

鋼材の静的強度が母材打撃ハンマーピーニングの疲労強度向上効果に及ぼす影響

芝浦工業大学 学生会員 ○永田 紘己
芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾

1. はじめに

溶接止端部処理による疲労強度向上手法はこれまで多くの手法が提案されているが、その向上効果の鋼材強度依存性は明確ではない。しかし、本研究で取り扱う母材打撃ハンマーピーニング(以後、母材打撃 HP と呼ぶ)のように圧縮残留応力を導入するような手法では、鋼材降伏点が高いほど大きな圧縮残留応力を導入できるという報告もあり、向上効果が鋼材強度に依存すると考えた。そこで本研究では、異なる強度を持つ鋼材を用いて溶接継手試験体を製作し、母材打撃 HP を同一処理条件で施して、実験的に疲労強度向上効果の鋼材強度依存性について検討した。

2. 疲労試験体

本研究で用いた面外ガセット試験体を図-1 に示す。回し溶接部は完全溶け込み溶接としている。溶接まま(As)試験体および母材打撃 HP 試験体のまわし溶接部を写真-1 に示す。使用した鋼材は SM490A, SBHS400, SBHS500, SBHS700 の 4 種類であり、機械的性質を表-1 に示す。試験体製作に使用したエアツールは、空気圧 0.63N/mm^2 、振動数 90Hz、タガネ先端の形状が 3×3 の平坦部の両端に 0.5mm の丸みをおびたものを使用した。母材打撃 HP の処理条件は中野ら¹⁾の研究をもとに打撃痕の面積で管理されており、そこで示される面積 1mm^2 以上、深さ 0.5mm 未満を目標に処理を行った。本研究では図-2 に示すように製作した試験体の処理痕を印象材を用いて測定した。印象材は 1mm の厚さに切断し、CAD にて測定を行った。図-3 にへこみ部の面積を示す。表-2 に規定した目標値と測定結果の各鋼材での平均値を示す。打撃痕の面積・深さは各鋼材を用いた試験体で目標値を満足していた。各鋼材を用いた試験体を比較すると、概ね同じ形状に処理ができていると考えられる。試験体にはき裂検出用のエナメル線を貼り付け、き裂が溶接部から 10mm の位置にき裂が到達した時点での繰り返し回数(N_{10})を計測した。疲労試験は応力比 $R=0$ にて板曲げ疲労試験機を用いた曲げ疲労試験を行った。

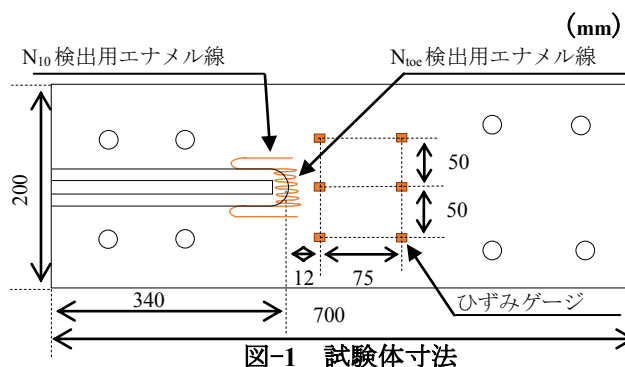


写真-1 試験体の回し溶接部形状

表-1 使用鋼材

	降伏点 [N/mm ²]	引張強さ [N/mm ²]	伸び [%]
SM490A	445	582	21
SBHS400	522	578	22
SBHS500	568	658	28
SBHS700	871	876	27

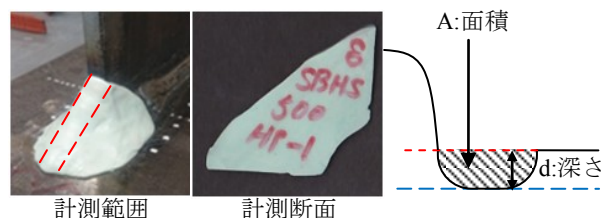


図-2 止端形状及び処理形状の測定

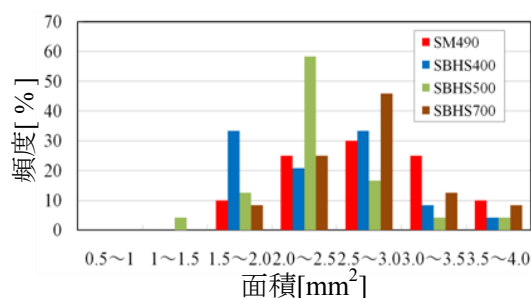


図-3 打撃痕の面積

表-2 打撃痕深さ及びへこみ部の面積

	目標値	試験体の計測結果			
試験体	全試験体	SM490	SBHS400	SBHS500	SBHS700
深さ	d<0.5mm	0.47	0.42	0.41	0.43
面積	1mm ² 以上	2.71	2.42	2.35	2.67

キーワード 疲労強度、面外ガセット継手、母材打撃 HP、鋼材強度依存性

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学土木工学科

TEL 03-5859-8352

e-mail anami@sic.shibaura-it.ac.jp

3. 試験結果

試験結果を表-3 と図-4 に示す。溶接まま試験体では、F から E 等級線上にばらついてはいるが、4 鋼種による明瞭な疲労強度の差異は見られず、疲労強度の鋼材強度非依存性が確認できた。一方、母材打撃 HP を施すことにより、大きく疲労強度が向上しており、また、圧縮残留応力導入を目的とした疲労強度向上法を施した場合の特徴である向上効果の応力範囲依存性が見られている。鋼種毎に比較すると、SM490A, SBHS400 では C 等級以上、SBHS500, SBHS700 では B 等級以上となっており、鋼材強度が大きくなれば疲労強度がより向上する傾向が見られている。表-3 には疲労き裂発生位置も併せて示しているが、低応力範囲側で破断した SBHS700-HP2 は、ガセット側止端部からき裂発生しており、ピーニング処理部の疲労強度は更に大きいものと考えられる。図-5 に疲労き裂の一例を示す。疲労き裂は前述の SBHS700-HP2 及び、多層盛りのビード境界から発生したき裂が N10 まで到達した SM490-HP2 を除き、ピーニング処理部、もしくは、ピーニング処理部とビード境界両方からき裂が発生していた。ピーニング処理部からのき裂は、ほとんどの試験体で、処理部と溶接止端部の境界付近で発生していたが、SM490HP-1 については処理部中央部から発生していた。ピーニング処理部き裂発生位置については更なる検討が必要であると考えている。

表-3 試験結果

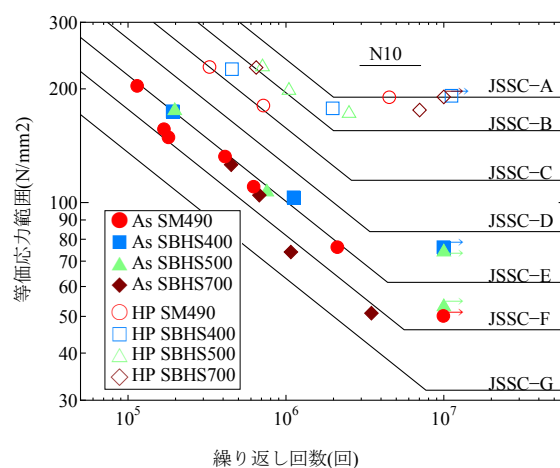
試験体名称	繰り返し回数N10	き裂発生位置
	等価応力範囲	
SM490 HP-1	4478800	ピーニング処理部
	189N/mm ²	
SM490 HP-2	330340	溶接ビード境界
	228N/mm ²	
SM490 HP-3	725080	ピーニング処理部
	180N/mm ²	
SBHS400 HP-1	>10000000	処理部のNtoe用のエナメル線は破断したが進展なし
	191N/mm ²	
SBHS400 HP-2	457880	ピーニング処理部及び溶接ビード境界
	225N/mm ²	
SBHS400 HP-3	1989680	ピーニング処理部
	177N/mm ²	
SBHS500 HP-1	1044000	ピーニング処理部
	198N/mm ²	
SBHS500 HP-2	710600	ピーニング処理部及び溶接ビード境界
	229N/mm ²	
SBHS500 HP-3	2508360	ピーニング処理部及び溶接ビード境界
	172N/mm ²	
SBHS700 HP-1	>9987100	処理部のNtoe用のエナメル線は破断したが進展なし
	190N/mm ²	
SBHS700 HP-2	7021400	付加板側止端部
	176N/mm ²	
SBHS700 HP-3	647600	ピーニング処理部
	228N/mm ²	

4. まとめ

今回、仕上げ形状を一定として母材打撃 HP 処理を行い、疲労試験を行った結果、全試験体で C 等級以上の疲労強度向上効果が得られた。特に、強度の高い SBHS500 と SBHS700 を用いた試験体で大きな向上効果が得られており、母材打撃 HP による溶接継手部の疲労強度向上効果に、鋼材強度依存性があることを確認した。

謝辞：本研究は、JSSC 鋼橋の合理化構造・設計法研究委員会/疲労強度研究部会(委員長, 名古屋大学 舘石教授)のもとで行われました。また、母材打撃 HP の施工において、JFE エンジニアリング(株)と JFE スチール(株)にご協力頂きました。

参考文献：1) 中野隆, 中西克佳, 森影康. 母材打撃ピーニングによる溶接継手疲労強度向上策と機械化施工法の開発. JFE 技報 No. 34. p. 71-76



繰り返し回数(回)
図-4 疲労試験結果

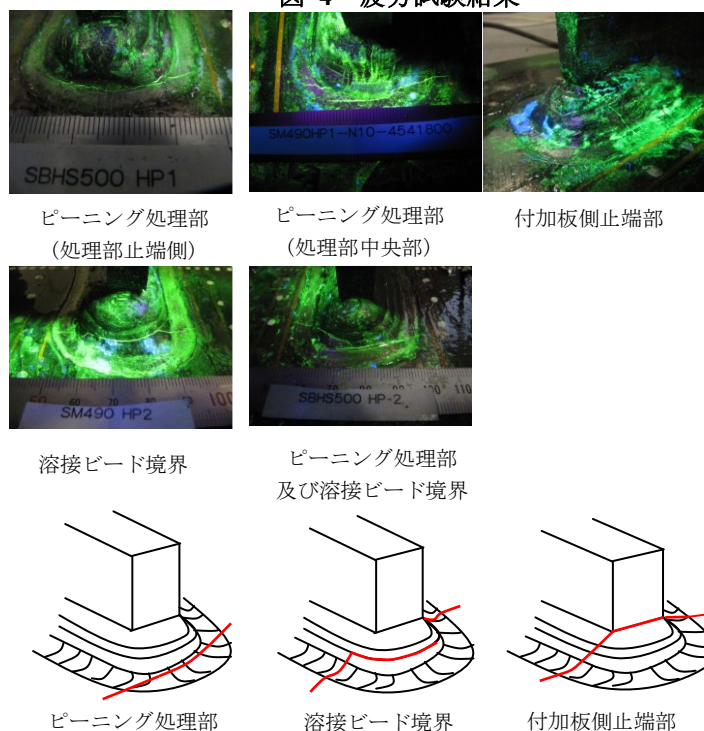


図-5 疲労き裂の例