

エフェクティブノッチストレスによる溶接継手の疲労き裂発生点と疲労強度の評価

東京工業大学 学生会員○伊佐見和大 東京工業大学 フェロー 三木千壽
住友重機械工業 正会員 小西拓洋 住友重機械工業 正会員 佐々木靖彦 横浜国立大学 正会員 佐々木栄一

1. はじめに

鋼製橋脚の隅角部において疲労き裂の要因となる欠陥及び疲労き裂の除去を目的として、図1に示すような大コア除去施工を実施している。このディテールは疲労の継手分類からは、荷重伝達型十字溶接継手となる。ここでは、その疲労強度を局部応力を用いて評価する。

溶接部の疲労評価は公称応力ベースで行われるが、応力が複雑に分布する場合や、荷重伝達型の十字隅肉溶接継手がルート破壊を起こす場合については、局部応力ベースの疲労特性の把握が必要となる。局部応力による疲労評価手法として、国際溶接学会（IIW）はエフェクティブノッチを用いた仮想的局部応力概念を提案している。エフェクティブノッチは、ルート部や止端部の形状を半径1mmの仮想円形切欠きで表現し、FAT225¹⁾ 疲労設計曲線による疲労の評価を推奨している。

本研究では、隅角部の大コア除去施工をモデル化して幅縁端に比較的鈍い切欠きを設けた小型の荷重伝達型十字隅肉溶接継手の、疲労特性の検証を実験及び有限要素解析により実施した。疲労強度の改善を目的としてルート部の開口部を塞ぐ目的で各種溶接手法（通常溶接棒、低温相変態溶接棒、Tig溶接）を用いたルート部開口を塞いだ溶接を考え、その影響について考察した。



図1. 大コア除去施工

2. 試験体

試験体の形状を図2に示す。試験体はルート破壊が想定される荷重伝達型十字隅肉溶接継手とした。

3. 実験結果

のど断面での応力範囲 100MPa、170MPa の条件で各

種試験体について片振疲労試験を実施した。全種類の試験体で板幅の中央部の溶接ルートから疲労き裂が進展し破断に至るルート破壊であった（図3）。

のど断面の公称応力で評価した疲労試験結果を示す（図4）。なおルートの開口を塞いだ試験体ののど断面は、開口を塞がない場合と同じ断面で計算した。ルート破壊に対する補修効果は、低温相変態溶接棒、Tig溶接、通常溶接棒とも明瞭に見られなかった。

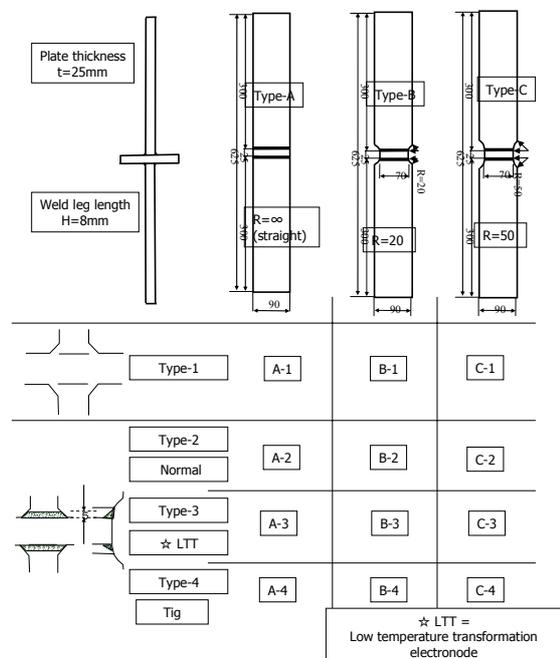


図2. 試験体の形状と寸法

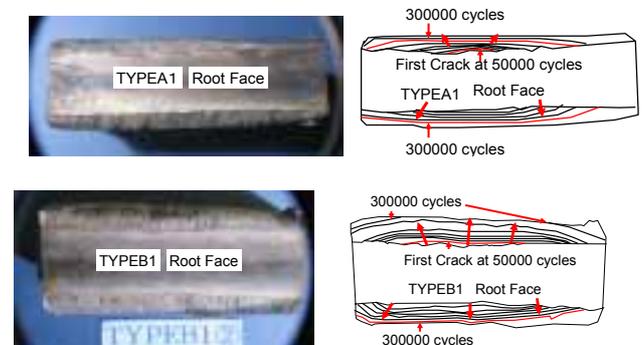


図3. 試験体の疲労破面（タイプ A1・B1）

キーワード 溶接継手、疲労強度、仮想的局部応力概念

〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 電話 03-5734-2596 FAX03-5734-3578

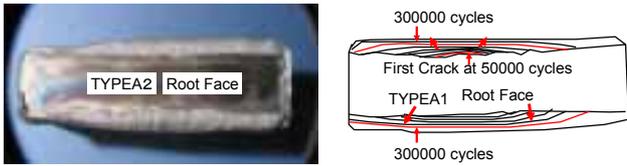


図3. つづき 試験体の疲労破面（タイプA2）

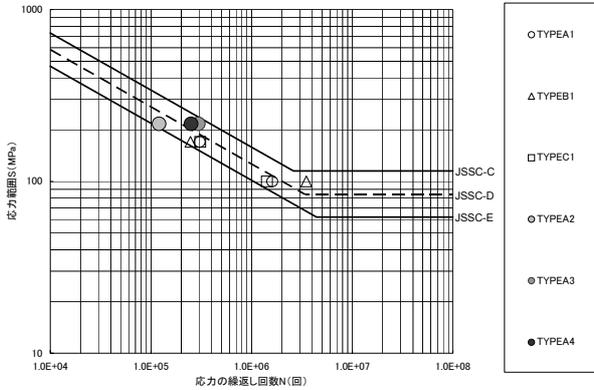


図4. 公称応力（のど断面）で評価した疲労試験結果

4. エフェクティブノッチによる疲労試験結果の評価

解析では、エフェクティブノッチ半径を IIW の推奨する 1mm、及びより鋭いノッチを想定して 0.5mm としソリッド要素で弾性解析を行った。解析は対称条件より 8分の1のモデルで行い、要素数は約 10 万である（図5参照）。最小メッシュサイズは、エフェクティブノッチ近傍でエフェクティブノッチ半径の 10分の1である。

エフェクティブノッチストレスは、すべてのタイプでルート部が止端部よりも大きく（図6）なり、実験結果であるルート破壊を再現した。しかし、半径 1mm のエフェクティブノッチを使用する場合、FAT225 疲労曲線は危険側の予測となった（図7）。そして、半径 0.5mm のエフェクティブノッチの使用によると、エフェクティブノッチストレスは国際溶接学会の FAT225 基準に近づいた。実験では板幅中央を疲労き裂発起点としたルート破壊であったが、エフェクティブノッチストレスの分布は幅縁端近傍で大きく（図8）なり、エフェクティブノッチストレス最大点は実際の疲労き裂起点と一致しない。

疲労き裂の起点がエフェクティブノッチストレスの最大点は一致せず、大コア除去後の隅角部の疲労の評価手法として FAT225 の使用は推奨できず、半径 0.5mm、FAT190 を新たに推奨する。

5. 結論

・エフェクティブノッチストレスによる解析で、疲労強度は FAT225 疲労曲線よりも危険側に計算される。計算結果より、半径 0.5mm のエフェクティブノッチで FAT190 を推奨する。

- ・エフェクティブノッチストレス最大点と疲労き裂発起点が一致しない。
- ・対象の荷重伝達型十字隅肉溶接継手に対して口塞ぎ溶接を行った場合、いずれも疲労き裂はルートの板幅中央付近から発生し疲労強度改善効果は低い。

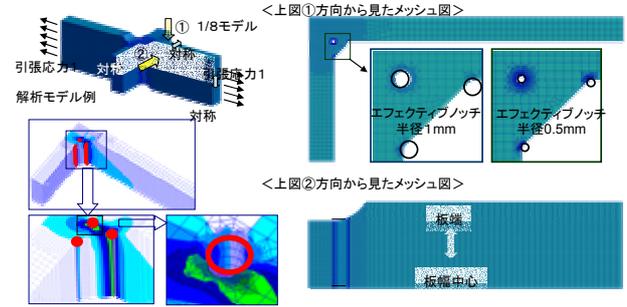


図5. 解析例（タイプB1）

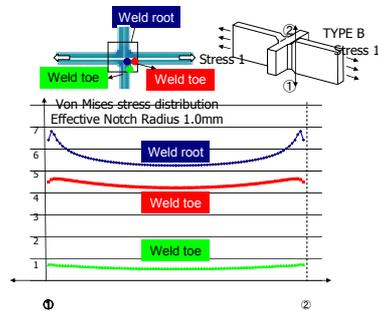


図6. ルート部と止端部の Von Mises 応力の比

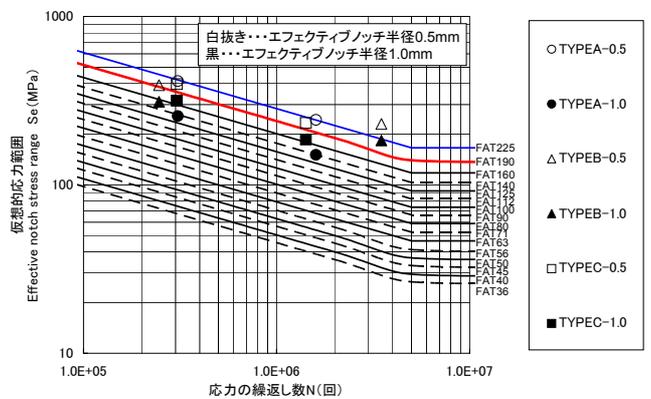


図7. エフェクティブノッチによる疲労曲線

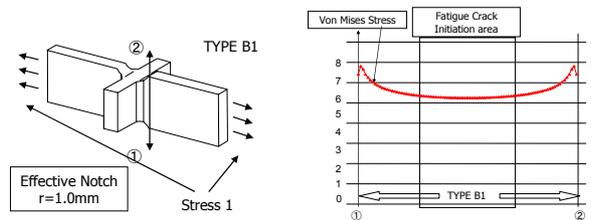


図8. ルート部エフェクティブノッチにおける板幅方向の Von Mises 応力分布（タイプB1）

参考文献

1) A. Hobbacher “RECOMMENDATIONS FOR FATIGUE DESIGN OF WELDED JOINTS AND COMPONENTS” IIW document XIII-1539-96 /XV-845-96