

板曲げ疲労試験における面外ガセット継手のき裂進展特性

芝浦工業大学 学生会員 ○澁谷友哉 穴見健吾
法政大学 正会員 内田大介

1. 研究背景・目的

近年、写真-1 に示すような板曲げ疲労試験機が開発され、その試験によるデータの蓄積がなされてきている。しかし面外ガセット継手の板曲げ疲労試験結果は、疲労強度が 1 等級程度引張疲労試験結果より低くなるという報告もある。その要因として(1)载荷荷重が不明、(2)応力集中の差異、(3)特徴的なき裂進展挙動や、試験終了条件の差異といったことが挙げられる。昨年度¹⁾は(1)(2)について検討したため、本投稿では(3)に着目する。板曲げ载荷・引張载荷の両者について、主板厚 10(12)mm と 25mm の面外ガセット継手試験体を用いた疲労試験及びき裂進展解析により、板曲げ疲労試験における面外ガセット継手のき裂進展特性を検討することを目的とする。

2. 引張载荷での解析

本研究ではき裂進展解析ソフト franc3d を用いて進展解析を行っている。まず穴見ら²⁾の論文を参照し、主板厚 (10mm, 25mm) 以外の寸法のほぼ等しい試験体の過去の疲労試験結果を用いて、franc3d の妥当性を検討した。初期き裂は半径 0.1mm の半円とし、き裂の進展量は 0.01mm から徐々に大きくして解析を行った。また、き裂進展解析後は修正 Paris 則を用いて、JSSC の定める最安全設計曲線に従い、公称応力を 100MPa として疲労強度を算出した。結果は図-1 に示す通りで、過去の引張疲労試験データとほぼ同等の位置にプロットされた。また、板厚による明瞭な疲労強度の差異は見られなかった。

3. 板曲げ载荷での試験・解析

本研究では図-2 に示す、主板厚 10mm (以下 T10) と 25mm (以下 T25) の全 12 体の試験体を用いて板曲げ疲労試験を行った。疲労試験は T10 では N10 (き裂先端が溶接ビードから 10mm 離れた位置)、T25 では N20 で終了した。破面の一例を写真-2 に示す。T10 では N10 の段階で板厚の 80% 近くまで進展しているのに対し、T25 では N20 でも板厚の 70% 程度である。両試験体とも N10 で整理した疲労試験結果を図-3 に示す。E 等級程度に分布し、主板厚による差異は見られない。同図には、前述と同条件で行った進展解析結果も示しているが、T25 では疲労強度が若干低い傾向も見られるものの、概ね試験データと一致している。

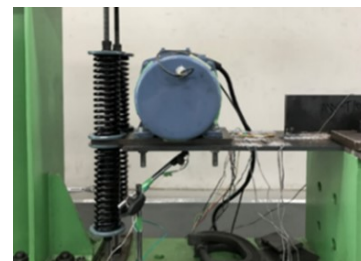


写真-1 板曲げ疲労試験機による面外ガセットの疲労試験



図-1 引張载荷における疲労強度

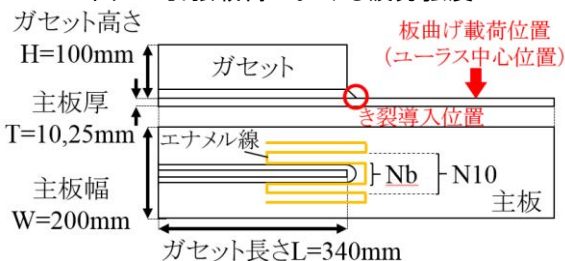


図-2 板曲げ载荷におけるモデル寸法

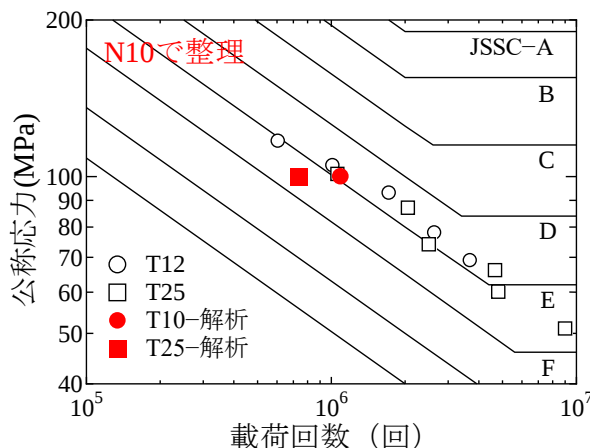


図-3 板曲げ载荷における疲労強度

キーワード：板曲げ疲労試験、面外ガセット継手、き裂進展、応力集中係数、応力拡大係数、疲労寿命

連絡先：〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL: 03-5859-8352 e-mail: anami@sic.shibaura-it.ac.jp

4. き裂進展解析で得られたき裂形状

進展解析で得られたき裂形状を、後述する引張载荷モデルの結果と併せて図-4 に示す。引張载荷では止端部から鉛直方向にき裂が進展するのに対し、板曲げ载荷ではき裂がガセット下に潜り込む現象が見られた。解析で得られた板厚方向の進展形状と、歯科印象材を用いて採取したき裂形状を重ねたものを図-5 に示すが、主板厚によらず解析によりき裂の進展形状を再現できている。また、解析において、T10 では N10 の段階で板厚の 66%まで進展したが、T25 では N20 で 52%まで進展した。これは実測値よりも低い値となったが、ビードサイズ等（解析モデル 6mm,試験体 12mm 程度）の差異も関係していると考えられる。

5. 板曲げ载荷と引張载荷の比較

板曲げ载荷と引張载荷の疲労寿命の比較を行うため、前述した板曲げ载荷モデルと同条件で、止端部の応力集中係数が概ね等しい引張载荷モデルについても進展解析を行った。なお、応力集中係数を合わせるにあたり、T10 では H110, L680, W300、T25 では H170, L1000, W400 となるモデルを作成した。算出した各パターンにおけるき裂最深部の応力拡大係数（以下 K 値）とき裂深さの関係を、Nb~N30 のプロットとともに図-6 に示す。進展解析の初期段階では、K 値はどのパターンにおいてもほぼ等しい値であったが、その後引張载荷では主板厚によらず K 値は単調な増加傾向を示したのに対し、板曲げ载荷では T10 はき裂深さ 3.5mm、T25 は 5.3mm で K 値は最大となり、以降は減少傾向となった。K 値を用いて算出した载荷回数とき裂深さの関係を図-7 に示す。なお、ここでは引張载荷において、き裂が板厚を貫通する時の载荷回数を破断寿命と考える。引張载荷では、き裂深さは加速度的に大きくなる。その速度は応力集中係数の大きい T25 の方が大きい、破断までの進展量が大きいため、破断寿命は T10 よりも若干長い結果であった。板曲げ载荷では引張载荷と異なり、K 値の変化で見られるように、進展速度がある地点で減少に転じる。この深さは T10, T25 とともに Nb に相当する深さに近かった。また、図-3 で板曲げ疲労試験結果の整理に用いた N10 の解析結果と、引張载荷の破断寿命を比較すると、寿命ベースで T10 では 123%、T25 では 78%となり、板厚により差異がある。

参考文献

- 1) 澁谷ら：板曲げ疲労試験を用いた面外ガセット継手の疲労特性, 2020, 土木学会第 75 回年次学術講演会
- 2) 穴見ら：面外ガセット溶接継手の疲労強度の寸法効果に関する一考察, 2014, 構造工学論文集

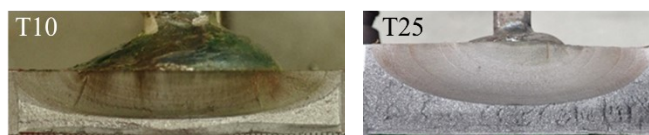


写真-2 試験体破面
(T10 は N10, T25 は N20 での破面)

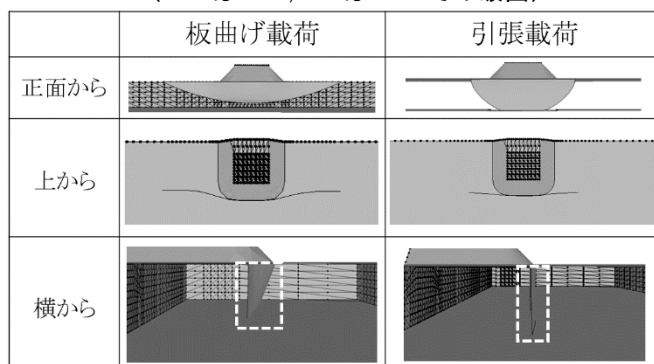


図-4 franc3d で得られたき裂形状
(T10 の場合)

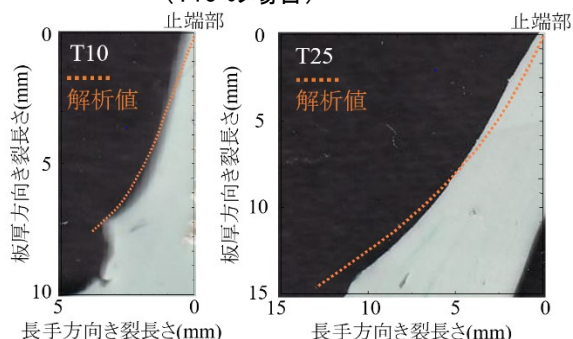


図-5 解析値と実測値のき裂形状の比較

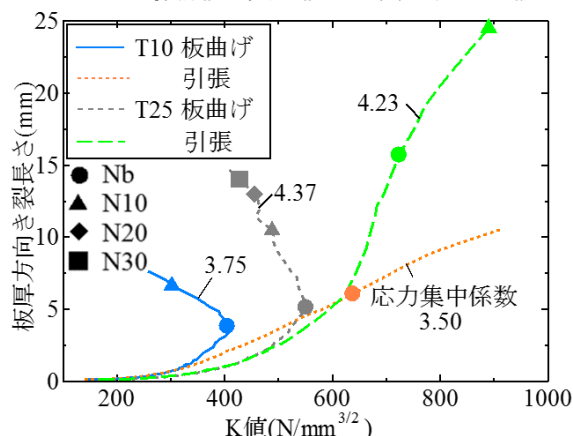


図-6 K 値とき裂深さの関係

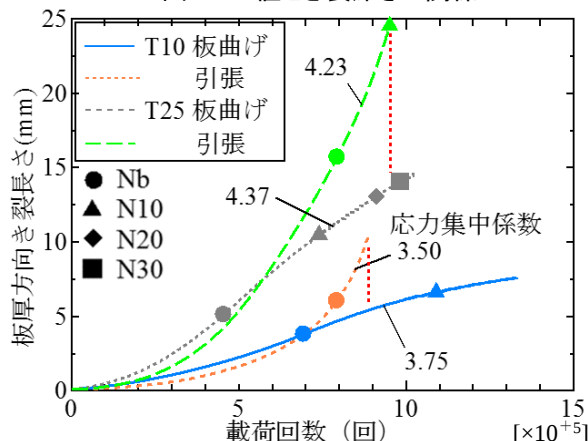


図-7 载荷回数とき裂深さの関係