

重ねすみ肉溶接継手の疲労寿命改善について

広島工業大学 正員 村中 昭典
 (有)Be よんど 正員 岩村 吉就
 広島工業大学 正員 皆田 理
 MHIソリューションテクノロジーズ(株) 正員 梶本 勝也

1. 研究目的

溶接は鋼構造物の接合法として多く用いられている。しかし、溶接は容易に安価で接合できる利点がある反面、溶接止端部に発生する応力集中により疲労亀裂発生の起点の要因となることや、熱影響部に引張残留応力が付加され、溶接部の疲労強度が著しく低下する問題がある。そこで本研究では、従来から溶接継手の疲労寿命向上対策として実施されている Grinder 処理、TIG 処理、不等脚溶接などの各処理法と疲労寿命改善法として近年注目されている超音波止端改善法(UP 処理と略称)と比較し検討を加えたものである。

2. 実験要領

図 1、及び 2 に、本研究で使用した供試体の形状及び寸法を示す。図 1 の供試体はすみ肉溶接の脚長を等

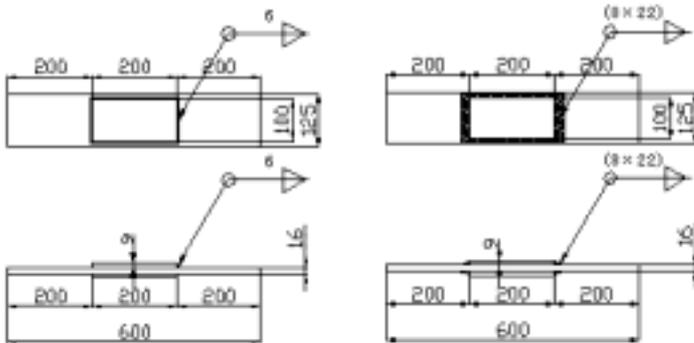


図 1 供試体の形状及び寸法 (回し溶接の脚長 6mm)
 図 2 供試体の形状及び寸法 (回し溶接の脚長が不等脚長)

脚長 6mm で「Grinder 処理」、「TIG 処理」、及び「UP 処理」を行った。図 2 はすみ肉溶接が不等脚長 (8mm と 22mm) 供試体の形状・寸法を示す。使用鋼材は SS400 である。疲労試験は、繰り返し速度 8 Hz の完全片振り引張荷重で破断するまで実施した。

UP 処理については、UP 装置の出力、施工時間、及び施工箇所の違う二種類の供試体を準備した。施工箇所

が、Type-A では溶接止端部のみを、Type-B では溶接止端部と止端部中心に約 ±10mm の範囲に超音波打撃を施している。

3. 溶接止端部の形状測定及び考察

疲労試験前に、図 3 に示すような供試体の止端部の形状を、形状印象材(本試験ではシリコンゴムを使用)を用いて型を採取し、止端半径 r 、フランク角 θ 、脚長 h_p' 、加工深さ d を測定し、その結果から応力集中率 K_t を求めた。表 1 に測定した溶接止端半径、及び応力集中率の平均値を示す。

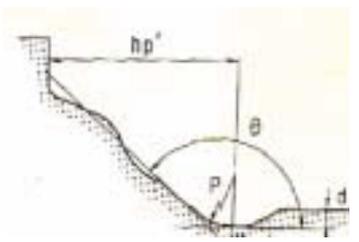


図 3 止端部の形状

表 1 止端半径、及び応力集中率の平均値

平均値	As-weld	Grinder	TIG	不等脚長	UP (Type-A)	UP (Type-B)
止端半径 (mm)	0.86	7.20	3.02	3.97	2.18	3.08
応力集中率 K_t	3.10	1.54	2.18	1.98	2.27	2.21

表 1 より、As weld 供試体に比して全ての処理供試体で、応力集中率 K_t の値が小さくなった。このことから、各処理方法とも溶接止端部の形状補正が行われており、疲労寿命は向上すると予測される。

4. 残留応力の測定及び考察

溶接部には、疲労破壊や脆性破壊に影響を及ぼす引張残留応力が発生している。そこで、各処理供試体の溶接止端部の残留応力を切り込み法で測定した。

表 2 残留応力測定結果の最大値

平均値	As-weld	Grinder	TIG	不等脚長	UP (Type-A)	UP (Type-B)
残留応力 (N/mm ²)	128	71	181	188	109	105

表 2 に測定した残留応力の最大値を示す。

表 2 より、Grinder 処理供試体が、最も残留応力の値が小さくなるのがわかった。これは、溶接止端部

の余盛りを削ることで引張残留応力が低減されたものと考えられる。また、TIG 処理供試体、及び不等脚長供試体については、As weld 供試体に比して、大きな残留応力が発生した。これは溶接を重ねるため、同位置における熱処理の影響が大きくなったことによるものと思われる。UP 処理供試体の残留応力は、本実験の範囲の出力や施工時間、及び処理箇所などによって明瞭な差は見られなかった。

5. 疲労試験及び考察

図 4 は各処理を施した供試体の疲労試験によって得られた S - N 曲線を示したものである。

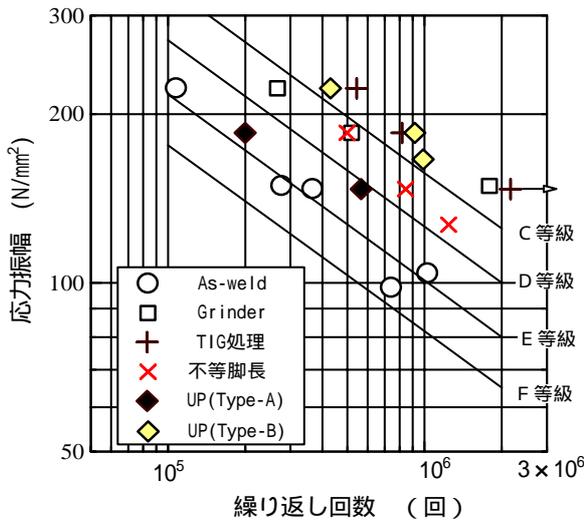


図 4 S - N 曲線

現行の疲労設計指針¹⁾では、本研究に用いた As weld 供試体の疲労強度等級は F 等級、不等脚長供試体は D 等級である。図より、各処理方法とも疲労寿命の向上効果は見られた。中でも、Grinder 処理供試体は、C 等級レベルまで疲労強度が改善された。Grinder 処理供試体と同等か、それ以上のレベルにまで疲労強度が改善されたのは、UP 処理供試体 (Type-B)、及び TIG 処理供試体であった。また、不等脚長供試体は D 等級レベルであるが、破断位置は溶接止端部からだけでなくルート部からの破断も多く見られた。同じく UP 処理供試体 (Type-B) でも同様な破断傾向であり、この二種類の供試体においては、止端部疲労破壊までにはなお余寿命を有するものと予想される。従って、これらの溶接止端部処理法は、すみ肉溶接継手の疲労寿命改善に大きな効果を発揮することがわかった。

UP 処理供試体の Type-A と B の疲労強度を比較すると Type-A 供試体の疲労強度上昇はほとんど見られなかった。それ比して Type-B 供試体の疲労強度は C

等級程度まで上昇した。このことより、UP 施工範囲が疲労強度に大きな影響を及ぼすことがわかった。

6. 結論

本研究では、各種のすみ肉溶接止端部改善方法による疲労強度向上効果の確認と UP 処理の実用化について検討した。得られた結論は次のとおりである。

(1)重ねすみ肉溶接継手の場合、疲労強度にもっとも影響してくるのは残留応力よりも溶接止端部の形状で、その中でも特に止端半径の影響が大きい。

(2) 各種の溶接止端部改善法を試みた結果、どの処理方法でも C 等級レベルの疲労強度を得ることができた。

(3)不等脚長供試体と UP (Type-B) 処理供試体の場合、溶接止端部での破断ではなく、多くがルート部からの破断であった。

(4)UP 処理供試体の場合、Type-A、及び Type-B において、応力集中率 Kt、及び残留応力の最大値では大きな違いが出なかったにもかかわらず、それぞれの供試体の疲労強度においては大きな違いがみられた。Type-A では溶接止端部だけの処理であったため、Type-B (溶接止端部、及びその周辺 20mm までを処理) と比べ溶接止端部の止端半径が小さな値となった。また、Type-B のように溶接止端部周辺を UP 処理することにより、溶接止端部以外にも広範囲に圧縮残留応力を与えることにより疲労強度は向上したものと考えられる。

(5)Type B の UP 処理供試体の疲労強度は、Grinder 処理供試体とほぼ同等の強度を有している。加えて、UP 処理は Grinder 処理に比して、施工時間を大幅に短縮することができ、なおかつ TIG 処理のような溶接では補修することができない箇所にも施工することができる。また、現場での作業において、最も実用性の高い疲労強度改善法の一つである。

実用については、施工状況や施工環境等によって各改善方法を使い分けることが重要である。

今後は、UP 処理の施工マニュアルを作成することが必要である。

謝辞：本研究の供試体作製に際しては、Integrity Testing Laboratory Inc. にご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

7. 参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 (第 1 版)、技報堂出版、1993 年 4 月 25 日