

疲労き裂が生じたガセット溶接継手部へのピーニング処理の効果

岐阜大学大学院 学生会員 ○阪野裕樹 岐阜大学 正会員 木下幸治
MK エンジニアリング (株) 秋山竜馬 東洋精鋼 (株) 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^{1), 2)}。また、PPP 処理により疲労き裂を閉口する試みを実施されてきている³⁾。閉口したき裂が開口した場合、開口後に PPP 処理を再度実施することで、As-weld の疲労強度まで戻すことが可能であれば、疲労強度向上だけではなく疲労寿命延命が可能である、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 処理を用いた疲労き裂の閉口効果について、再開口したき裂への繰り返し閉口処理を行った効果を含めて検討した。

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 SM490A である。主板、付加板は板厚 12mm の鋼板である。CO₂ 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。試験体にはスカラップを模擬した。本研究では山田ら⁴⁾ により開発された板曲げ試験機を用いて、応力比 R=-1 の両振りの疲労試験を行った。

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ひずみゲージを公称応力測定位置とし、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被覆銅線を貼付し、回し溶接部止端で検知されたものを N_{toe}、回し溶接部端部の側面で検知されたものを N_b とし繰り返し数を計測した。PPP 処

理はき裂が N_b の長さで検知できた際に実施した後、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 PPP 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-2 (b), (c) に示す番号の順に狭隘部を跨いで左右 3 回、計 6 回 PPP 処理を実施した。PPP 処理 1 回につき 50 秒、合計 3 分程度の打撃を行った。これは、既往の研究¹⁾ において PPP 処

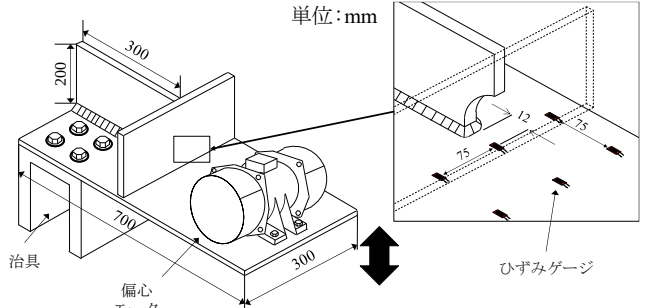
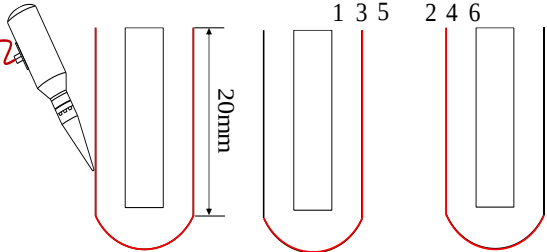


図-1 疲労試験概要



(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

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)	
			Ntoe	Nb				Ntoe	Nb
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					
		10th	1,800	65,900					

※銅線不備のため検知出来ず

キーワード：ニードルピーニング、疲労強度、面外ガセット溶接継手

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2424

理速度 0.1m/min で効果が得られていることから、既往の研究¹⁾を参考に PPP 処理速度 0.08m/min 程度で実施した。また、発生した疲労き裂に対し処理区間 3～4 パス程度を目安にき裂の直上から押しつぶすように打撃を行った。

4. 試験結果

図-3 に Nb における疲労試験結果を示す。図は縦軸に繰返し数、横軸に PPP 処理回数を示す。図中の点線は応力範囲 81MPa における疲労強度等級を示す。AP1 における繰返し数は 3 回目程度まで As-weld のそれと同等程度であった。ただし、3 回目以降では、処理効果が低い場合も確認された。AP2 では、5 回目まで As-weld のそれと同等以上となった。特に、4 回目では 2 等級程度の疲労強度向上効果が得られた。さらに、AP1, AP2 の合計の繰返し数は、両試験ともに繰返し閉口処理を行うことで 200 万回以上を超えることが可能であった。

図-4 に AP2 における PPP 処理中における溶接部近傍のひずみ計測結果を示す。ただし、1stPPP 計測時において PPP 処理時にひずみゲージの不備があったため、2 回目以降のひずみ計測結果となっている。PPP 処理中の溶接部近傍におけるひずみ計測結果は 1stPPP では-300 μ 以上のひずみ導入量となり、以後 5thPPP まで-100 μ 程度以上のひずみ導入量となった。この結果は繰返し PPP 処理を行ってもある程度圧縮残留応力が導入可能であることを示唆していると考えられる。

図-5 に AP2 の各 PPP 処理段階の止端形状計測結果を示す。図-5 (a) の処理深さは繰返し PPP 処理を施すことにより 5thPPP まで増加することが確認できた。図-5 (b) の処理幅についても、As-weld から 1stPPP にかけて大幅に増加し、5thPPP まで緩やかに増加していることが確認できた。図-5 (c) の止端形状計測結果の最小値は各処理において 1.5mm 程度以上となっており、これは PPP 処理に用いた狭隘部用金属製ニードルの先端曲率半径である 1.5mm を概ね満足していることから、各 PPP 処理において十分な打撃が行えていることが確認できたと言える。

5. 結論

- [1] 疲労試験結果より、Nb 程度の疲労き裂に対して少なくとも 3 回目程度まで繰返し PPP 処理を施すことにより、As-weld と同等程度の繰返し数となることがわかった。また、き裂開口毎に PPP を用いた閉口処理を繰返すことにより、繰返し数 200 万回以上を達成することが可能である。
- [2] 各 PPP 処理時の止端形状計測結果より、処理深さ、処理幅、止端半径は 5 回目まで増加する傾向であることが確認できた。これより、少なくとも 5 回目程度まで繰返し PPP 処理を実施可能であると言える。

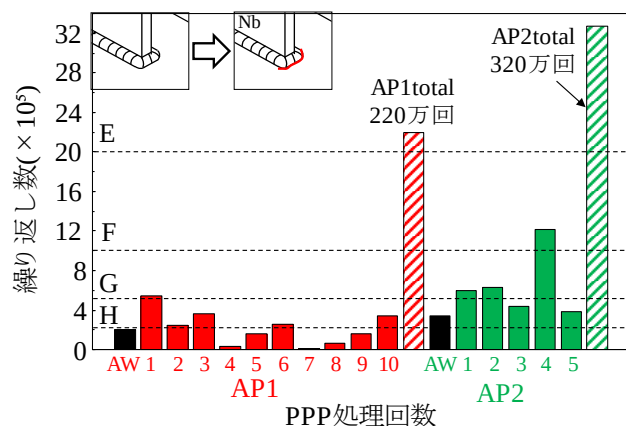


図-3 Nb における疲労試験結果

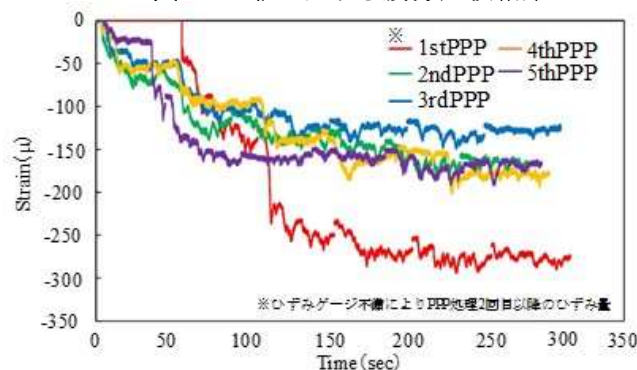


図-4 AP2 における PPP 処理中の溶接部近傍におけるひずみ計測結果

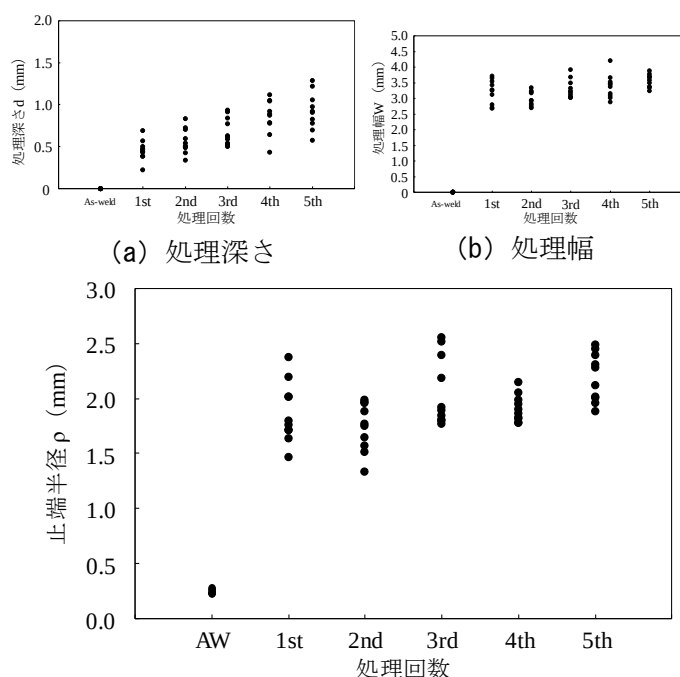


図-5 AP2 における止端形状変化

<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：エアー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，No.57，pp.38-45，2016
- 3) 笹木ら：溶接止端部にき裂を有するステンレス鋼のピーニングによる疲労強度向上とき裂の無害化，圧力技術，vol.53，No.3，pp.140-148，2015
- 4) 山田ら：垂直補剛材と鋼床板デッキプレートの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