

## 開口き裂に対する繰り返し PPP 処理の効果に関する検討

岐阜大学 学生会員 ○阪野裕樹 岐阜大学 正会員 木下幸治  
 岐阜大学 学生会員 秋山竜馬 東洋精鋼 半田充

### 1. はじめに

鋼橋の溶接継手部の疲労強度向上技術の一つで、溶接止端部に圧縮残留応力を導入することにより疲労強度向上を行う PPP 処理 (Portable Pneumatic needle-Peening) がこれまでに検討されている<sup>1)~2)</sup>。しかしながら、疲労き裂の開口後に PPP 処理を再度実施した検討はなされておらず、疲労き裂を再度開口することにより疲労寿命の向上が可能であれば、疲労強度向上だけではなく疲労寿命の向上、延命化、長寿命化が可能である、そこで、本研究では、面外ガセット溶接継手に発生・進展したき裂を対象に、PPP 処理により疲労き裂を閉口した後、再開口した処理部への再度行う PPP 処理の効果について検討した。

### 2. 試験概要

図-1 に試験体寸法、並びに板曲げ疲労試験機を示す。試験体鋼材は SM490 であり、主板には板厚 12mm の鋼板を用いている。付加板には、幅 200mm、板厚 12mm の鋼板を用い、CO<sub>2</sub>半自動溶接により、開先加工し溶接止端部の付加板から 50mm 程度の範囲を完全溶け込み溶接とし、残りの区間はすみ肉溶接とした。試験体一覧を表-1 に示す。試験体は立て板をガセット前面に設置し、スカラップを模擬したスカラップ試験体とした。本研究では山田<sup>3)</sup>により開発された板曲げ疲労試験機を用いて、応力比 R=-1 の両振りの板曲げ疲労試験を行った。

図-1 に示す溶接止端から長手方向に 12mm の位置で試験体中心から左右 75mm 離れた位置に貼り付けた公称応力測定位置で応力範囲 80MPa 程度の大きさを与えた。また、試験体にはき裂検知用の φ0.05mm の被覆銅線を貼付し、銅線が切断された時点でのき裂長さの繰り返し数を計測した。N<sub>toe</sub> は回し溶接部止端にき裂が発生し、溶接止端部に貼付した銅線が断線した段階、N<sub>b</sub> は回し溶接部からのき裂進展により回し溶接部端部の止端に貼付した銅線が切断し、き裂が母材に進展した段階とした。PPP 処理はき裂が N<sub>b</sub> の長さで検知できた際実施した後、PPP 処理部

が再開口するたびに繰り返し PPP 処理を行った。

### 3. PPP 処理概要

図-2 に処理方法を示す。本実験では、スカラップ狭隘部に対して PPP 処理を実施するために、狭隘部用特殊ピンを装着し実施した。試験体には狭隘部が存在するため、図中の番号の順に狭隘部を跨いで左右 3 回ずつ計 6 回 PPP 処理を実施した。また、既往の研究<sup>1)</sup>では、PPP 処理速度 0.1m/min で効果が得られたことより、処理速度 0.08m/min 程度で実施した。

### 4. 試験結果

図-3 に各処理段階における N<sub>toe</sub>、N<sub>b</sub> の繰り返し回

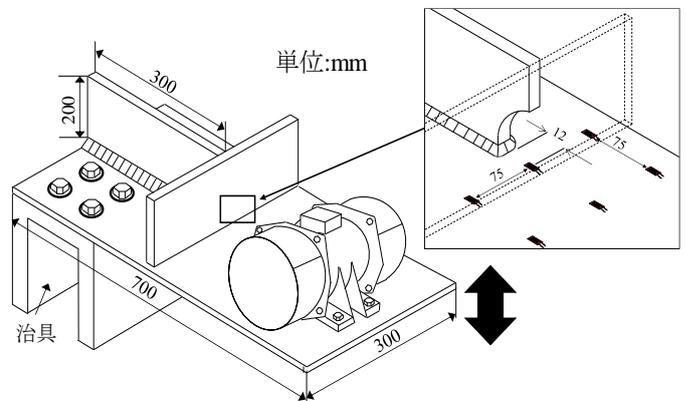
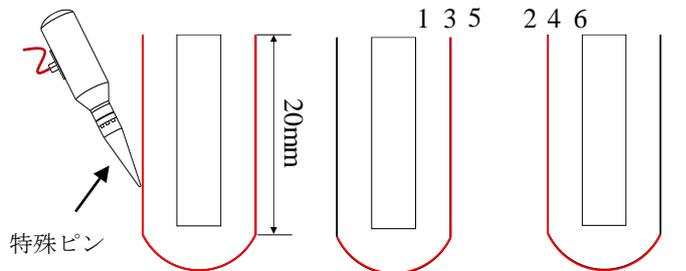


図-1 疲労試験概要



(a) 仕上げ延長 (b) 1, 3, 5 回目 (c) 2, 4, 6 回目

図-2 PPP 処理方法

表-1 試験結果

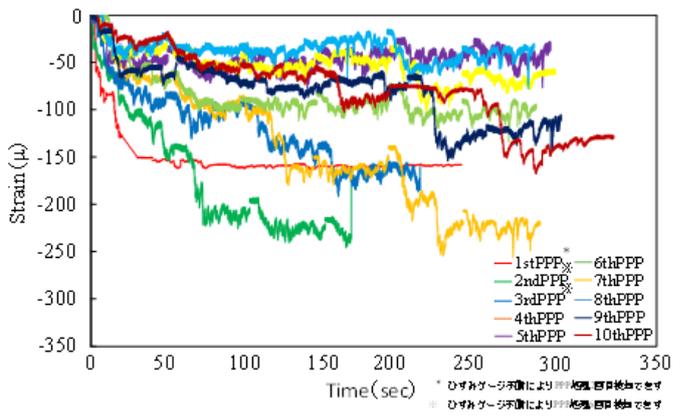
※銅線不備のため検知出来ず

試験体名	応力範囲 (MPa)	PPP処理回数	繰り返し数 (回数)		試験体名	応力範囲 (MPa)	PPP処理回数	繰り返し数 (回数)	
			N <sub>toe</sub>	N <sub>b</sub>				N <sub>toe</sub>	N <sub>b</sub>
AP1	81	As-weld	20,000	203,400	AP2	81	As-weld	111,400	344,100
		1st	124,100	548,500			1st	3,400	601,900
		2nd	2,500	250,600			2nd	19,900	628,600
		3rd	20,100	366,500			3rd	1,200	439,600
		4th	8,800	34,800			4th	2,300	1,217,100
		5th	11,100	163,900	5th	1,100	389,400		
		6th	13,000	256,500	AP3	81	As-weld	103,200	285,400
		7th	3,500	8,400			1st	※	423,200
		8th	※	68,500			2nd	※	※
		9th	3,100	156,100			3rd以降試験中		
10th	1,800	65,900							

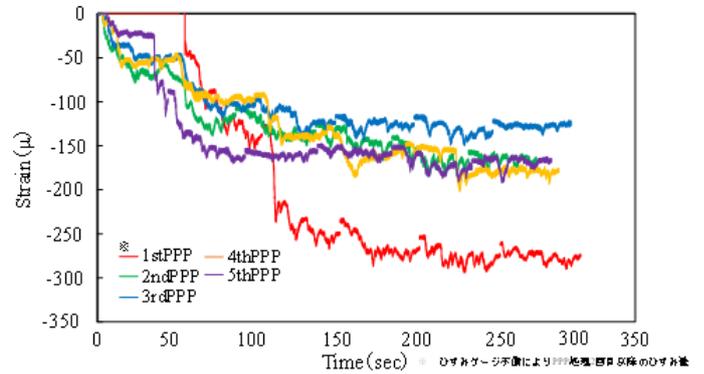
数で整理した試験結果を示す。AP1 における  $N_{toe}$  の繰り返し数は As-weld と同等程度とは言い難く大きく差があるもので約 10 万回程度の差が生じていることが確認できた。これは、狭隘部が邪魔をしてき裂の直上をしっかりと打撃出来てきていなかったことが考えられる。AP2 における  $N_{toe}$  の繰り返し数は、As-weld と同等程度とは言い難いが、1st 以降と比較すると同等程度といえる。AP1, AP2 両者の  $N_b$  の繰り返し数は 5 回目程度まで As-weld のそれと同等程度であることがいえ、繰り返し処理することによって疲労寿命延命が可能であるといえる。

図-4 に PPP 処理中の溶接部近傍のひずみ計測結果を示す。AP1 では-50 $\mu$  程度以上のひずみが各処理段階において導入されていることが確認できた。5thPPP までの 5 回の処理と 10thPPP までの 5 回とを比較すると、溶接部近傍におけるひずみ導入量に差が見られ、後半 5 回では約半分程度となっている。AP2 では-100 $\mu$  以上のひずみが導入されていることが確認できた。

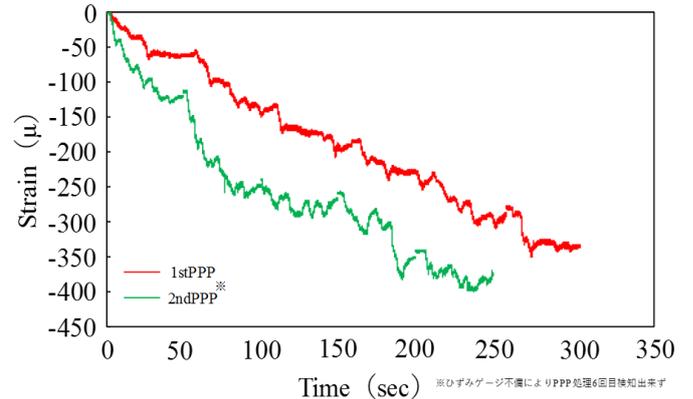
図-5 に止端形状計測結果を示す。AP1 では、10thPPP まで止端半径の平均がおおよそ 1.5mm から大きな変化が見られないのに対し、AP2 の止端半径では各処理段階において多少の差異はあるものの最小止端半径と AP1 の 10thPPP までの最大止端半径とが同等程度以上となっていることがいえる。また、AP2 では、狭隘部の中央付近である計測位置 4~6 の止端半径が大きいことから AP1 と比較して狭隘部が打撃出来ていたのではないかと考えられる。各 PPP 処理段階においてどのように止端形状がどのように変化したのか確認する必要があると考えられる。



(a) AP1

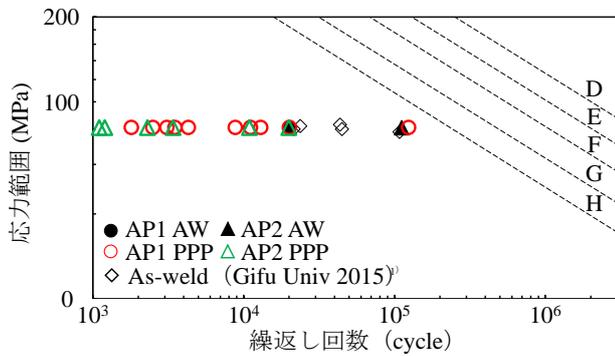


(b) AP2

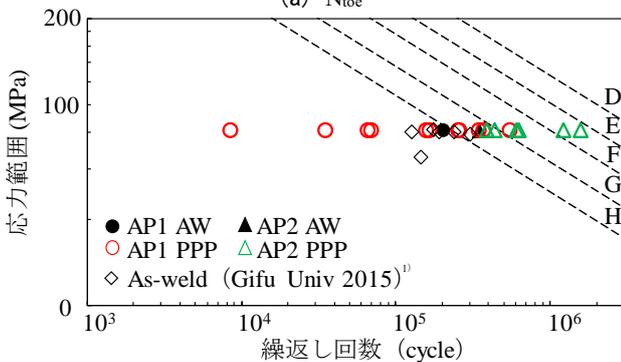


(c) AP3

図-4 PPP 処理中の溶接部近傍のひずみ計測結果

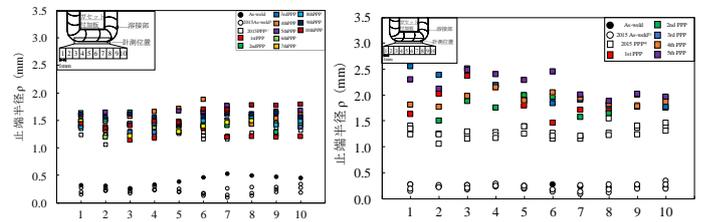


(a)  $N_{toe}$



(b)  $N_b$

図-3 繰り返し回数



(a) AP1

(b) AP2

図-5 止端形状計測結果

<参考文献>

- 1) 木下ら：ニードルピーニングによる溶接継手部の疲労強度向上効果，鋼構造年次，2016
- 2) 井上ら：エア式ニードルピーニングによる面外ガセット溶接継手の疲労強度向上対策，東京鉄骨橋梁技術報，No57, pp.38-45, 2016
- 3) 山田ら：垂直補剛材と鋼床板デッキプレートのおすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，第14巻，第55号，pp1-8,2007.9