

第I部門

オートマチックセンターポンチを用いた疲労き裂の補修効果

関西大学 学生員 ○大西 泰生

関西大学 学生員 沈 燦

関西大学 正会員 石川 敏之

1. はじめに

大型車両や過積載車両の走行増加に伴い、鋼道路橋では多くの疲労損傷の発生事例が報告されている¹⁾。その中でも鋼床版では様々な疲労き裂が発生しており、垂直補剛材とデッキプレートの溶接部より多くのき裂が発生している¹⁾。この疲労き裂の補修法の一つとして、衝撃き裂閉口処理 (Impact Crack Closure Retrofit treatment)²⁾がある。しかし、この工法では、エアーコンプレッサーを用いるため施工の際に電源が必要となり、通常の点検では、利用できない。

これまでに、通常点検の際に持参できる電力を必要としないオートマチックセンターポンチ(図-1, Automatic Center Punch, 以下, ACP)³⁾を用いた、き裂の進展を抑制工法が開発している。ACP処理は、ドリル孔の中心や鋼材の材料試験の際の標点距離等を記す際に利用されるツールで、図-1に示すように先端が鋭利となっているが、本工法では、先端の打撃面を $\phi 2\text{mm}$ の平坦な面となるように加工している。また、内部のスプリングによって作業者に関わらず常に一定の打撃力を与えることができる利点もある。

本研究では、面外ガセット溶接継手を用いて、板曲げ疲労試験を行い、比較的長い疲労き裂にACP処理を施した際の疲労寿命の向上効果を明らかにする。

2. 面外ガセット溶接継手の疲労試験

本試験では、面外ガセット溶接継手試験体を用いて疲労試験を行い、応力範囲を計測する。試験体の寸法を図-2に示す。面外ガセット溶接継手は板厚12mm、幅200mmの主板(SM490Y)に、板厚12mm、高さ100mmのガセットプレート(SM490Y)が、下向きで半自動CO₂ガスシールドアーク溶接(電流320A、電圧37V、速度24.0cm/min)で施工されている。すみ肉溶接は等脚長の6mmとし、板曲げ振動疲労試験機⁴⁾を用いて疲労試験を行った。

まわし溶接部の止端から発生した疲労き裂が溶接止端部から10mm離れた位置に到達した段階の繰返し回数を N_{10} 、まわし溶接部の止端から発生した疲労き裂が溶接止端部か

ら30mm離れた位置に到達した段階の繰返し回数を N_{30} と定義した。本研究では、 N_{30} に達した時点あるいは裏面からき裂が発生した段階で疲労試験を終了した。また、疲労き裂の検出には $\phi 0.05\text{mm}$ の被覆銅線を用いた。

3. 疲労試験結果

N_{10} 程度のき裂に対するACP処理の効果の評価を行うために、異なる応力比($R=-1, -\infty, 0$)で疲労試験を行った。き裂がまわし溶接から10mm離れた位置でACP処理を実施した。ゲージAで計測した応力範囲とACP処理後からの繰返し回数との関係を図-3~5に示す。この図には、溶接のままのAs-Weld(以下, AW)の結果も示している。図-3の $R=0$ 、 $\Delta\sigma=90\text{N/mm}^2$ の結果から、ACP処理を施しても、止端近傍の応力範囲はAWまで回復しなかった。これは、ACP処理は表面き裂のみき裂を閉口しているため、内部のき裂が影響と考える。しかし、疲労試験結果から、 N_{10} のき裂に対して、ACP処理を施すことにより、溶接のままの疲労強度より疲労寿命を延命できることが分かる。図-4の $R=-1$ 、



図-1 オートマチックセンターポンチ

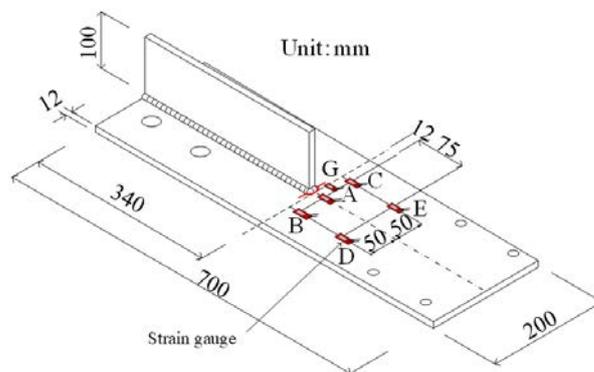


図-2 面外ガセット溶接継手試験体

$\Delta\sigma=90\text{N/mm}^2$ の結果からも、AW と比べて疲労強度が向上していることが分かる。図-5 の $R=-\infty$ の結果では、ACP 処理後の $\Delta\sigma=84.0\text{N/mm}^2$ では、500 万回程度で溶接止端の一部のき裂が再開口したが、1,000 万回繰返し载荷してもき裂が N_{30} まで達しなかった。応力範囲を $\Delta\sigma=100.5\text{N/mm}^2$ へ増加させても、2,000 万回までき裂が N_{30} まで達しなかった。 $\Delta\sigma=122.3\text{N/mm}^2$ の増加した際に、ゲージ A の応力範囲が低下したが、 N_{10} まで再開口していなかったため、1,000 万回に達した後 $\Delta\sigma=155.3\text{N/mm}^2$ の疲労試験で、1,067 万回に達した際に、図-6 に示すように試験体の裏面に疲労き裂が発生したため疲労試験を終了した。図-6 の疲労破面からは、疲労き裂が板の内部で楕円形に進展していたことが分かる。

疲労試験結果の S-N 関係を図-7 に示す。図より、AW の板曲げ疲労強度が E 等級に対して、ACP 処理後の板曲げ疲労強度が D 等級を超える結果となり、疲労強度が向上していることが分かる。

4. まとめ

本研究では、面外ガセット溶接継手に生じた N_{10} のき裂に対する、オートマチックセンターポンチによるき裂閉口処理の効果の板曲げ疲労試験によって確認した。その結果、応力比に関わらず、ACP 処理によって、溶接ままの疲労強度と比べて1 等級以上、疲労寿命を延命化できた。さらに、応力比が $R=-\infty$ の場合、さらに疲労寿命が向上した。

参考文献

- 1) 日本道路協会：鋼橋の疲労，丸善，1997.
- 2) 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.264272，2010.
- 3) 石川敏之，辰巳綾菜，松原由典，山田健太郎：オートマチックセンターポンチによる鋼橋の疲労き裂の応急処置，構造工学論文集 Vol.65A，pp.516-524，2019.
- 4) 山田健太郎，小菌江朋亮，小塩達也：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，Vol.14，No.55，pp.1-8，2007.

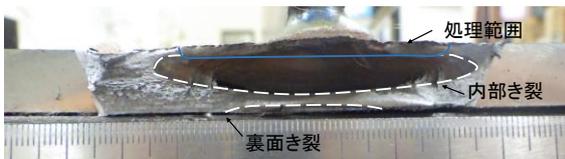


図-6 き裂断面図

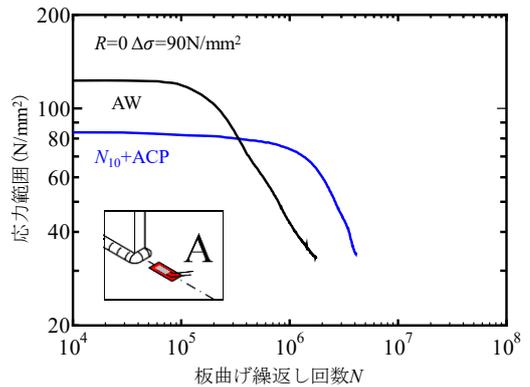


図-3 $R=0, \Delta\sigma=90\text{N/mm}^2$ の疲労試験結果

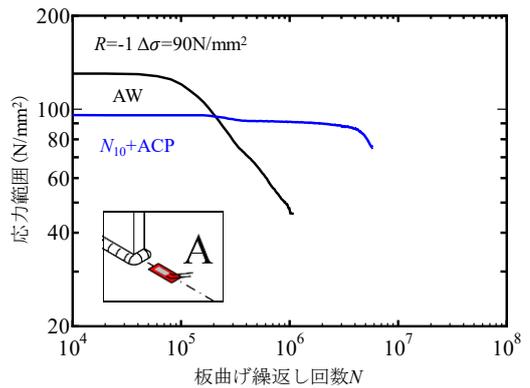


図-4 $R=-1, \Delta\sigma=90\text{N/mm}^2$ の疲労試験結果

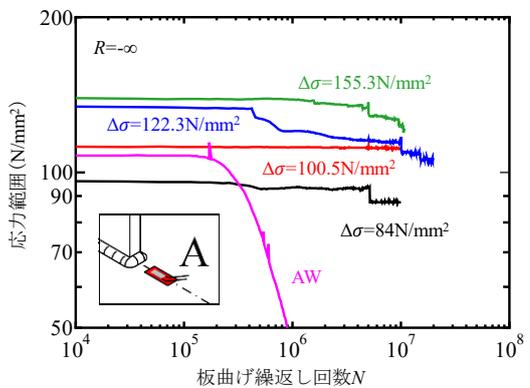


図-5 $R=-\infty$ の疲労試験結果

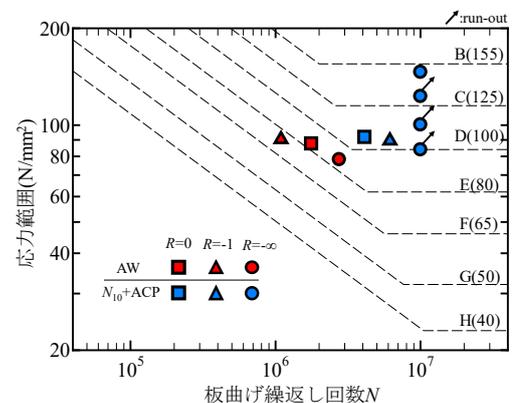


図-7 AW と $N_{10}+ACP$ の S-N 関係