

ショット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効果

岐阜大学 学生会員 ○秋山竜馬 岐阜大学 正会員 木下幸治
ヤマダイインフラテクノス 山田翔平 東洋精鋼 半田充

1. はじめに

ショットピーニングは、鋼材表面に無数のショット材を衝突させることにより表面に圧縮残留応力を導入する処理である。直接的に溶接止端部を打撃するハンマーや超音波ピーニングに比べ、既に航空機関連の部品へ実用化されているように、ショット材と投射方法等により品質確保が正確である点は優位である。しかし、既設鋼橋への適用を想定した場合、現場でのショット材の回収が困難であったことから、ショットピーニングによる疲労強度向上は見送られてきていた。

そこで、著者らは、鋼橋の塗替塗装工事にショットピーニングを実施可能とする工法を開発し、既設鋼橋へのショットピーニング処理を可能とした。この工法は塗替塗装時に行うブラストと同様の設備を使用し、特殊投射ノズルとブラスト機セパレートシステムをショットピーニング用に交換して、ショットピーニングを実現可能とするものである。

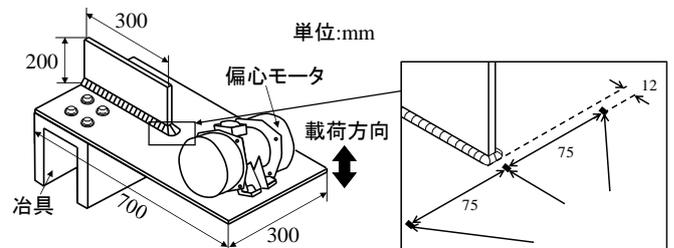
本稿では、面外ガセット溶接継手部の板曲げ疲労試験により、上記工法により実施されるショットピーニングの疲労強度向上効果を報告する。

2. 試験概要

図-1 に試験体の寸法、並びに板曲げ試験機を示す。試験体鋼材は SM490A 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、CO₂ 半自動溶接により、開先加工し溶接止端部側の付加板端部から 50mm 程度の範囲を完全溶け込み溶接とし、残りの溶接区間はすみ肉溶接とした。試験体の一覧を表-1 に示す。A1~A3 は溶接まま試験体、B1~B3 はショットブラスト処理を実施した試験体（ブラスト試験体）、BP1~BP3 は、写真-1 のようにショットブラスト処理後に、ショットピーニング処理を実施した試験体（ピーニング試験体）を作製した。ここで、既往の研究¹⁾でブラスト処理による疲労強度向上効果が報告されてきている。本工法は塗替塗装時のブラスト実施後にショットピーニングを行うことから、ブラスト後であっても効果が確保できるのか検証する必要がある。

図-1 (b) 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 離れた位置に貼付した公称応力計測位置で応力範囲 80MPa 程度の大きさを与えた。応力範囲 80MPa 程度で繰返し回数 1000 万回に至った場合、応力範囲を 120MPa 程度に増加



(a) 試験体寸法と試験機 (b) ひずみゲージ貼付位置

図-1 試験体寸法とひずみゲージ貼付位置

表-1 試験体一覧と疲労試験結果

試験体名	止端処理	応力範囲 (MPa)	疲労試験結果(回数)				備考
			Ntoe	Nb	N10	N20	
A1	溶接まま	80.0	21,400	126,100	199,000	257,800	試験中に載荷速度を変更したため、等価応力範囲で整理
A2		等価応力範囲	80.00	80.00	72.76	63.52	
A3		繰返し回数	44,800	188,900	390,000	695,100	
		等価応力範囲	83.00	78.49	73.50	68.80	
B1	ブラスト処理	79.0	-	384,800	473,300	619,100	銅線検知不良のため、Ntoe検知できず
B2		81.0	338,000	503,600	656,500	738,900	
B3		80.0	157,500	443,000	753,100	769,000	
BP1	ブラスト+ ショットピーニング処理	79.0	-	1,000万回到達、120MPa程度に			銅線検知不良のため、Ntoe検知できず
BP2		120.0	-	876,300	934,500	998,900	
		82.0	-	1,000万回到達、120MPa程度に			
BP3		120.0	-	300,300	336,400	363,800	
		83.0	1,000万回到達、120MPa程度に				
		119.0	134,100	282,300	327,500	371,400	-

表-2 溶接部止端形状の平均値

	ρ (mm)	L(mm)	H(mm)	θ (°)	d(mm)	w(mm)	L'(mm)
A	0.26	12.6	8.4	115	0.00	0.0	21.3
B	0.43	13.2	8.5	127	0.03	0.6	21.9
BP	0.73	12.8	8.3	131	0.07	1.4	21.4



写真-1 ショットピーニング処理状況

させて試験を継続した。また、試験体には、き裂検知用の被覆銅線を貼付し、銅線が切断された時点のき裂長さの繰返し回数を計測した。N_{toe}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_b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断線し、き裂が母材に進展した段階、N₁₀はき裂が溶接部止端から母材に10mm進展した段階、N₂₀はき裂が溶接止端から母材に20mm進展した段階とした。表-2に各試験体の溶接止端の曲率半径 ρ 、溶接脚長 L、止端角 θ 、処理幅 w、処理深さ d の平均値を示す。

3. 試験結果

表-1 並びに図-2 に疲労試験結果を示す。表-1 に示すように溶接まま試験体 A1~A3、ブラスト試験体 B1~B3 では80MPa程度でき裂が確認でき、N₂₀までのき裂が確認された。ピーニング試験体 BP1~BP3では応力範囲80MPa程度でき裂の発生は認められず、繰返し回数1000万回に至り、応力範囲を120MPa程度にして継続した。ピーニング試験体はN_{toe}、N_b、N₁₀、N₂₀のいずれのき裂長さにおいても溶接まま、ブラスト試験体と比べ繰返し回数が長かったことがわかる。なお、A2、A3は板曲げ試験中に载荷速度を変更したため等価応力範囲で整理している。なお、B1のN_{toe}、並びにBP1、BP2のN_{toe}では銅線検知不良のため(具体的には、銅線が先に疲労破断したため等)検知できていない。図-3より溶接まま、ブラスト試験体に比べ、ピーニング試験体はN_{toe}、N_b、N₁₀、N₂₀のいずれ

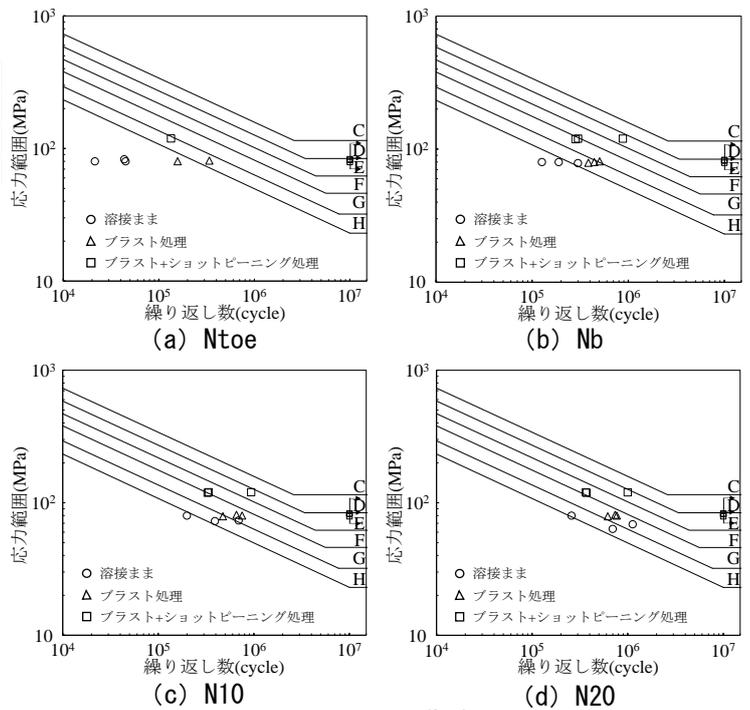


図-2 S-N 曲線

のき裂長さであっても溶接ままよりも高く、図-3(d)のN₂₀ではばらつきはあるが溶接まま試験体とは2等級近く、ブラスト試験体とは1等級近く疲労強度が向上したと言える。また、表-2よりピーニング試験体の溶接止端曲率半径 ρ は0.73mm程度と溶接まま試験体の0.26mm程度、並びにブラスト試験体の0.43mm程度から向上がみられた。ショットピーニングにより溶接止端形状が若干の改善がうかがえる。

4. 結論

疲労試験結果より、ショットピーニングにより溶接ままと比べて2等級程度、また、ブラスト処理後であっても1等級程度疲労強度向上が可能であることが確認された。ただし、80MPa程度で1000万回を到達している点からは、80MPa程度までは疲労フリーに近い状態にすることが可能な非常に高い効果があるといえる。今後は、更に効果を高めることが可能かについて、ショット材の径や、ブラスト、ショットピーニングの打撃方法、エア圧力、投射角度などの条件を詳細に検証する予定である。

<参考文献> 1) 山田ら：面外ガセット溶接継手の曲げ疲労強度に及ぼすショットブラストの影響，土木学会構造工学論文集，Vol.54，pp.522-529，2008.3.

<試験施工条件> 岐阜大学，ヤマダインフラテクノス，東洋精鋼にて，投射距離，投射時間，ショット圧力，投射ノズル径，投射ノズル角度，ショットピーニング材粒径等を定め，試験を実施した。