

母材打撃ハンマーピーニングによる継手疲労強度向上に関する研究（第1報）
ハンマー打撃痕形状と疲労強度との関係

JFE スチール 正会員○中西克佳 JFE スチール 正会員 森影 康
JFE スチール 正会員 村上琢哉 JFE スチール 非会員 伊木 聡
JFEエンジニアリング 正会員 輒 一 JFEエンジニアリング 非会員 土居 真

1. はじめに

疲労亀裂進展の抑制方法として、ハンマーピーニング（以下、HP）によるICR技術¹⁾が知られている。一方、鋼構造物溶接部の疲労強度を向上する方法としては、溶接止端形状の完全により応力集中現象を緩和する方法と、溶接止端に圧縮残留応力を導入する方法とが知られている²⁾。本研究では、後者の方法に着目し、橋梁において主部材として使用される機会が多く、疲労上問題となる可能性の高いSM490Y材の角回し溶接部を対象に、母材を打撃して溶接止端に圧縮残留応力を導入するHPによる溶接部の疲労強度向上効果を検証し、疲労強度2等級以上向上を達成するHP打撃痕形状の閾値を明確化する。

2. 溶接継手疲労試験

溶接継手試験体の寸法・諸元を、図1に示す。使用鋼材は、母材、ガセットともに上降伏点419N/mm²、引張強度556N/mm²、伸び率22.6%、ヤング係数211,506N/mm²、およびポアソン比0.28のSM490Yである。母材とガセットとは下向きのすみ肉溶接で、溶接条件は、MXZ200-1.2Φ、100%CO₂、電流240A、電圧30V、速度40CPM（入熱量10.8KJ/cm）、および狙い脚長6mmとした。試験体へのHP施工は、図2に示すように平坦面3mm×3mmに端部に0.5mmにR（丸み）を付けた削り出し加工を施したエアール先端部を、溶接止端部母材へ垂直に押し当てながら打撃した。エアール先端部が対象物に与える振動は、90Hz程度である。エアール先端部を平坦とした理由は、平坦である方が溶接止端部への圧縮残留応力の導入効率が高いためである³⁾。

図3には、HP施工イメージを示す。

表1には、溶接継手疲労試験ケースの内訳を示す。すなわち、疲労試験は、载荷公称応力範囲100MPaに対しHP施工回数0回（溶接まま）、ならびに载荷公称応力範囲150MPa、200MPa、および250MPaの3ケースに対しHP施工回数を0～4回とした計16ケースに関して実施した。ここで、HP施工回数の変動は、圧縮残留応力導入量の変動を意味しており、圧縮残留応力の導入量と疲労強度との関係を明確化することを意図している。

3. 試験結果とその考察

図4には、各ケースの疲労試験結果を、日本鋼構造協会の疲労強度等級²⁾と比較して示す。なお、図4中には、ハンマー打撃痕の窪み面積（最大深さ×幅）を併記している。また、図4中の矢印は、疲労亀裂が未発生である

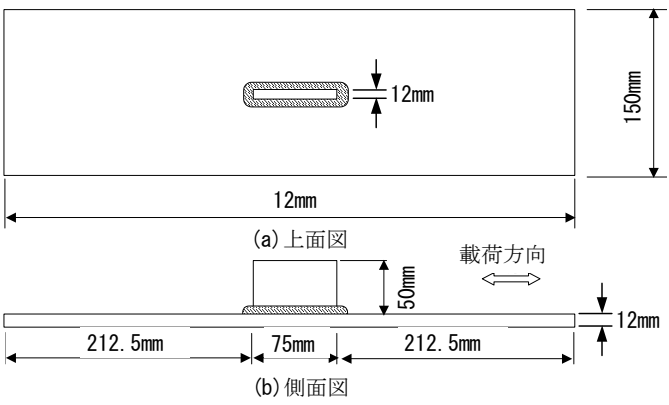


図1 溶接継手試験体の寸法・諸元

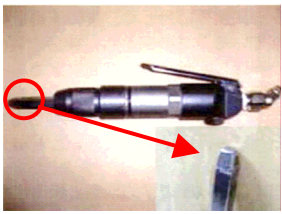


図2 エアール工具

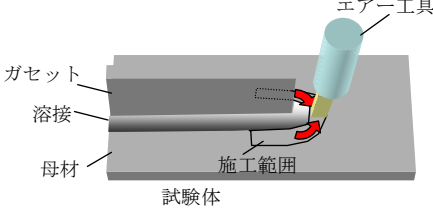


図3 HP施工イメージ

表1 溶接継手疲労試験ケースの内訳

		HP 施工回数				
		0 回	1 回	2 回	3 回	4 回
载荷公称 応力範囲 (MPa)	100	○実施	—	—	—	—
	150	○実施	○実施	○実施	○実施	○実施
	200	○実施	○実施	○実施	○実施	○実施
	250	○実施	○実施	○実施	○実施	○実施

Key Words：疲労強度向上，ハンマーピーニング，溶接継手，疲労試験，保証方法，ハンマー打撃痕

〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町1番1号 TEL：044-322-6593 FAX：044-322-6519

ものの時間の都合で疲労試験を中断したことを意味している。図4から、HP 施工回数の増加に伴って、窪み面積が増加していることが分かる。また、HP 施工回数が増加するにつれて、疲労強度が向上していることが伺える。さらに、溶接ままの試験体が E 等級となったことから、少なくとも3回の HP 施工で疲労強度等級2等級向上以上の C 等級以上となることが分かる。

溶接継手疲労試験に先立ち、レーザー変位計によりハンマー打撃痕の形状を測定した。また、X線回折法により HP 施工後の導入残留応力を計測した。図5には窪み面積と残留応力との関係を、

図6には窪み面積と载荷公称応力範囲 250MPa 時の破断回数との関係を、それぞれ示す。図5より、窪み面積の増加に伴い、圧縮残留応力の導入量が増加していることが分かる。また、図6より、窪み面積の増加に伴い、破断に要する载荷回数が増えていることが分かる。これらのことから、導入残留応力はハンマー打撃痕の窪み面積で管理でき、かつ導入圧縮残留応力量すなわち窪み面積が大きいほど疲労強度が向上すると言える。また、図4の考察で述べたように、SM490Y 材において疲労強度等級2等級向上の C 等級を達成させるためには、ハンマー打撃痕の窪み面積が 1mm^2 以上必要と言える。

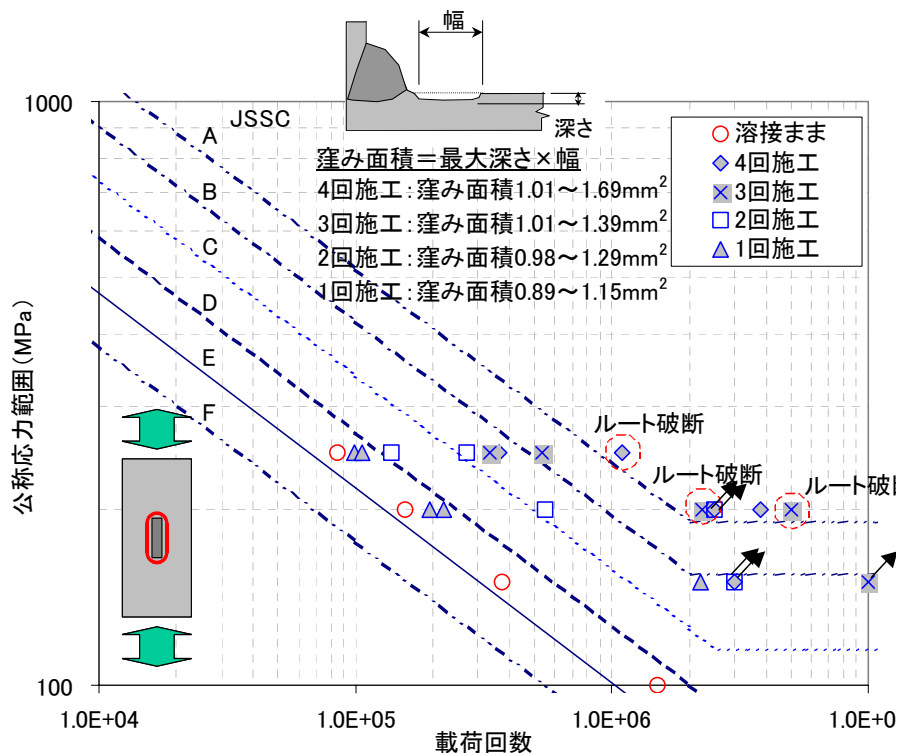


図4 各ケースの疲労試験結果

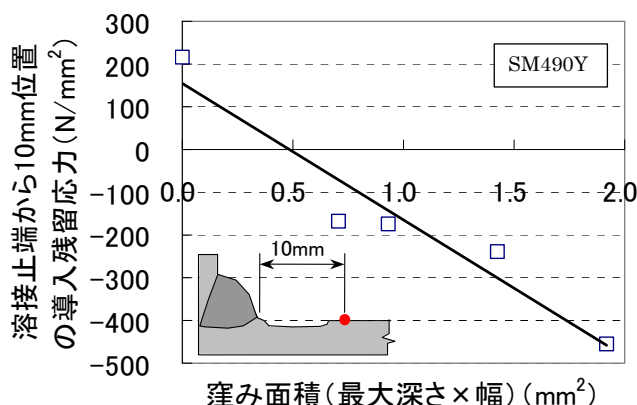


図5 窪み面積と残留応力との破断回数との関係

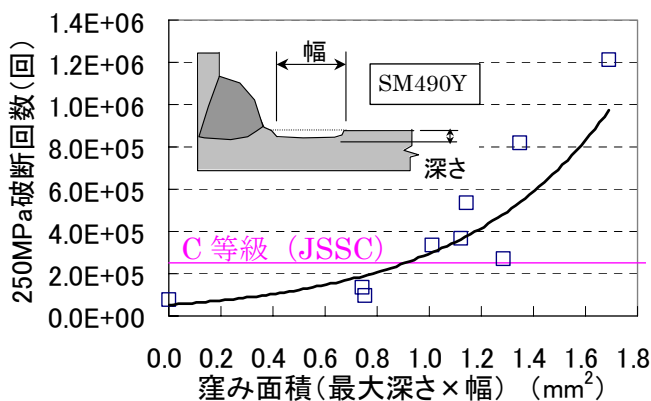


図6 窪み面積と 250MPa 破断回数との関係

4. まとめ

本研究では、橋梁において主部材として使用される機会が多く、疲労上問題となる可能性の高い SM490Y 材の角回し溶接部を対象に、母材を打撃して溶接止端に圧縮残留応力を導入するハンマーピーニングによる溶接部の疲労強度向上効果を検証し、疲労強度2等級以上向上を達成する HP 打撃痕形状の閾値を明確化した。

参考文献：1) 石川敏之・山田健太郎・柿市拓巳・李薈：土木学会論文集 A, Vol.66, No.2, pp.264-272, 2010.6.

2) (社)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (2012 年改訂版), 2012.6.

3) 加藤健三著：金属塑性加工学, 丸善, pp.74-76, 1971.