねを調整して応力比  $R=0$ ,  $-\infty$  とし、板曲げの応力範囲  $\Delta\sigma=60\text{N/mm}^2$  で疲労き裂を発生させた。図-2 に示すように、溶接止端から主板へき裂が  $10\text{mm}(N_{10})$  に達した段階で、無応力状態(ばねを開放した状態)で ICR 処理を行った。ICR 処理の順序を図-2 に示す。

### 3. 載荷方法

き裂を ICR 処理した試験体を図-1 と同じ片持ち状態とし、自由端側のバイブレーター設置位置中央に、油圧ジャッキを用いて荷重を与えた。試験体  $N_{10}+\text{ICR}(R=0)$  は、応力比  $R=0$  の繰り返し荷重を再現するために試験体の上側から載荷し、試験体  $N_{10}+\text{ICR}(R=-\infty)$  は、応力比  $R=-\infty$  の繰り返し荷重を再現するために試験体の下側から載荷した。公称応力の最大値  $\sigma_{n,\max}$  または最小値  $\sigma_{n,\min}$  の絶対値が  $60, 80, 100, 120\text{N/mm}^2$  となるように設定し、各公称応力範囲に対して 5 回ずつ繰り返し載荷した。

### 4. 応力比 $R=0$ の試験結果

ICR 処理後の磁粉探傷試験(MT)と青の染料を用いた浸透探傷試験(PT)を行った結果を図-3 に示す。ICR 処理では、き裂の表面から  $2\text{mm}$  程度が開閉しているだけなので、MT によってき裂が検出されているが、PT ではき裂が閉じていることが確認できる。最大公称応力  $\sigma_{n,\max}=60\sim 120\text{N/mm}^2$  に対する 1 回目の載荷・除荷過程の公称応力と溶接止端から  $12\text{mm}$  離れた位置のゲージ(ゲージ A と呼ぶ)のひずみの関係を図-4 に、2 回目以降の載荷・除荷過程の公称応力とひずみの関係を図-5 にそれぞれ示す。各最大公称応力範囲に対して 1 回目の載荷・除荷の過程で経路が異なっているが、2 回目以降の載荷では、載荷・除荷で同じ経路であった。全ての公称応力に対して、曲線の傾きが変化しているため、ICR 処理したき裂が開閉口していると考えられる。図-6 に最大引張応力作用時と除荷後の PT の結果を示す。全てのケースで、最大引張応力作用時にき裂の一部が開いているが、除荷後は再びき裂が閉口していることがわかる。

### 5. 応力比 $R=-\infty$ の試験結果

最小公称応力  $\sigma_{n,\min}=-60\sim -120\text{N/mm}^2$  に対する 1 回目の載荷・除

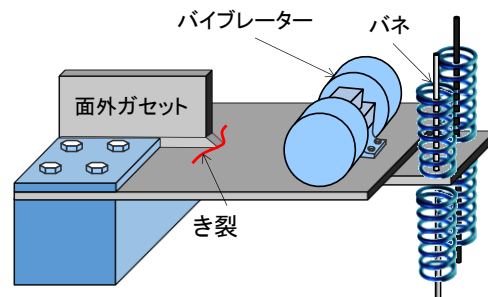


図-1 試験体と板曲げ疲労試験

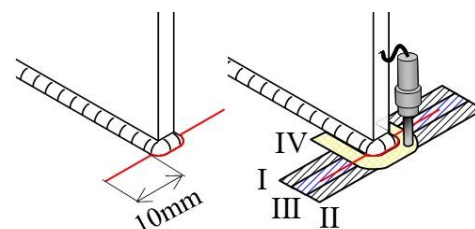
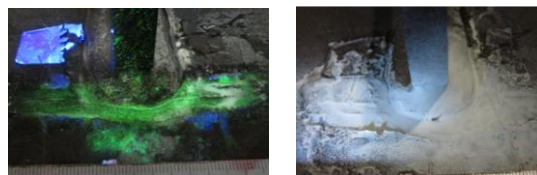


図-2 ICR処理の順序



(a) MTの結果 (b) PTの結果

図-3 ICR処理後のき裂

キーワード 衝撃き裂閉口処理, 面外ガセット, 応力比

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

荷過程の公称応力とゲージ A のひずみの関係を図-7 に、2 回目以降の公称応力とひずみの関係を図-8 にそれぞれ示す。全てのケースにおいて、1 回目の载荷・除荷の過程が異なっていた。これは、ICR 処理によってき裂を閉じるように圧縮応力が導入されているが、さらに圧縮応力が作用することにより、局部的に圧縮塑性し、除荷の過程でき裂の一部が開くためである。2 回目以降の载荷では、载荷・除荷がほぼ同じ経路であったが、曲線の傾きが変化しているため、 $R=-\infty$ でも ICR 処理したき裂が開閉していると考えられる。最大圧縮応力作用時は全てき裂が閉じていたので、除荷後の PT の結果のみ図-9 に示す。 $\sigma_{n,min}=-60\sim-100\text{N/mm}^2$ では PT でき裂の開口がはっきり確認できなかったが、 $\sigma_{n,min}=-120\text{N/mm}^2$ の場合は除荷後にき裂の一部が開いていることがわかる。

6. まとめ

板曲げ応力を受ける面外ガセット溶接継手から発生したき裂を ICR 処理した場合、応力比  $R=0$  では、引張応力作用時に閉口したき裂が部分的に開口する場合があります、応力比  $R=-\infty$ では、1 回目の圧縮応力が作用した後に閉口したき裂の一部が開く場合があることがわかった。

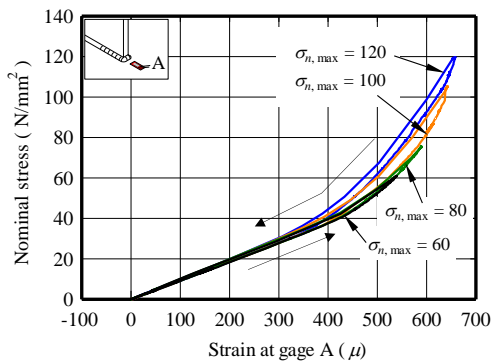


図-4 1回目の载荷・除荷過程( $R=0$ )

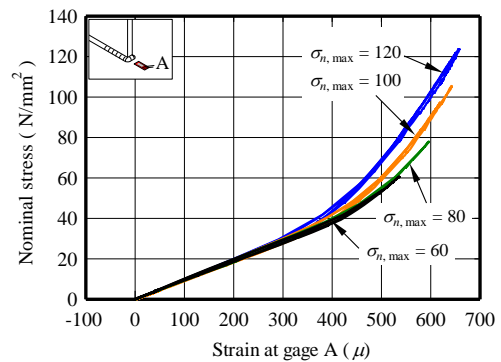


図-5 2回目以降の载荷・除荷過程( $R=0$ )

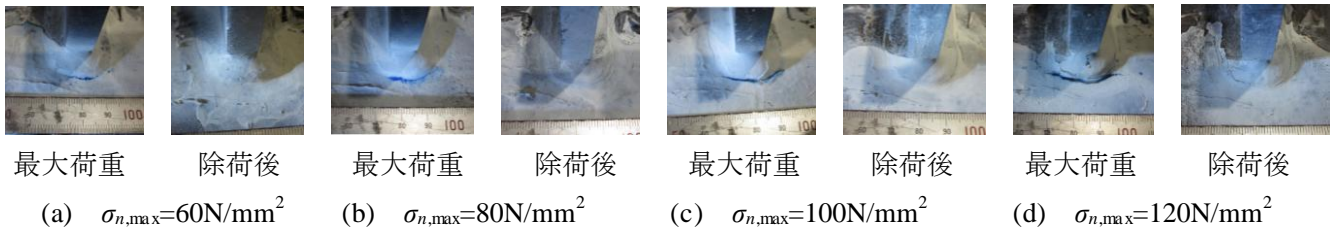


図-6 最大引張応力時と除荷後のMT( $R=0$ )

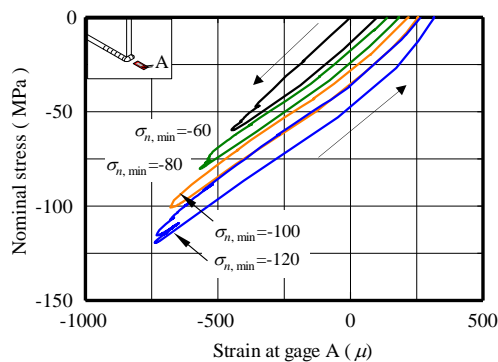


図-7 1回目の载荷・除荷過程( $R=-\infty$ )

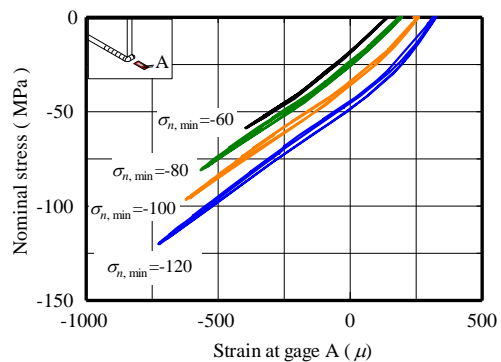


図-8 2回目以降の载荷・除荷過程( $R=-\infty$ )

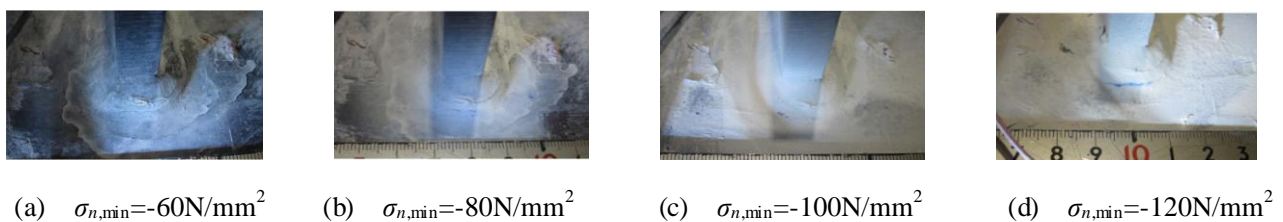


図-9 除荷後のMT( $R=-\infty$ )