

面外ガセット溶接継手の長寿命疲労試験

芝浦工業大学 学生会員 伊藤 祐哉
 芝浦工業大学 正会員 ○穴見 健吾
 芝浦工業大学 学生会員 佐藤 嘉宏

1. はじめに

疲労設計に用いられる疲労設計曲線は継手形状ごとに定められている。その一定振幅の疲労限に相当する打ち切り限界は疲労強度等級が低いほど大きな繰返し回数に設定されており、本研究で対象とする面外ガセット継手試験体（ガセット長さ 100mm 以上）では 7.7×10^6 回に設定されているが、 $10^7 \sim 10^8$ 回オーダーの疲労試験データが非常に少ないのが現状である。本研究では 10^8 回の繰返し回数を目指した疲労試験を行い、長寿命域での疲労試験データの蓄積を行い、その疲労亀裂発生の有無を止端部応力で整理した。

2. 板曲げ疲労試験

本研究では、図-1 に示す板曲げ疲労試験機を用い、応力比をほぼ 0 として疲労試験（载荷速度 19Hz）を行った。試験体の形状を図-2 に示す。試験鋼材は SM490 である。試験体には図-3 に示すように疲労亀裂検知用のエナメル線を貼付し、亀裂がエナメル線を切断した時点で、Ntoe、Nb および、疲労亀裂が止端部を離れ、止端部から 10,20,30mm の位置に到達した繰返し回数 (N10,N20,N30) を計測し、N30 で終了とした。なお、疲労亀裂が発生していない未破断試験体（载荷回数 $4.2 \sim 11 \times 10^7$ 回）については同図(b)に示す位置で切断し、顕微鏡(200 倍)で止端部を観察したが亀裂は認められなかった。疲労試験結果を Nb および N30 で整理した結果を図-4 に示す。縦軸はひずみゲージ②③の読みを②'③'の値で補正した等価応力範囲を用いている。なお、疲労試験開始時と Nb 時の等価応力範囲との差異は最大 1.6MPa 程度である。本試験は板曲げ試験であり、亀裂がガセット下にまわり込むような現象も見られ、Nb から N30 までの寿命が非常に長い。亀裂が発生した試験体は Nb の段階で 200 万回程度（応力範囲 44.5MPa）、N30 の段階で 600 万回程度（応力範囲 46.4MPa）までの疲労寿命であり、S-N 線図上で傾き 3 である JSSC の疲労強度等級線にほぼ沿って分布している。

3. 応力解析

本研究で用いた板曲げ試験機を用いた疲労試験結果は、これまで図-2 に示す②③のひずみゲージで測定される応力振幅を用いて整理されてきた。本研究では、図-2 に示す解析モデル作成用ゲージを用いて、板曲げ試験体の挙動を表現できる解析モデルの作成を行った。現在のところ、図-2 に示すひずみゲージ全ての測

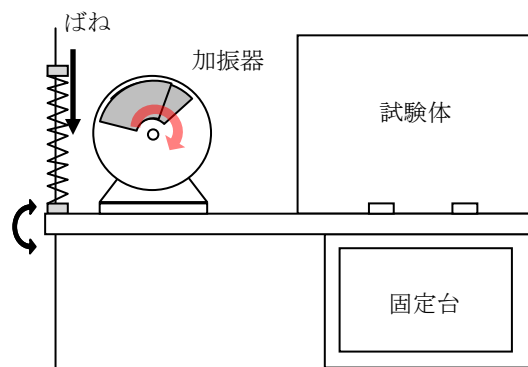


図-1 板曲げ試験機概要

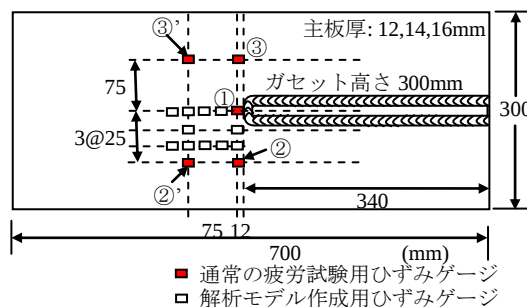


図-2 試験体寸法とゲージ貼付位置

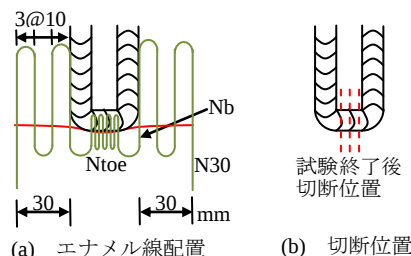


図-3 亀裂検知・観察手法

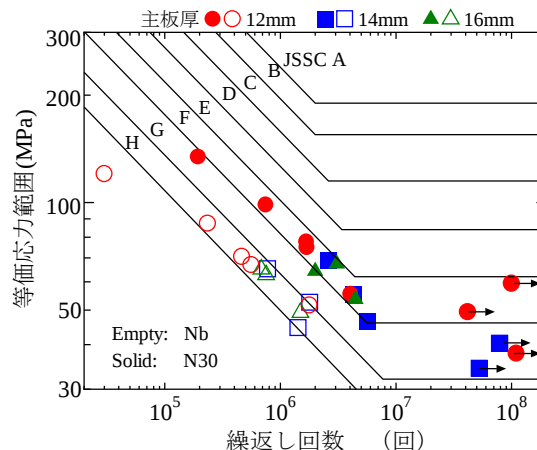


図-4 疲労試験結果

キーワード 疲労, 長寿命, 面外ガセット, 止端部応力

連絡先 〒160-0004 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 土木工学科 穴見健吾 TEL 03-5859-8352

定値とほぼ一致する載荷形式・支持条件は得られていないが、図-5 に示すように、試験体端部に幅方向一様荷重を載荷し、試験台位置を完全固定した解析モデルが試験体中央（ひずみゲージ①を含むライン）のひずみゲージの値と解析値との相関が良く、各試験体に対して解析モデルを作成した。なお、本研究で用いた板厚 12mm および 14mm の各試験体は印象材を用いて止端部形状（止端半径・止端角）および脚長を測定しており、それらの値も解析モデルに組みこんでいる。図-5 には、試験体中央の長手方向応力分布をひずみゲージの読みと併せて示すが、本研究では、止端部から離れた応力分布がほぼ直線分布をしている位置の応力から止端部に外挿した応力値を公称応力として整理を行った。

図-6 に上述の手法で定義した公称応力範囲で整理した疲労試験結果（N30）を示す。なお、同図に既往の公表文献より抽出した面外ガセット継手（ガセット長さ 100mm 以上）の引張疲労試験結果も併せて示す。収集データが少ないが、概ね 7×10^6 回（G 等級の一定振幅の打切り限界は 7.7×10^6 回）に到達する前に疲労破壊が生じており、それ以上の載荷回数で亀裂が発生しているデータは本研究も含めてない。また図-6 に示す破断した試験体の中で最も小さな応力範囲の疲労試験は本研究の 52MPa であった。

図-7 に止端部近傍の最大の最大主応力範囲（発生位置は溶接止端部より若干ガセット側）で整理した疲労試験結果（N30）を示す。なお、解析には止端半径、止端角度それぞれの平均値を用いた。止端部近傍は止端部半径の 1/10 程度の要素分割を行っている。同図には、図-6 に示した既往の疲労試験データの中で、試験体寸法および溶接脚長・止端部形状（止端半径・止端角）が報告されているデータを調査し、それらの解析モデルを同様の手法で作成して整理を行っている（但し、溶接ビード形状は主板側・ガセット側の脚長から直角三角形でモデル化しているため、止端部での応力集中は実際の値よりも若干小さな値となっている可能性がある）。本研究の N30 および既往の疲労試験の破断データを見ると、JSSC の A 等級以上にプロットされており、A 等級の疲労試験の疲労限（190MPa）よりも低い破断データは見られていない。本研究で用いた 12mm および 14mm の試験体それぞれで、破断と非破断試験体との間の止端部最大主応力の境界が見られているが、図-7 にプロットされている試験データ全体では必ずしも境界は明瞭ではない結果であった。また、図-6 に示す公称応力で整理した場合と比較してばらつきの大きい結果となった。

本研究では 10^8 回レベルの疲労試験を行った。今後本試験で見られた破断・未破断の境界レベルの応力範囲の疲労試験を更に行う予定である。

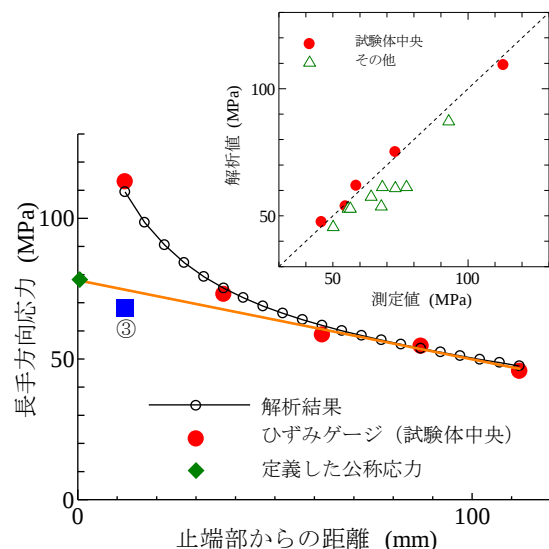


図-5 解析と測定と比較と公称応力の定義

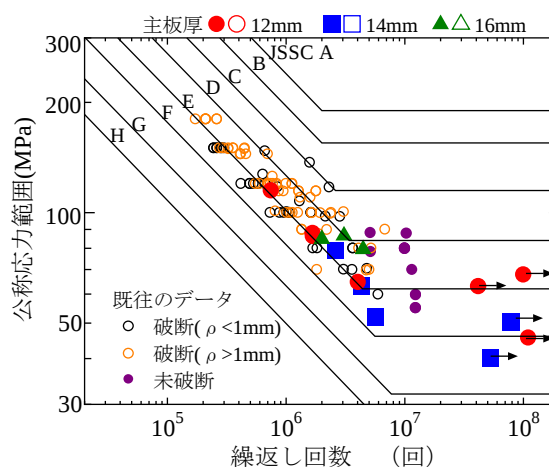


図-6 公称応力で整理した疲労試験結果

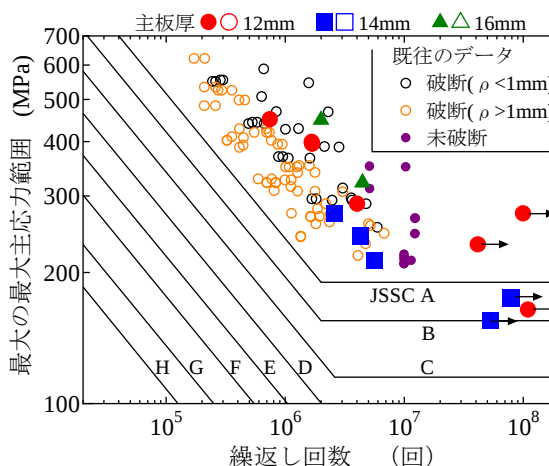


図-7 止端部最大応力で整理した疲労試験結果

謝辞：本研究の一部は、文部科学省科学研究費（基盤 B，代表者：魚本健人）課題番号 22360174 により実施した。