

ピーニング処理によるすみ肉溶接継手の疲労強度向上効果に  
圧縮の過荷重が与える影響

京都大学 学生員 ○栗津 裕太 正会員 石川 敏之, 服部 篤史, 河野 広隆  
中日本エンジニアリング名古屋 正会員 山田 健太郎

1. 研究背景

近年、鋼構造物において溶接部から疲労き裂の発生が多数報告されている。このような疲労き裂の発生を予防する方法の一つにピーニング処理がある。ピーニング処理では、溶接止端を打撃することで圧縮の残留応力を導入し、溶接による引張残留応力を打ち消し、疲労強度を向上させている。しかし、ピーニングを施した溶接止端に母材が圧縮降伏する程の大きな圧縮荷重が一度でも作用すると、ピーニングによる疲労強度向上効果が失われる。これは、図-1のように、ピーニングによって溶接止端に圧縮残留応力が付加されるが、さらに大きな圧縮荷重が作用すると溶接止端は局部的に降伏するためである。溶接止端が局部的に降伏した後は、周辺の母材が断面力を受け持つため圧縮荷重は増加するが、止端の応力は増加しない(I→II)。そして、圧縮荷重が除荷されると溶接止端は周辺の母材とともに弾性的に応力が減少し、溶接止端の応力集中の影響もあって引張残留応力が残されることになる(II→III)。以上のように、ピーニング後に母材の公称応力が降伏応力に達する程の大きな圧縮荷重が作用すると、溶接止端には再び引張残留応力が生じるため、ピーニングによる疲労強度向上効果が失われてしまう。

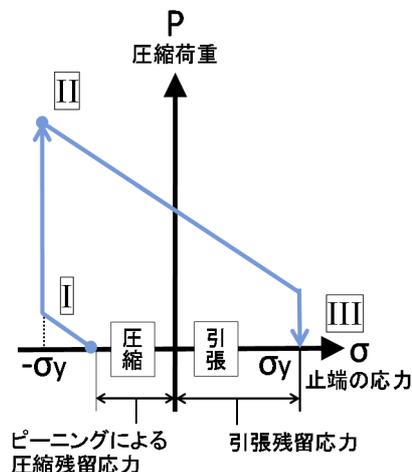


図-1 過荷重と溶接止端に生じる応力との関係の模式図



図-2 疲労試験の様子

しかし、実構造物において、このような母材が圧縮降伏する程度の大きな圧縮荷重が作用することは、ほとんどないと考えられるものの、過積載車や衝撃の影響を考えると、そのような荷重よりも小さい範囲の圧縮の過荷重が、ピーニングの効果に与える影響を考慮する必要がある。そこで本研究では、2種類の試験体を用いて、ピーニング処理によるすみ肉溶接継手の疲労強度向上効果に圧縮の過荷重が与える影響を明らかにすることを目的とする。

2. 試験概要

本研究では、荷重非伝達型すみ肉溶接継手(T字試験体)、および面外ガセット溶接継手試験体を用いて疲労試験を行った。最初に、試験体を架台に固定し片持ち状態にし、溶接止端にピーニング処理を施した。その後、油圧ジャッキを用いて下から試験体を押し上げることで圧縮の過荷重を導入した。本研究では、試験体ごとに導入する圧縮の過荷重の値を変えて、その影響を比較する。その後、板曲げ疲労試験機を取り付け、疲労試験を行った(図-2)。既存の研究に従って、T字試験体は応力比  $R=0^1$ 、面外ガセット溶接継手試験体は  $R=-1^2$ となるように試験を行った。

3. 疲労試験結果

図-3, 4に各試験体の疲労試験の結果と既往の研究<sup>1),2)</sup>の結果をあわせて示す。図-3の縦軸は溶接止端の公

キーワード ピーニング処理, 圧縮の過荷重, 疲労強度, T字試験体, 面外ガセット溶接継手  
連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CクラスターC1-2-227 TEL 075-383-3321

称応力範囲，横軸は溶接止端に発生した疲労き裂が側面に達した時の繰返し回数を示している．図-4 の縦軸は以下の等価応力範囲  $\Delta\sigma_{eq}^2$  を示している．

$$\Delta\sigma_{eq} = \left\{ \frac{\sum (n_i \cdot \Delta\sigma_i^3)}{\sum n_i} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

- $\Delta\sigma_{eq}$  : 等価応力範囲(MPa),
- $\Delta\sigma_i$  : 一定時間毎に計測したBとCの応力範囲の平均値(MPa),
- $n_i$  : 一定時間内の  $\Delta\sigma_i$  の繰返し回数.

横軸は溶接止端から 10mm の位置に貼りつけた被覆銅線が最初に断線した時の繰返し回数を示している．図-3, 4 の AW 試験体はピーニング処理および圧縮の過荷重の導入を行っていない溶接したままの状態の試験結果を示している．P 試験体はピーニング処理を施した試験結果を示している．P-OL 試験体は試験体にピーニング処理を施した後，圧縮の過荷重を導入した試験体であり，OL 後の数字は導入した過荷重の大きさを溶接止端位置の公称圧縮応力で示した値である．

図-3 から，T 字試験体では，P-OL290, 370 試験体ではピーニングの効果が大きく失われているが，P-OL220 試験体でピーニングの効果の大部分が残っていることがわかる．一方，図-4 から，面外ガセット溶接継手試験体では，P-OL300, 350 試験体では AW 試験体と同程度の疲労強度まで低下し，

それ以下の圧縮の過荷重を導入した試験体はピーニングの効果が一部残っており AW 試験体の疲労強度よりも高い値を示した．このように公称圧縮応力が 300MPa 以上になる大きな圧縮の過荷重が作用した場合，面外ガセット溶接継手試験体の方が T 字試験体よりピーニングの効果が大きく失われることがわかった．

4. 結論

- 1). T 字試験体では，ピーニング処理後，母材の公称圧縮応力が 200MPa 程度の圧縮の過荷重が作用しても，ピーニングによる疲労強度の向上効果が残されていた．
- 2). 面外ガセット溶接継手試験体では，ピーニング処理後，母材の公称圧縮応力が 200MPa 程度の圧縮の過荷重が作用した場合，ピーニングの効果が完全には失われていなかった．しかし，それ以上の圧縮の過荷重が作用した場合，ピーニングの効果は失われ，溶接したままの試験体と同程度の強度を示した．

謝辞 本研究は科研費(23760423)の助成を受けたものである．ここに謝意を示します．

参考文献

- 1). 柿野拓巳, 石川敏之, 山田健太郎, すみ肉溶接継手の溶接止端に発生した疲労き裂の ICR 処理による補修・補強, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.665-672, 2013.
- 2). 石川敏之, 清水優, 鞆一, 河野広隆, 山田健太郎, ICR 処理による疲労強度向上効果に圧縮の過荷重が与える影響, 鋼構造年次論文報告集, 第 19 巻, pp.345-350, 2011.

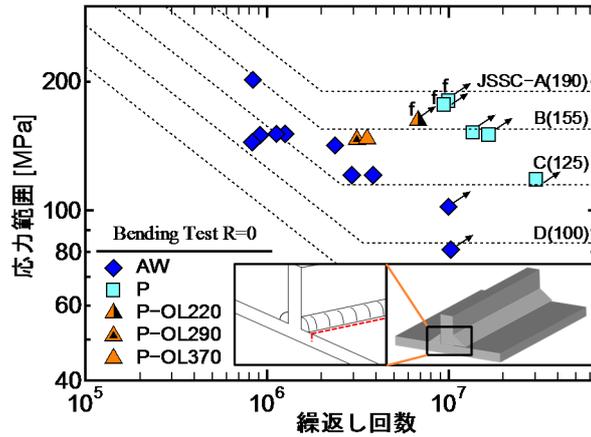


図-3 T字試験体の SN 関係

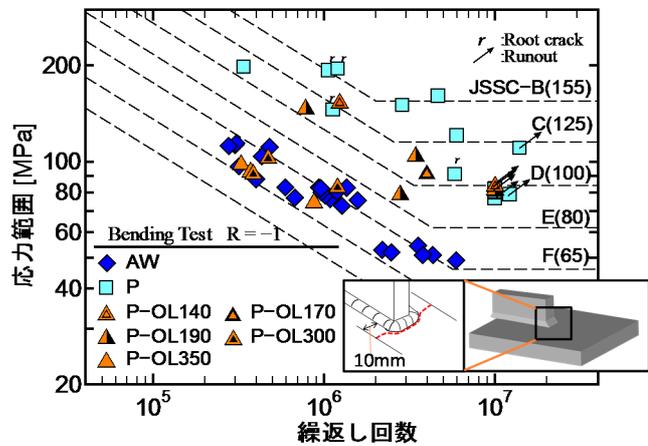


図-4 面外ガセット溶接継手試験体の SN 関係