

[I-46] 面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす付加溶接形状の影響 Effect of additional welds shape on fatigue strength of out-of-plane gusset welded joints

○小谷 祐樹¹、津山 忠久¹、ブーリーハン アヤン²、堤 成一郎² (1.川田工業株式会社、2.大阪大学 接合科学研究所)

○Yuki Kotani¹, Tadahisa Tsuyama¹, Ayang Buerlihan², Seiichiro Tsutsumi² (1.KAWADA INDUSTRIES, INC., 2.Joining and Welding Research Institute, Osaka University)

キーワード：面外ガセット溶接継手、付加溶接、疲労強度、止端形状、グラインダー仕上げ、応力集中係数
Out-of-Plane gusset welded joints, Additional weld, Fatigue strength, Weld toe shape, Finishing by grinding, Stress concentration factor

近年鋼構造物溶接部の疲労き裂が多数発生しており、溶接部形状による応力集中が一因として考えられている。疲労強度を向上させるための様々な止端処理法は溶接後工程となり生産効率を低下させてしまうことが課題である。そこで本研究では特殊な溶接材料を使用しない付加溶接法について検討した。

付加溶接により止端半径、フランク角が改善し疲労寿命が向上する傾向を示した。一方、付加溶接の狙い位置によってすみ肉溶接と付加溶接の境界部凹凸が大きくなり、破断位置が止端部から境界部へシフトし、疲労寿命の向上効果も低下することが確認された。応力集中係数 K_t の計算結果より、止端部より境界部に高い応力が生じやすくなったと考えられる。

面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす付加溶接形状の影響

川田工業株式会社 正会員 ○小谷 祐樹, 津山 忠久
 大阪大学 接合科学研究所 学生員 ブーリーハン アヤン
 大阪大学 接合科学研究所 正会員 堤 成一郎

1. はじめに

我が国で供用中の道路橋は約 70 万橋を数え、その内高度経済成長期に建設された橋長 15 m 以上のものは約 5 万橋を占める。これらは供用 40 年を超えているため、経年劣化に伴う腐食やき裂等の損傷が多数確認されており、緊急対策を要する場合もある。溶接部に生じる疲労き裂は、累積大型車交通量が多くなるにつれて発生割合が高くなる傾向にあり、代表的な損傷部位としては、鋼床版デッキプレート・垂直補剛材間の廻し溶接部、縦リブ・横リブ間の溶接部などが挙げられ、いずれもき裂が進展すると主桁破断や路面陥没など致命的な状態に至るおそれがある。このような疲労き裂発生事例を受けて、平成 24 年以降の道路橋示方書改訂では疲労を考慮して、継手に応じた疲労等級と疲労等級を確保するための仕上げ処理について明記された。溶接止端部の仕上げは、グラインダー処理が最も一般的であり、近年では超音波ピーニング (UIT)、TIG ドレッシング、低変態温度 (LTT) 溶接材料を使った付加溶接など多種多様な手法が適用されているが、いずれも溶接の後工程として生産性悪化を招くことが問題となる。そこで通常のすみ肉溶接と連続施工が可能な、通常の溶接材料による付加溶接の止端形状改善効果と疲労強度への影響について、面外ガセット溶接継手を対象に検討している^{1,2)}。本報では、本継手部へ付加溶接およびグラインダー処理を適用し、疲労寿命延伸に寄与する付加溶接部近傍の形状と応力集中の影響について報告する。

2. 実験方法

本実験では図 1 に示す板厚 12 mm の主板と 2 枚のガセットで構成される面外ガセット溶接継手を対象とした。鋼材には溶接構造用圧延鋼材 JIS G 3106 SM490YA、溶接材料にはワイヤ径 1.2 mm のフラックス入りワイヤ JIS Z 3313 T49J0T1-0CA-UH5 を使用した。溶接継手は脚長 6 mm の CO2 ガスシールドアーク溶接による水平すみ肉溶接とし、ガセット 1 枚あたり半周廻し溶接 2 パスの全周溶接で施工し、すみ肉溶接が全て完了後に同じ順序で付加溶接を施工した。付加溶接未施工試験体を AW、付加溶接試験体を B シリーズ、付加溶接とグラインダー仕上げを併用したものを BG シリーズと称し、付加溶接の狙い位置をすみ肉溶接止端部から 0, 2, 4 mm としてそれぞれ B0, B2, B4 および B0G, B2G, B4G と称した。グラインダー仕上げは目標止端半径を 3 mm としてバークライナーで施工し、専用の 3R ゲージで形状管理を行った。廻し溶接部の止端形状は 3D スキャナによる計測データを基に止端半径とフランク角を算出した。疲労試験条件は、応力比 0.05、繰り返し速度 5~7 Hz、公称応力範囲 150~250 MPa とし、ガセット板厚中央部の溶接止端部から 5 mm の位置に貼り付けたひずみゲージの計測ひずみ範囲が初期値に対して 5 %低下したときの繰り返し回数をき裂発生寿命 N_c と定義し、破断寿命 N_f とともに試験結果を評価した。

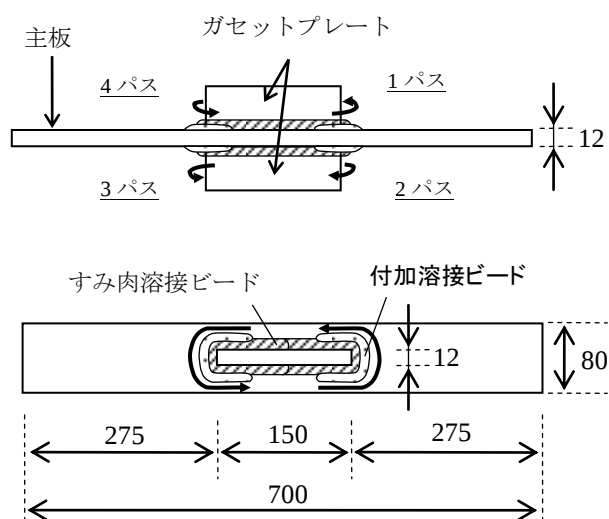


図 1 試験体形状

キーワード 面外ガセット溶接継手, 付加溶接, 止端形状, グラインダー仕上げ, 応力集中係数, 疲労強度
 連絡先 〒764-0017 香川県仲多度郡多度津町西港町 17 川田工業株式会社四国工場 TEL 0877-32-5115

また、弾性 FEM 解析 (ABAQUS) により各継手の応力集中係数 K_t を算出した。解析モデルは対称性を考慮した図 2 に示す 1/8 モデルとした。溶接止端部近傍の要素サイズは 0.05 mm とし、形状計測によって得られた止端半径とフランク角を基に止端部形状をモデル化した。

3. 実験・解析結果

止端形状の計測結果を図 3 に、疲労試験結果を図 4 に示す。付加溶接とグラインダー仕上げを併用した場合、止端半径が大きくかつフランク角が小さくなる傾向を示し、疲労寿命は $AW < B0 < B2 < B4 < B4G < B0G < B2G$ となった。破断位置に着目すると、 AW および $B0G$ は止端部であったのに対して、 $B2G$ および $B4G$ はすみ肉溶接と付加溶接の境界部から破断が生じやすい傾向を示した。これは、付加溶接の狙い位置がすみ肉止端部から離れるに従い止端形状は滑らかになる一方で境界部の凹凸が大きくなり、大きな応力集中を生じさせたことが一因だと考えられる。数値解析により止端部および境界部の応力集中係数 K_t を算出した結果を図 5 に示す。グラインダー仕上げを施した BG シリーズは AW や B シリーズと比較して止端部の K_t が低下していた。一方、境界部では $B4G$ の K_t が止端部よりも増加していることから、境界部からき裂が生じやすくなったと考えられる。また、 $B0G$ および $B2G$ では境界部の K_t が止端部と同等以下であったため、いずれの部位からき裂が生じる可能性はあるが、 K_t が他条件に比べて低値であったことから、より大きな長寿命化が達成されたと考えられる。

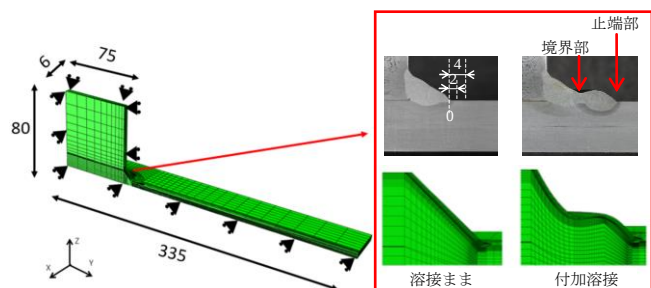


図 2 FEM モデル

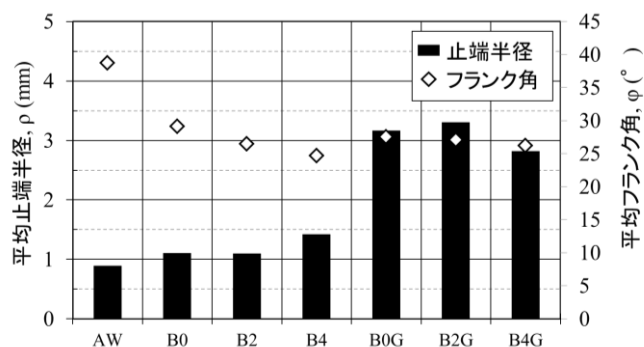


図 3 形状計測結果 (止端部)

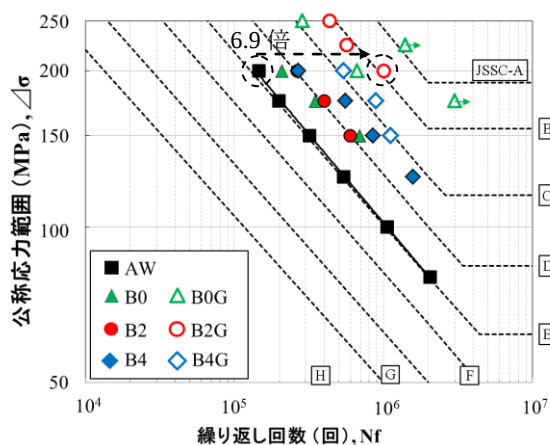


図 4 疲労試験結果

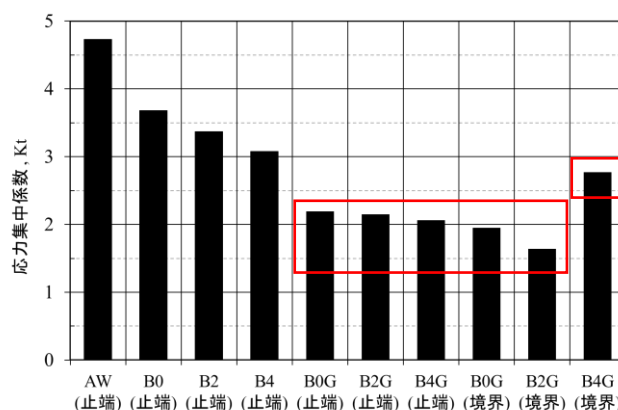


図 5 応力集中係数

4. まとめ

破断までの疲労寿命は $AW < B0 < B2 < B4 < B4G < B0G < B2G$ となり、 $B2G$ では AW の最大 6.9 倍、JSSC 疲労等級で 2 等級の向上 (E→C) が達成された。これは疲労性能を最大化する最適な付加溶接条件が存在し、かつその付加溶接条件は、グラインダーによる最終仕上げの有無により変化することを示している。

【参考文献】

- 1) 小谷 他：溶接学会全国大会講演概要, Vol. 105, 2019, pp. 366-367.
- 2) Buerlihan 他：溶接学会全国大会講演概要, Vol. 105, 2019, pp. 368-369.