

圧縮残留応力導入による疲労強度改善効果の鋼材強度依存性

名古屋大学 学生会員 ○高松 弘貴 正会員 判治 剛
 名古屋大学 フェロー会員 館石 和雄 正会員 清水 優
 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾

1. はじめに

溶接継手の疲労強度を向上させる手法として、溶接止端にピーニング処理を行い、止端に圧縮の残留応力を導入する方法が提案されている。これまでに、ピーニングにより圧縮の残留応力を導入する方法では、鋼材の静的強度が高いほど疲労強度の向上効果が高くなる可能性が示されている¹⁾が、本手法の普及のためにはさらなるデータの蓄積が望まれている。そこで本研究では、鋼材強度の異なる鋼材を用いた面外ガセット溶接継手の廻し溶接部止端にUITを施し、鋼材強度の違いが疲労強度の向上効果に与える影響を検討した。

2. 試験概要

本研究では、表-1 に示す鋼材強度の異なる SM490A, SBHS500, SBHS700 の3種類の鋼板を用いて面外ガセット溶接継手を製作した。溶接まま(以後, As-weld と呼ぶ)の試験体とUITを施した試験体の計6種類を用いて、UIT後の残留応力の計測および疲労試験を行った。試験体の形状および寸法を図-1 に示す。試験システムには板曲げ振動疲労試験機を用いた。試験体を架台に片持ち状態で取付け、自由端側に設置した起振器によって板曲げ荷重を繰返し与えた。応力範囲は50~200N/mm²程度とし、応力比はほぼ0とした。

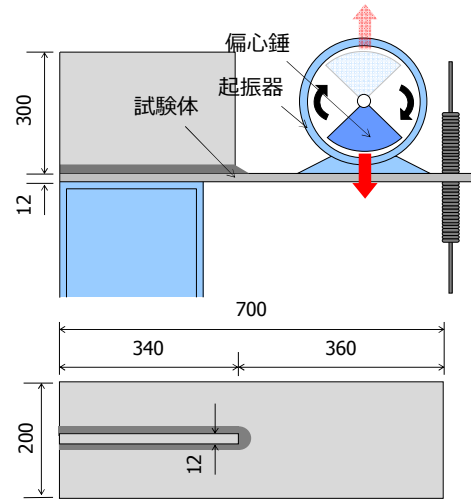


図-1 試験体および荷重システム (単位:mm)

表-1 各鋼材の機械的性質

鋼材	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
SM490A	445	582	21
SBHS500	568	658	28
SBHS700	871	876	27

3. 残留応力測定試験

X線回折法により廻し溶接近傍の残留応力を測定した。測定位置を図-2 に示す。測定位置は溶接止端から長手方向に2mm間隔で9箇所とし、溶接止端から2mmの位置では幅方向にも10mm間隔で9箇所計測した。測定した応力成分は全て止端に対して直交する方向である。

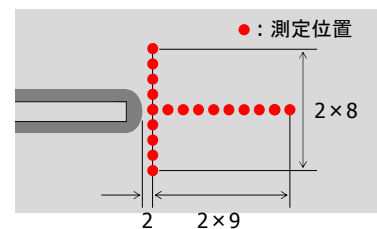


図-2 残留応力測定位置 (単位:mm)

残留応力測定結果を図-3 に示す図-3(a)は止端から2mm離れた位置の幅方向の分布であり、同図(b)は溶接止端から長手方向の分布である。幅方向の分布から、いずれの鋼種においてもAs-weldでは試験体の中央(止端位置)付近で高い引張残留応力が生じており、UITを施すとその値が低減していることがわかる。特に、SM490Aに比べて強度の高いSBHS500とSBHS700では高い圧縮残留応力が導入されていることがわかる。長手方向の分布をみると、As-weldでは溶接止端に近づくに従い、引張残留応力が大きくなる傾向にある。その一方でUIT試験体では、止端から8mm以上離れた位置ではAs-weldと同様の傾向にあるが、溶接止端付近では引張残留応力は軽減されてい

キーワード UIT, 圧縮残留応力, 鋼材強度, 疲労強度, 高強度鋼

連絡先 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻 TEL:052-789-4620

る。以上のことから、鋼材の静的強度が高いほど UIT 処理部近傍に高い圧縮残留応力が導入されていることが確認できる。

4. 疲労試験

図-1 に示す試験システムにより、応力比 $\sigma/\sigma_c=0$ の条件下で板曲げの疲労試験を行った。本試験では、廻し溶接部の主板側止端にき裂が発生したときの繰返し数を N_c 、き裂が止端から主板に進展し、主板上で約 10mm に達したときの繰返し数を N_{10} と定義し、試験結果を整理した。ここでは、 N_{10} を疲労寿命と考えている。

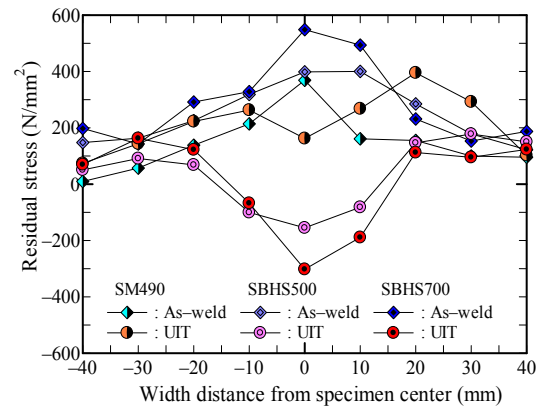
疲労試験結果を図-4 に示す。図-4(a)は N_c 段階の結果を、同図(b)は N_{10} 段階の結果を示している。なお、鋼材の静的強度が最も高い SBHS700 に UIT を施した試験体では主板側の止端からではなく、ガセット側の止端からき裂が発生したため、き裂の発生 (N_c 段階) をとらえることができなかった。図-4(a)より、As-weld の試験体は鋼種によらず G 等級以下の領域にプロットされている。一方、UIT を施した試験体では F~C 等級の間に分布しており、き裂発生寿命が改善されていることがわかる。図-4(b)より、As-weld の試験体は鋼種によらず F 等級程度であり、従来からいわれている溶接ままの継手の疲労強度が鋼材強度に依存しないことを確認できる。それに対して UIT を施すと疲労寿命は大幅に改善され、SM490A と SBHS500 はともに C~B 等級あたりに分布している。また試験結果の傾きが緩やかになる傾向も確認できる。今回の実験では、鋼材強度に近い SM490A と SBHS500 に対する UIT の効果に大きな差はみられなかった。SBHS700 の UIT 試験体ではガセット側の止端からき裂が生じたが、その疲労強度は主板側止端からき裂が生じた UIT 試験体と同程度以上のものもみられる。よって、ガセット側のき裂を抑え、主板側のき裂のみで考えると、SBHS700 においてより高い疲労強度向上効果が得られる可能性があり、現在試験を継続中である。

5. まとめ

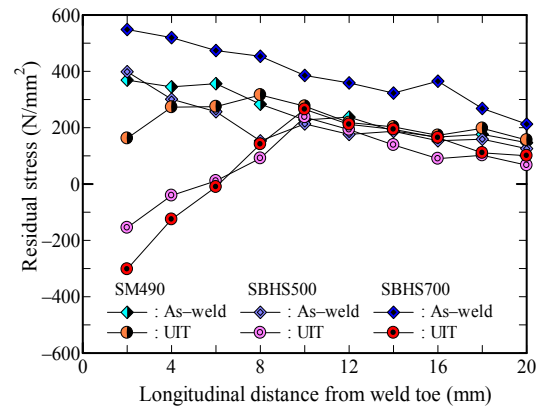
鋼材の静的強度が高いほど UIT 処理部近傍において高い圧縮残留応力の導入されることを示した。また UIT により溶接継手の疲労強度を大きく向上できるが、今回の実験ではその効果の鋼材強度依存性は確認できなかった。

謝辞 本研究は日本鋼構造協会「鋼橋の合理化構造・設計法研究委員会 疲労強度研究部会」(部会長 舘石和雄)における活動の一部として実施したものである。関係各位に深く御礼申し上げます。

参考文献 1) 森猛・島貫広志・田中睦人：面外ガセット溶接継手の UIT 疲労強度改善効果に対する鋼材静的強度の影響，土木学会論文集 A1 (構造・地震工学)，Vol.70, No.2, pp.210-220, 2014.

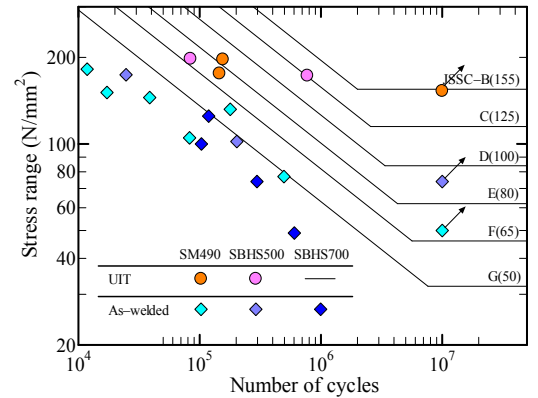


(a) 板幅方向の分布

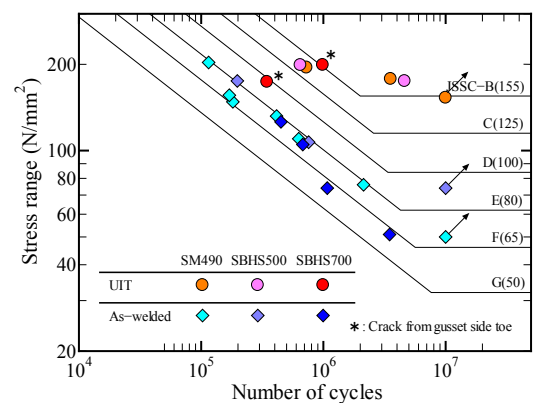


(b) 長手方向の分布

図-3 残留応力測定結果



(a) N_c



(b) N_{10}

図-4 疲労試験結果