

当て板溶接部を有する鋼桁の曲げ疲労寿命改善について

広島工業大学 正員 村中 昭典

広島工業大学 正員 皆田 理

(有)Be よんど 正員 岩村 吉就

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

現在、鋼構造物の溶接止端部の疲労寿命改善法としては、グラインダー、TIG 処理やピーニングによる仕上げ処理が実施されている。

近年、超音波を用いたピーニング(以下 UP 処理と略称)により、溶接継手部の疲労寿命の改善を行う工法が注目されている。この方法は簡便かつ高速で疲労寿命の向上が図れることから各種溶接構造物へ適用が検討されつつある。しかし、既往の疲労試験結果^{1,2)}のほとんどは短冊形の供試体によるものであり、この工法を実用化するためには桁曲げ疲労試験を実施し、その効果についての確認が必要と考えられる。

本研究は、当て板溶接部を有する鋼桁の曲げ疲労試験を実施して、UP 処理法の適用性について検討したものである。

2. 試験要領

2.1 供試体

曲げ疲労試験体は、H 形鋼 (H250x250x9x14x2200) のフランジに SS400 の鋼板 (200 x 150 x 9) を回し溶接により脚長 6mm の隅肉溶接を施し、作製した。図 1 に試験

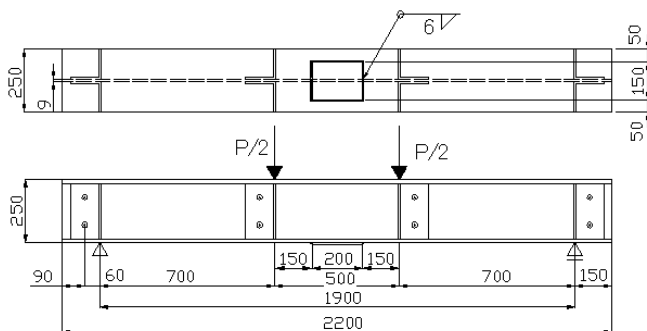


図 1 試験体の形状・寸法

体の形状・寸法を示す。溶接の始終端は試験体の長手方向中央部付近にくるよう配慮した。試験体は 9 体作製し、3

体は溶接のまま(As-weld)、3 体は UP 処理、及び残り 3 体は、溶接のままの試験体にその疲労寿命の約 50%の繰返し荷重を載荷後、UP 処理(以下 50%UP 処理と略称)を施した。

2.2 UP 処理

写真 1 に本研究で用いた UP 装置を示す。本研究に用いた超音波ピーニング処理は、Ultrasonic Peening 法である。写真 2 に UP 処理施工風景を示す。UP 処理は、特殊な打撃子によるハイサイクルな衝撃荷重とそれによって材料中に誘起する超音波振動との相乗効果により、塑性変形と残留応力の緩和作用を引き起こすものである。超音波振動子の周波



写真 1 UP 装置



写真 2 施工風景



写真 3 UP 施工前



写真 4 UP 施工後

数は 20 ~ 30 kHz である。写真 3, 4 に UP 施工前後の溶接止端部を示す。

UP 処理は、各試験体の溶接止端部と溶接止端部中心に $\pm 10\text{mm}$ 範囲に施した。

2.3 疲労試験

疲労試験は 4 点曲げ載荷で実施した。繰返し速度

は 1 ～ 3Hz とする部分片振圧縮荷重（下限荷重 -9.8kN）で、疲労亀裂がフランジ幅の 80%進展するまで実施した。

3. 溶接止端部の形状測定

疲労試験に先立ち、図 2 に示す試験体溶接止端部の形状を、形状印象材（シリコンゴムを使用）を用いて型を取り、止端半径 ρ , 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。

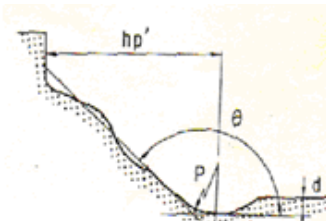


図 2 止端部の形状

表 1 に測定した溶接止端半径と応力集中率の平均値を示す。

表 1 より、As weld 試験体に比して UP 処理試験体で、

表 1 止端半径と応力集中率の平均値

	止端半径 ρ (mm)	応力集中率 K_t
As-weld	1.69	2.46
UP処理	3.01	2.04
50%UP処理	2.41	2.18

溶接止端形状が改善され、応力集中率 K_t は小さくなっている。このことから疲労寿命は向上するものと予測される。

4. 疲労試験及び考察

図 3 は疲労試験によって得られた S - N 曲線を示し

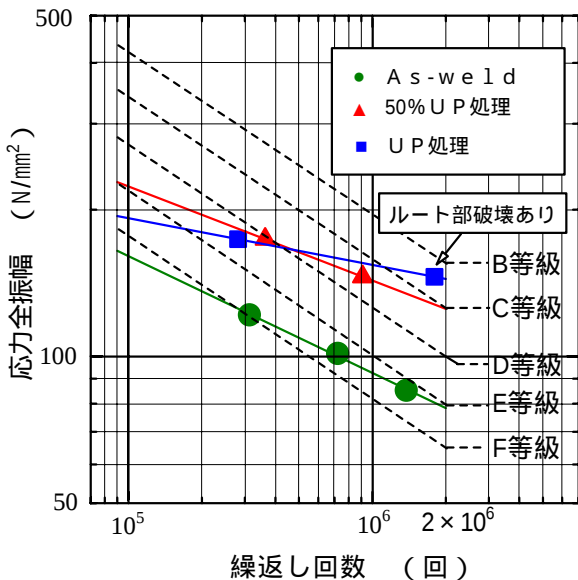


図 3 S - N 線図

たものである。

現行の疲労設計指針³⁾では、本研究に用いた溶接止

端非仕上げ試験体の疲労強度等級は F 等級である。図に示すように、UP 処理した場合、疲労強度等級は C 等級レベルまで改善される。これは、既往の短冊形供試体で行われた疲労試験結果²⁾と同様傾向を示し、桁曲げ疲労においても UP 処理は疲労寿命の改善に対して有効であることがわかった。また、繰返し応力が低レベルにおいては疲労破壊位置が溶接止端部ではなく溶接のルート部へ移行する。これにより、高応力レベルに比べて低応力レベルにおいては疲労寿命向上率が高くなることが予想される。

既存の鋼構造物の疲労寿命改善に対する UP 処理の適用性について検討するため、As weld 試験体に疲労寿命の約 50%の応力を載荷後、溶接止端部に UP 処理を施し、さらに疲労試験を継続し、試験体を疲労破壊させた。その結果、試験体数は少ないが試験開始当初から UP 処理を施した試験体の疲労寿命と同等程度以上の疲労寿命の向上が期待できることがわかった。これは、UP 処理による溶接止端部の表面改質、および圧縮残留応力の発生が要因と考えられる。

5. 結論

本研究では、当て板溶接部を有する鋼桁の桁曲げ疲労試験を実施し、UP 処理による疲労寿命向上効果について検討した。得られた結論は次のとおりである。

- (1)UP 処理により、疲労強度は F 等級から C 等級へ改善できる。
- (2)疲労寿命の向上には溶接止端部の止端半径 ρ の増大と圧縮応力の発生が寄与しているものと考えられる。
- (3)供用下にある鋼構造物の溶接部疲労寿命の改善に効果が期待される。

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。

6. 参考文献

- 1)Y.Kudryavtsev,J.Kleiman et al.:Rehabilitation and Repair of Welded Elements and Structures by Ultrasonic Peening, IIW Document -2076-05 .
- 2)村中昭典、岩村吉就、皆田理、梶本勝也：重ねすみ肉溶接継手の疲労寿命改善について、土木学会中国支部大会、平成 20 年 5 月 .
- 3)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