

橋梁用ショットピーニング処理された溶接継手部の疲労強度に及ぼす応力比の影響

岐阜大学 学生会員 ○渡邊和輝, 岐阜大学大学院 学生会員 高井教名
 岐阜大学 正会員 木下幸治, 阪野裕樹
 ヤマダインプラテクノス 山田翔平

1. はじめに

鋼橋溶接継手部に発生する疲労き裂は、発見・対応が遅れると落橋や供用停止の事態を引き起こしかねず、甚大な社会損失が生じるため、予防保全を実施することが望まれている。疲労き裂の発生を防止する技術の一つに、鋼材表面にショット材を高速で衝突させ、表面に圧縮残留応力を導入させるショットピーニング（以下、SP）技術がある^{例）}。米国では既設の鋼橋溶接継手部に対して既に1990年代に試みられている²⁾。我が国では既設鋼橋の塗替塗装時に実施するグリッドブラスト（以下、GB）処理の設備を活用して、ショット材を回収・循環可能な設備を開発し³⁾（図-1）、既設橋梁へSP施工を可能とした著者らの橋梁SPの検討以外には、殆ど実施されてこなかった。これは、既設鋼橋への適用に際し、環境保護のためにショット材の飛散防止回収対策が大掛かりになるためと考えられる。著者らは、上述した塗装塗替に合わせることでできる効率的かつショット材の循環が可能な環境にやさしい既設鋼橋溶接継手部の疲労き裂予防保全工法として、本技術の適用を進めている。

本研究室のこれまでの研究⁴⁾では、橋梁用のSP処理回数が溶接継手部の疲労強度向上効果に及ぼす影響を明らかにするために、SP処理回数を1~3回と変化させた面外ガセット溶接継手試験体の応力比 $R=-1$ の疲労試験を実施し、SP2回以上の疲労試験結果はJSSC（日本鋼構造協会）のテクニカルレポートで提案されたピーニング処理された溶接継手部の疲労強度曲線⁵⁾を満足することを明らかにしてきた。

本研究ではSP処理された溶接継手部の疲労強度に及ぼす応力比の影響を明らかにするために、著者らの既往の検討から応力比を変えた試験体の板曲げ振動疲労試験を実施した。

2. 疲労試験概要

図-2に試験体寸法と板曲げ疲労試験装置を示す。面外ガセット試験体を対象として、試験体の母材の板厚は

12mmとし、鋼種にはSM490Aを用いた。疲労試験中に試験体溶接部に作用する応力範囲は、図-1に示す溶接止端から長手方向に12mm、幅方向に75mm離れた位置のひずみゲージの計測結果と後述の計算を基に算出した。

表-1に疲労試験体一覧を示す。8体の試験体を製作した。SP処理は施工する領域に特殊蛍光塗料を塗布し、剥がれ具合を示すカバレッジが90%以上（施工回数2回）となるよう管理した⁶⁾。なお、今回の疲労試験に用いた試験体は、施工方法の違いが疲労強度に及ぼす影響について確認することを目的とした試験体を用いたため、施工角度が鉛直に近い、すなわち、溶接止端部を直接的に打撃する角度ではない試験体を流用して実施している。

疲労試験は、応力比 $R=-1, 0, 0.5$ にて実施した。具体的には、 $R=-1$ を1体、 $R=0$ を5体、 $R=0.5$ を2体の合計8体とした。表-1のJSSC整理（MPa）は、疲労試験時のひずみゲージによる測定値から止端部の応力範囲を算出し、梁理論により求めた止端部の公称応力範囲との差異を補正する係数を乗じ、引張疲労強度と等価に扱うため4/5倍することで算出した⁵⁾。

3. 疲労試験結果

図-3に N_{10} 時の疲労試験結果を示す。著者らの既往の結果と同様に、 $R=-1$ の条件下では応力範囲80MPaで1000万回に到達し、応力範囲120MPaで疲労強度がC等級程度となり、溶接まま（AW）の疲労強度（G等級）より4等級向上した。 $R=0$ の条件下では5体の試験体の内、2体



図-1 SP処理状況

は 80MPa で N_{10} に到達したが、残りの 3 体は 80MPa で 1000 万回に到達した。その 3 体については、応力範囲を 120MPa に増加させて実験を行った結果、それらの 3 体の疲労強度はすべて AW と同等の G 等級程度となり、他のピーニング手法よりも効果が小さくなったと言える。R=0.5 では疲労強度が AW と同等の G 等級程度となった。この R=0.5 の結果は、他のピーニング手法でも見られる傾向であった⁵⁾。

以上より、応力比の増加に伴い、SP による疲労強度向上効果が減少することが確認できたが、応力比 R=0 の試験に用いた試験体の施工方法が直接的に溶接止端部を打撃しない角度で施工した試験体を用いた結果、他のピーニング手法と同様の高い疲労強度向上効果が得られなかったと考えられる。引き続き SP を確実に施工した試験体を用いた疲労試験を継続する予定であるが、少なくとも本試験により、SP により応力比 R=0 においても応力範囲 80MPa で疲労き裂が生じないことが実証できた。図-4 に

疲労破面の 1 例を示す。溶接止端がき裂の起点となった。

参考文献：

- 1) 村上ら：ばね鋼の疲労強度に影響を及ぼす介在物，ショットピーニング，脱炭素，微小表面ピットの総合評価，ばね論文集，Vol.39，pp7-16，1994.
- 2) Metal Improvement company Inc., Carlstadt, New Jersey : A Concept for Preventing Repeated Weld Repairs of Bridge Structures, pp.208-226, 1990.
- 3) Kinoshita et al : Fatigue Strength Improvement of Welded Joints of Existing Steel Bridges by Shot-Peening, International Journal of Steel Structures, Vol.19, No.2, pp.495-503, 2019.
- 4) Kinoshita et al : Fatigue strength of shot-peened welded joints of steel bridges, International Journal of Steel Structures, 2022.
- 5) 日本鋼構造協会：JSSC テクニカルレポート No.120, 2020.
- 6) Kinoshita et al : Application of shot peening for welded joints of existing steel bridges, Welding in the World, 64, pp.647-660, 2020.

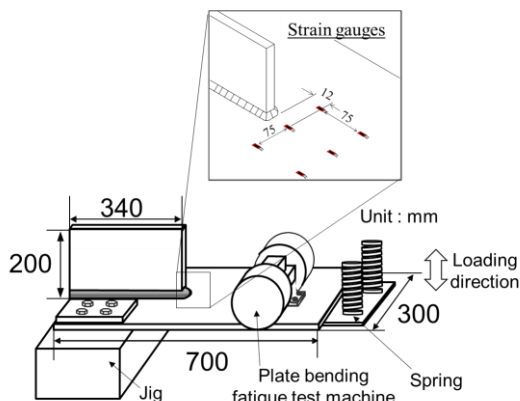


図-2 試験体と疲労試験装置

表-1 試験体一覧と疲労試験結果

応力比	番号	応力範囲 (MPa)	JSSC整理 (MPa)	繰り返し回数 (Cycle) N_{10}	破壊起点
R=-1	SP①	80	78	10,000,000	止端
		120	117	4,508,000	
R=0	SP②	80	78	796,200	止端
	SP③	80	78	504,200	止端
	SP④	80	78	10,000,000	止端
		120	117	166,500	
	SP⑤	80	78	10,000,000	止端
		120	117	294,300	
SP⑥	80	78	10,000,000	止端	
	120	117	200,900		
R=0.5	SP⑦	60	58	1,267,700	止端
	SP⑧	60	58	872,000	止端

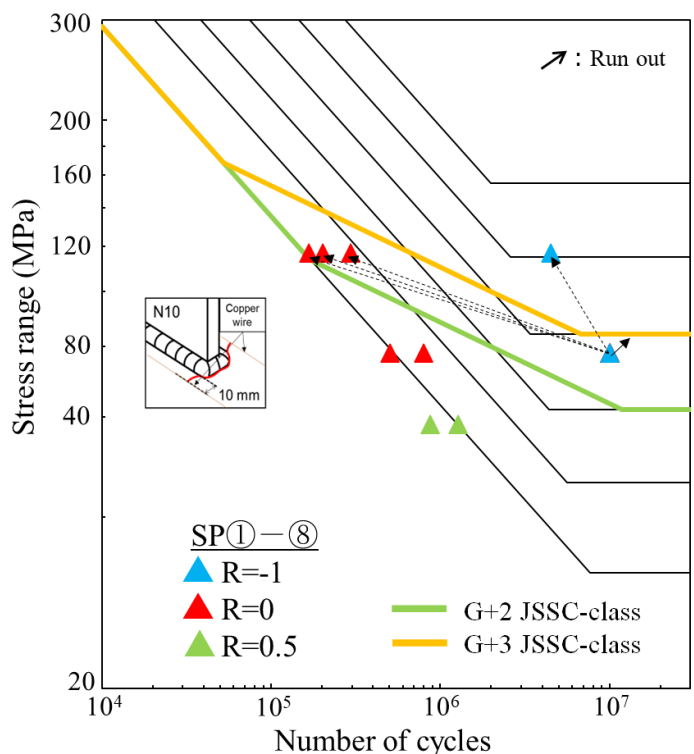


図-3 N_{10} 時の疲労試験結果



図-4 疲労破面の一例