

## 簡易ツールによる疲労き裂の進展抑制工法

関西大学 正会員 ○石川 敏之, 学生員 松原 由典, 辰巳 綾菜  
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱ 正会員 山田 健太郎

### 1. 目的

重交通路線の道路橋を中心に疲労き裂の発生が報告されている。中でも鋼床版では、垂直補剛材とデッキプレートとの溶接部から多くのき裂が発生している。点検により疲労き裂を発見してから補修するまでに時間を要する場合、疲労き裂が進展したり、新たに疲労き裂が発見されたりする場合がある。これまでに、施工時間が数分程度と短く大掛かりな重機を必要としない簡易な工法として、衝撃き裂閉口処理(Impact Crack Closure Retrofit treatment, 以下、ICR 処理)を提案している<sup>1)</sup>。ICR 処理は、市販のエアツールによりき裂近傍の母材を叩くことでき裂表面を閉口させ、疲労寿命を向上させる工法であり、種々の疲労き裂に対してその延命効果が明らかにされている。しかし、ICR 処理の施工にはエアークンプレッサーの電源が必要となるので、点検の際に携帯して利用することは困難となる。

このような背景から、点検や詳細調査の際に施工できるき裂の簡易補修法として、先端を平坦に加工したオートポンチ(図-1)によって ICR 処理と同様な順序でき裂表面を閉口させ、き裂進展を一時的に抑制する工法を提案する。オートポンチは、電力を必要としない手のひらサイズの小型の工具で、点検の際に持ち運びでき、一定の圧力で容易に施工できる。本研究では、板曲げを受ける面外ガセット溶接継手を対象に、オートポンチを用いたき裂閉口処理による疲労き裂の進展の遅延効果を明らかにする。

### 2. 試験体と疲労試験

本試験で用いる試験体を図-2 に示す。試験体の鋼種は SM400 材( $\sigma_Y=301\text{N/mm}^2$ )であり、板厚 12mm, 幅 200mm の主板に板厚 12mm, 高さ 100mm のガセットプレートが、半自動 CO<sub>2</sub> ガスシールドアーク溶接されている。疲労試験には、図-3 に示す板曲げ疲労試験機を用い、き裂が開口しやすい応力比  $R=0$  で疲労試験を行った。

試験体としては、溶接止端から疲労き裂が発生した段階( $N_{toe}$ )でバネを解放して無応力状態でき裂を閉口した試験体( $N_{toe}+P$ )を用意した。また、簡易ツールによる打撃をピーニングとして用いることができるかを明らかにするために、溶接したままの状態ですれ端にオートポンチを用いて打撃を行った試験体(AW+P)も用意した。

### 3. オートポンチの打撃により導入される圧縮ひずみ

オートポンチの打撃により導入される圧縮ひずみを確認するために、試験体 AW+P の打撃の際のひずみ変動をひずみゲージ A(図-2 参照)により計測した。計測したひずみの変動を図-4 に示す。ひずみの大幅な変動の回数からもわかるように、溶接止端近傍の主板を 2 往復打撃している。



図-1 先端を平坦に加工したオートポンチ

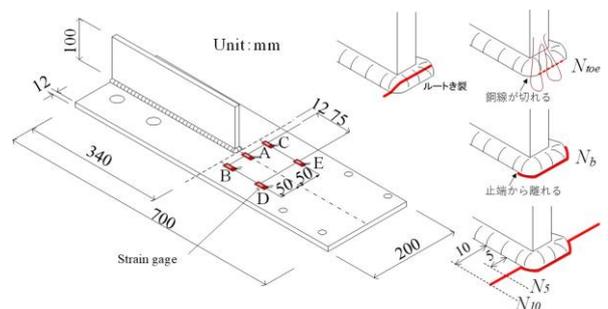


図-2 試験体と疲労き裂の定義

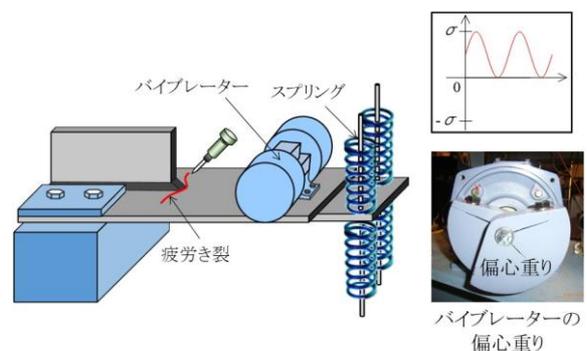


図-3 板曲げ疲労試験

キーワード オートポンチ, 疲労き裂閉口, 板曲げ疲労試験, ピーニング

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

また、別途用意した試験体に ICR 処理を施した際のひずみ変動も図に示している。1 往復の打撃で、圧縮ひずみの 7 割程度が導入されているが、オートポンチによる打撃は ICR 処理の約半分の圧縮ひずみであり、施工時間は ICR 処理で 2 分以内に対して、6 分程度の 3 倍以上であった。

4. 疲労試験結果

図-5 に試験体  $N_{toe}+P$  の疲労試験中のひずみゲージ A(図-2 参照)の応力範囲の変化を示す。  $\Delta\sigma=80\text{N/mm}^2$  で試験を行ったところ、繰返し回数が約 11 万回で疲労き裂が  $N_{toe}$  に達したため、バネを開放し無応力状態でき裂閉口処理を行った。き裂閉口後、同じ応力範囲で 1,000 万回繰返し载荷してもひずみ範囲に変動が見られなかったため run-out とした。このように、溶接止端に発生した  $N_{toe}$  程度の疲労き裂に対しては、無応力状態でき裂を閉口しても、疲労寿命が大幅に延命化できた。次に応力範囲を  $\Delta\sigma=120\text{N/mm}^2$  へ上げて疲労試験を行ったところ閉口したき裂が進展した。図-2 に示すような、き裂が  $N_b$ ,  $N_5$  に進展した段階でオートポンチを用いて疲労き裂の閉口処理を行い、応力範囲が回復した。最終的には、溶接止端からのき裂が  $N_{10}$  に達したが、オートポンチで複数回き裂閉口処理を行うことにより、き裂の進展を大幅に遅延させることができた。

試験体 AW+P は、疲労試験を開始する前に、溶接止端部をオートポンチで打撃した試験体である。図-6 に試験体 AW+P の疲労試験中のひずみゲージ A(図-2 参照)の応力範囲の変化を示す。  $\Delta\sigma=60\text{N/mm}^2$  で疲労試験を行ったところ、1,000 万回繰返してもき裂が発生しなかったため run-out とした。溶接まま AW の試験体では繰返し回数が約 220 万回で疲労き裂が  $N_{10}$  に達しているため、オートポンチを用いてき裂閉口処理をすることでピーニングとしての効果があることがわかる。応力範囲を  $\Delta\sigma=80\text{N/mm}^2$  に上げて疲労試験を行った結果、約 550 万回で溶接ルート部から疲労き裂が発生したためバネを解放して無応力状態でルートき裂の両側と直上を叩いて閉口した。疲労試験を再開したところ、1,000 万回繰返し载荷しても溶接ルート部のき裂に進展が見られなかった。このように、  $\Delta\sigma=80\text{N/mm}^2$  では溶接ルートからのき裂を閉口した場合でも、疲労寿命の延命効果が見られた。

5. まとめ

本研究では、点検や詳細調査の際に施工できる簡易補修法として、オートポンチによるき裂閉口処理を提案し、板曲げを受ける面外ガセット溶接継手に発生した疲労き裂の進展遅延効果を明らかにした。また、この工法がピーニングとしても適用できる可能性を示した。

謝辞：本研究は、平成 29 年度近畿建設協会研究助成を受けて実施しました。ここに記して謝意を示します。

参考文献 1)石川敏之, 山田健太郎, 柿市拓巳, 李 蒼 : 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向上効果, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.2, pp.264-272, 2010.

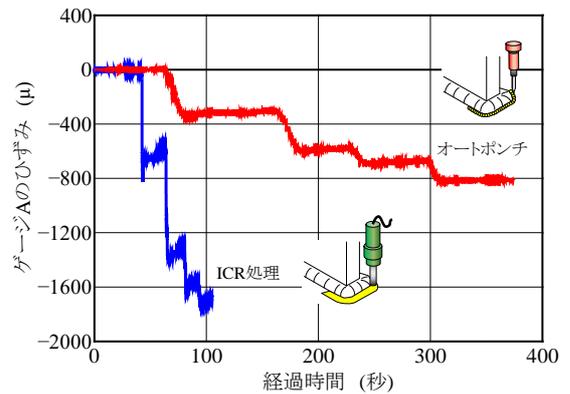


図-4 打撃中のゲージAのひずみの変動

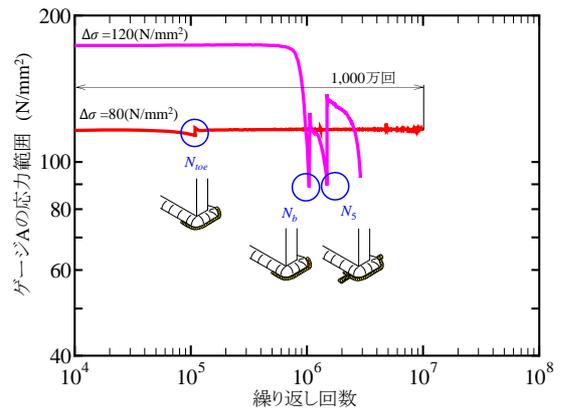


図-5 試験体  $N_{toe}+P$  の試験結果

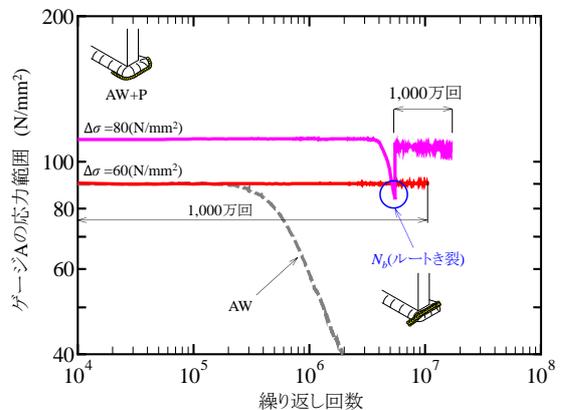


図-6 試験体 AW+P の試験結果