

主応力が斜めに作用する荷重非伝達型リブ十字継手の疲労挙動

清水建設 正員 伊藤 健一 名古屋大学* 学生員 金 仁奈 新海 英昌
名古屋大学 正員 山田 健太郎

1. はじめに 溶接継手の疲労照査では、通常、作用応力範囲を溶接線に垂直、あるいは平行に作用させる。これは、疲労設計基準のもとになった疲労試験データが、その様な試験から得られていることによる。作用応力範囲が溶接線に対してある角度を持つような場合でも、溶接線に垂直な応力成分ではなく、その作用応力範囲を溶接線に垂直に作用させて疲労照査を行うことが多い。この方法を用いることで、安全側の疲労耐久性評価をしていると考えられる。ところが、実構造物の疲労耐久性を評価する際には、この方法では耐久性が短く評価され、場合によっては補修・補強を要するような判定になることがある。このような問題を排除するためには、溶接線に対して、作用応力範囲がある角度を持つ場合の溶接継手の疲労挙動を明確にする必要がある。本研究では荷重非伝達型リブ十字すみ肉溶接継手の溶接止端に対して作用応力範囲が傾きを持った場合の疲労試験を行った。傾き θ は、作用応力範囲に垂直な場合、すなわち通常の荷重非伝達型リブ十字継手 ($\theta = 0^\circ$) に対して、 $\theta = 15^\circ, 30^\circ$ とし、疲労き裂の発生、進展の挙動、および疲労寿命について、実験的に検討した。

2. 疲労試験 試験体の形状および寸法を図 1 に示す。 $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ の 3 種類である。この試験体は、母材の中央部に R 加工を施した突起部をつけることで、リブが傾いているために生じるリブ端部の応力集中を緩和した。供試鋼材は普通構造用鋼 JIS SM490YA である。溶接方法は、フラックス入りワイヤーを用いた CO_2 半自動溶接で、電圧 36V、電流 250A、溶接速度 50~60cm/min、 CO_2 流量 25~28 l/min の溶接条件で施工した。また、疲労き裂の形状変化はダイマキングやピーチマーク試験によって追跡した。

3. 疲労き裂の発生、進展挙動 $\theta = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ のいずれも、疲労き裂は応力が集中する溶接止端部から発生し、進展した。しかし、 θ によって、疲労き裂進展の挙動が異なり、その結果、疲労寿命に影響を及ぼした。これは、疲労き裂の進展が、作用応力の方向に大きく影響されるからである¹⁾。

破面観察より、 $\theta = 0^\circ$ では、止端部に沿った面に複数個の疲労き裂が発生し、同一面上で合体をくり返して一つの面が形成された(写真 1(a))。 $\theta = 15^\circ$ では、進展の過程で作用応力に対して直角な面を形成しようとして、破断時は止端部に沿った面ではなくなっており、破面には縦の筋が多く見られ、その中に大きな段差も見られた(写真 1(b))。縦の筋は、き裂前縁に沿ってき裂面が連続していないために形成されると思われる。比較的大きな段差は、半楕円で進展してきた異なる疲労き裂面が重なり合っできる。疲労破面に大きな段差が形成される時、その過程で疲労き裂の進展が遅延され、疲労寿命が長くなると考えられる。また、 $\theta = 30^\circ$ でも、 $\theta = 15^\circ$ の疲労き裂と同様の挙動をとるが、破面には縦の筋や段差はより多く見られ、その段差は大きく、また隣り合う段差間隔が小さい(写真 1(c))。

このような疲労き裂の挙動を、図 2 を用いて説明する。初期疲労き裂は、溶接止端部に沿って発生する。つまり、そのき裂面は、主応力直角方向に対して、

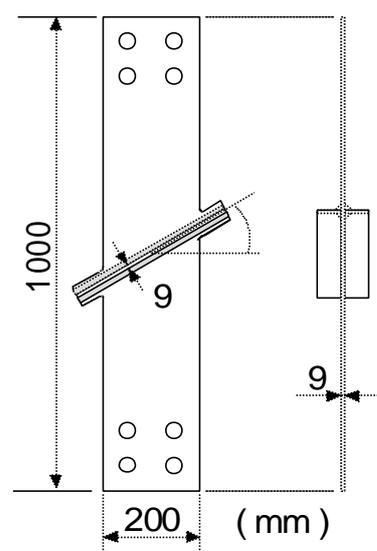


図 1 疲労試験体

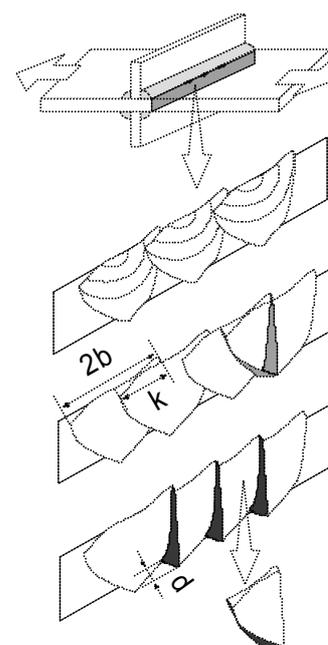


図 2 疲労き裂進展挙動

Key Word : 疲労強度, 荷重非伝達型リブ十字すみ肉溶接継手, 斜め, き裂進展挙動

* 〒464-8603 名古屋市千種区不老町, TEL 052-789-4620, FAX 052-789-3738

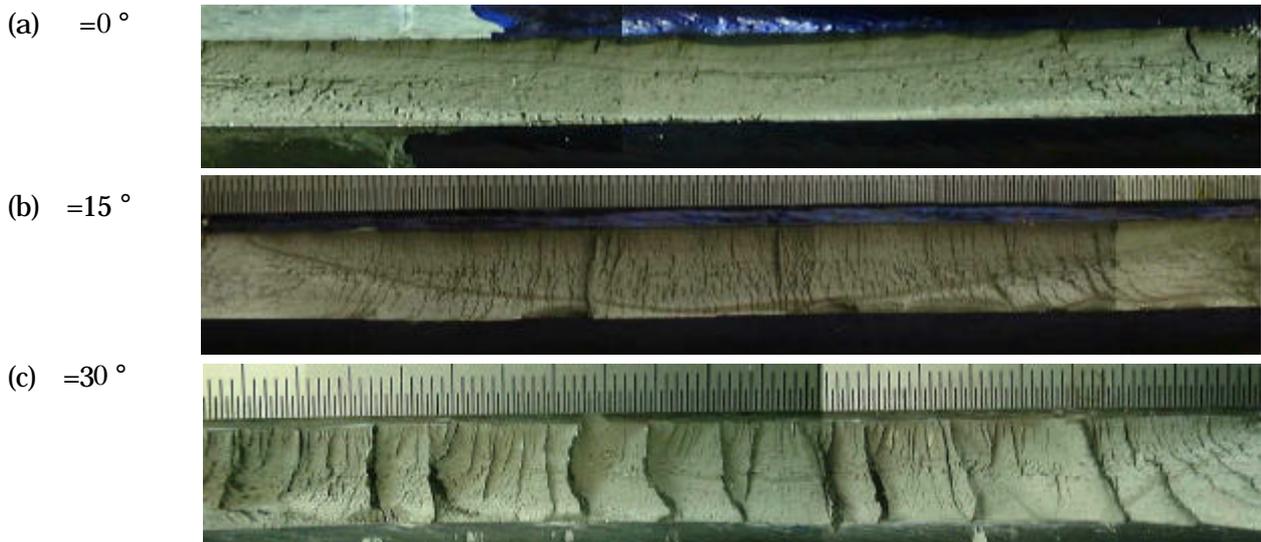


写真1 疲労破面

傾いている。しかし、その疲労き裂は進展するにしたがって、公称応力に直角にき裂面を形成しようとする。そのため、それぞれのき裂面は同一面上ではなくなり、隣り合う疲労き裂は互いに重なり合うようになる。このとき、疲労き裂は互いに干渉し合い、進展は遅延されると考えられる。最終的に疲労き裂が主板板厚を貫通すると、き裂前縁に沿ってき裂がつながり、段差を形成する。 θ が大きいほど、大きくなることのできる疲労き裂の限界のサイズ $2b$ は小さいことが明らかになった。また、このとき、疲労き裂の重なり k と疲労き裂面の距離 d はいずれも大きくなり、疲労破面の段差は大きくなることを確認した。

4. 疲労強度評価 疲労試験結果を図3に示す。縦軸は公称応力範囲である。図中の実線は、JSSCの強度等級²⁾である。 $\theta = 0^\circ$ はE等級以上の疲労強度を示した。太線で示すS-N線図は、試験結果より得られた回帰直線であり、これを基準にして、 $\theta = 15^\circ, 30^\circ$ を比較する。 $\theta = 15^\circ, 30^\circ$ の試験体の回帰直線は、それぞれ破線、点線のようになる。 θ が大きくなるにつれて、疲労寿命が長くなり、応力範囲の打ち切り限界も大きくなっていることがわかる。また、S-N線図はによって傾きが異なる。以上のように、疲労耐久性を定量的に評価することができ、平均的な疲労寿命は図3のS-N線図より求めることが可能である。

5. まとめ 本研究では、荷重非伝達型リブ十字すみ

肉溶接継手で、公称応力が溶接止端部に対して傾いている場合を対象に疲労試験を行い、公称応力が溶接止端部直角方向から、 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ$ 傾いた場合の疲労寿命を定量的に評価し、S-N線図に示した。 θ が大きくなると疲労き裂の進展が遅延されることで、疲労寿命が長くなる傾向を示した。

参考文献

- 1) 大塚昭夫・東郷敬一郎・吉田誠：混合モード三次元き裂の疲労き裂進展挙動に関する研究（第2報、せん断負荷を受ける半だ円表面き裂からの疲労き裂進展挙動）、日本機械学会論文集（A編）、54巻505号（昭63-9）、pp.1735-1744、1988。
- 2) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993。
- 3) Kentaro Yamada et al. : Fatigue behavior of tensile plates with inclined fillet welded ribs : EASEC7, Vol.1, pp.225-230, 1999。
- 4) 下平貴之・中門公明・橋本昭：荷重が斜めに作用する場合のリブ十字すみ肉継手の疲労強度、茨城講演会講演論文集（日本機会学会関東支部、精密工学会、日本塑性加工学会、97-9-26）、pp.131-132、1997。

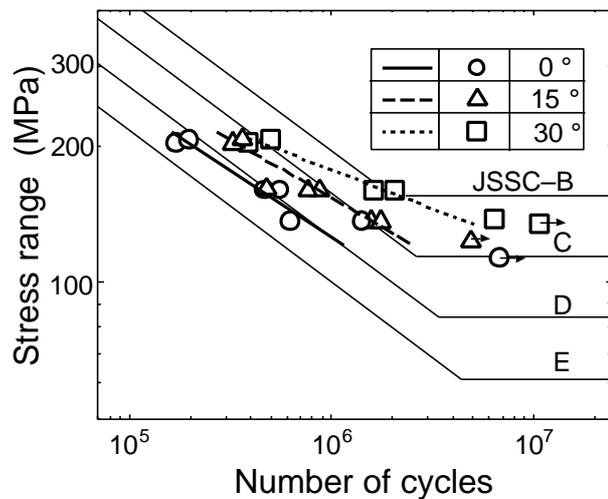


図3 疲労試験結果