

## 溶接止端から離れた位置へのピーニングによる疲労強度向上効果

京都大学 学生員 ○ロッケンバッハ 浄 正会員 石川 敏之, 服部 篤史, 河野 広隆

## 1. 研究背景

近年、鋼構造物の溶接部から発生した疲労き裂が多数報告されており、問題視されている。例えば、多数の部材が溶接された鋼床板では、交通荷重を繰返し受けることで疲労き裂が発生・進展し、舗装の損傷を引き起こすなど、構造物の安全性が損なわれている事例も報告されている。

このような疲労き裂の発生を予防する方法の一つとしてピーニング処理がある。ピーニング処理は溶接止端を専用のツールで打撃することで、溶接止端とその近傍に圧縮の残留応力を導入し、疲労強度を向上させる方法である。ハンマーピーニングや超音波ピーニングなど様々な工法のピーニング処理が実用されているが、止端形状を保ったまま溶接止端に圧縮残留応力を導入する手法として、止端近傍の母材をハンマーで垂直に打撃するピーニング処理(ICR 処理の準用)が近年提案された<sup>1)</sup>。図-1はハンマーの打撃を受け、打撃箇所が塑性変形した鋼板の模式図を示している。ICR 処理の準用によるピーニングでは、疲労強度向上に用いられる圧縮残留応力は、打撃箇所の極近傍②である。打撃箇所①は一般のピーニングによる圧縮残留応力であるが、打撃箇所周辺③、打撃箇所直下の裏面④にも、①や②より小さな圧縮応力が導入される<sup>1)</sup>。

ICR 処理を準用したピーニングでは、母材を垂直に打撃する必要があるため、狭隘な場所や板組み状態によっては溶接止端近傍を直接打撃できない場合が考えられる。しかし、このような箇所においても、図-2のように圧縮残留応力③や④を利用し、溶接止端に少しでも圧縮応力を導入できれば、疲労強度がある程度向上すると考えられる。そこで本研究では、母材表面のハンマー打撃箇所から5mm以上離れた範囲および打撃面の裏側の母材表面に導入される圧縮残留応力の利用可能性に着目し、ハンマー打撃位置と溶接止端の疲労強度向上効果の関係を板曲げ疲労試験により明らかにする。

## 2. 試験概要

本研究では、面外ガセット試験体を用いて板曲げ疲労試験を行った。最初に、試験体を架台に固定し片持ち状態にし、図-3のように溶接止端から溶接まわりに等しく $x(\text{mm})$ 離して母材おもて面を打撃する工法A、図-4のように母材の裏面からガセット軸方向にツールを動かして縦長に打撃する工法B、図-5のように母材の裏面からガセット軸直角方向にツールを動かして横長に打撃する工法C、の3通りのピーニングを施した。その後、板曲げ振動疲労試験機を用いて、公称応力範囲80MPa、応力比 $R=0, -1, -\infty$ で疲労試験を行い、疲労き裂が発生し溶接部から離れて母材上を10mm進展した際の繰返し回数 $N_{10}$ を測定した。また、比較のために、各応力比に対して、溶接したままのAW試験体の疲労試験も行った。

キーワード 面外ガセット溶接継手, ピーニング処理, 疲労強度

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター 構造物マネジメント工学講座 TEL 075-383-3321

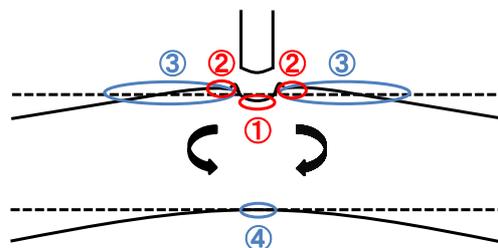


図1 鋼板の打撃箇所と導入される圧縮応力

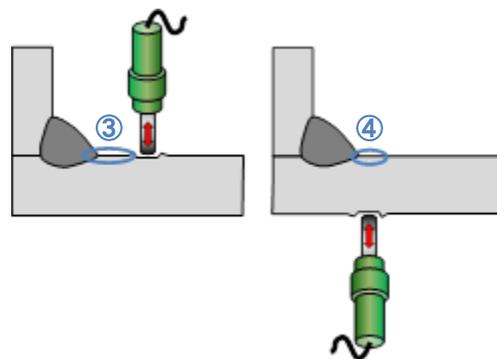


図2 本研究で検討するピーニング方法

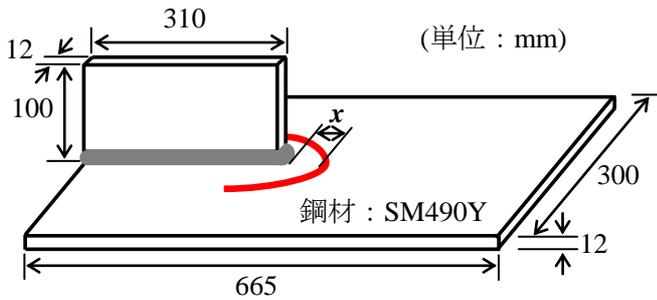


図 3 工法 A

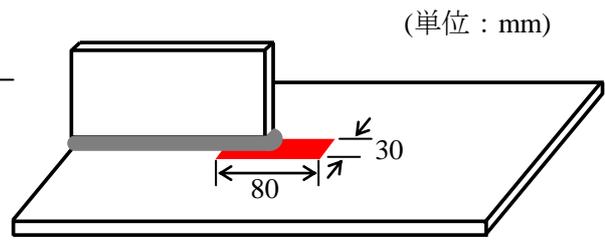


図 4 工法 B

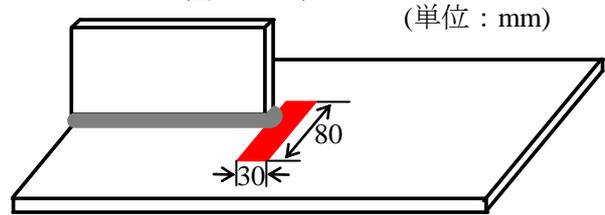


図 5 工法 C

3. 疲労試験結果

表-1 に各試験体の疲労試験の結果を示す. この表には, 各応力比に対して, それぞれの AW 試験体の  $N_{10}$  の値を基準としたときの各試験体の  $N_{10}$  の比も( )内に示している. 試験体の疲労寿命が, 各応力比の AW 試験体に対して約 2 倍以上であれば疲労等級が 1 段階上がり, 疲労強度向上効果が得られていると考えられるが, 各条件での試験体数が 1 体ずつであるので, 本研究では各応力比の AW 試験体に対して 3 倍以上の疲労寿命(表-1 の赤字)であった場合に一定の疲労強度向上効果が得られたと判断した.

表-1 から, 応力範囲 80MPa の面外ガセット試験体に対して, 工法

A によって, 引張片振り ( $R = 0$ ) では  $x = 5(\text{mm})$  までであれば 3 倍以上の疲労強度向上効果が得られ, 両振り ( $R = -1$ ) では  $x = 5(\text{mm})$  までであれば大幅に,  $x = 10(\text{mm})$  までであれば 5 倍以上の疲労強度向上効果が得られたことがわかる. そして, 圧縮片振り ( $R = -\infty$ ) では  $x = 20(\text{mm})$  まで大幅な疲労強度向上効果が得られた. 工法 B に対して, 両振り ( $R = -1$ ) では 3 倍以上, 圧縮片振り ( $R = -\infty$ ) では大幅な疲労強度向上効果が得られたが, 工法 C ではいずれの応力比においても明確な疲労強度向上効果が得られなかった.

4. 結論

本研究では, 面外ガセット試験体に対して, 溶接止端から 5mm 以上離れた範囲および止端部の裏面にピーニングを施し, 公称応力範囲 80MPa で板曲げ疲労試験を行った結果, 以下を明らかにした.

- 1) 溶接止端から等距離離して打撃するピーニングによって, 止端と打撃位置の距離が, 引張片振り ( $R = 0$ ) では約 5mm まで, 両振り ( $R = -1$ ) では約 10mm まで, 圧縮片振り ( $R = -\infty$ ) では約 20mm までの場合で疲労強度向上効果が得られた.
- 2) 溶接止端部の母材裏面からガセット軸方向に縦長に打撃するピーニング(工法 B)によって, 両振り ( $R = -1$ ) および圧縮片振り ( $R = -\infty$ ) の状態で疲労強度向上効果が得られたが, 母材裏面からガセット軸直角方向に横長に打撃するピーニング(工法 C)では, いずれの応力比においても明確な疲労強度向上効果が得られなかった.

謝辞 本研究は日本鋼構造協会の研究助成(代表者: 石川敏之)を受けた.

参考文献 1) 柿市拓巳, 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.

表 1 疲労試験の繰返し回数(万回)

応力比	AW	工法 A の打撃位置: x(mm)					工法 B	工法 C	
		0	5	10	15	20			25
$R = 0$	38.3 (1)	1000 <sup>r</sup> (*)	151 (3.95)	84.4 (2.21)	55.7 (1.45)	-	-	44.5 (1.16)	25.0 (0.65)
$R = -1$	57.2 (1)	-	1000 <sup>r</sup> (*)	296 (5.17)	144 (2.51)	-	-	211 (3.68)	63.8 (1.12)
$R = -\infty$	45.2 (1)	-	-	-	1000 <sup>r</sup> (*)	1000 <sup>r</sup> (*)	118 (2.61)	1000 <sup>r</sup> (*)	98.0 (2.17)

r, \* : run-out データ