

溶接継手の極低サイクル疲労強度に対する板厚の影響

名古屋大学 学生会員 ○伊藤 公二
学生会員 埴淵 脩司
正会員 館石 和雄

1. 目的

本研究では溶接継手の極低サイクル疲労強度に与える板厚の影響を疲労試験によって明らかにし、その結果について弾塑性有限要素解析により考察する。

2. 極低サイクル疲労試験

図-1 に試験体の形状を、表-1 に試験体の寸法を示す。試験体は主板厚の異なる 3 種類の T 字溶接継手であり、溶接ままの試験体と、グラインダー処理により止端形状を滑らかにした試験体を用意した。主板厚が 12,19,36mm の試験体をそれぞれ T12, T19, T36 と呼ぶこととする。疲労試験状況を図-2 に示す。試験体の主板を拘束し、付加板を上下に変位させることにより主板に繰り返し曲げ変形を与えた。载荷は変位制御にて行った。き裂の有無は磁粉探傷試験により確認した。溶接まま試験体では止端部に沿って、グラインダー処理試験体ではグラインダー処理部から数 mm 程度のき裂が複数発生し、繰り返しに伴いそれらが結合しながら板幅方向に進展して破断に至った。

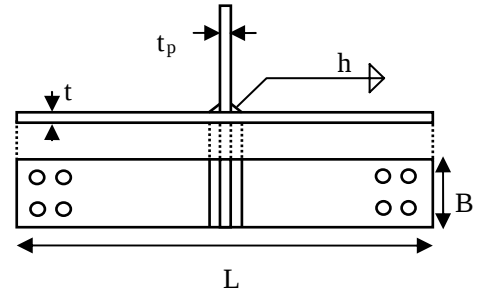


図-1 試験体の形状

表-1 試験体の寸法(unit:mm)

Specimen	t	L	B	t _p	h
T12	12	300	70	12	8
T19	19	900	140	10	10
T36	36	1300	70	10	10

図-3 に公称ひずみ振幅と疲労寿命の関係を示す。図の横軸はき裂を最初に発見した時の繰り返し数であり、その時のき裂長は 2-5mm であった。溶接ままの試験体に比べ、グラインダー処理試験体の疲労寿命は大幅に伸び、2 倍から 5 倍程度の改善がみられた。このことから極低サイクル疲労領域においてもグラインダー処理の効果は高いといえる。一方、板厚が異なると疲労強度に大きな差が見られ、溶接ままの試験体、グラインダー処理試験体ともに、板厚の増加に伴い大幅な疲労強度の低下が確認された。

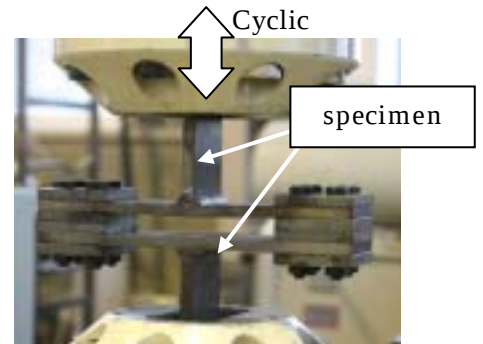


図-2 試験状況

3. 局部ひずみの解析

公称ひずみで整理した試験結果において、止端処理をした試験体の疲労寿命は長くなり、また、板厚が厚くなると疲労強度が大幅に低下した。これは公称ひずみにはき裂発生点における局部ひずみの大小が反映されていないことによるものと考えられる。そこで、止端形状計測結果を基に溶接部や仕上げの形状を再現した解析モデルを作成し、止端部に生じる局部ひずみを解析的に明らかにした。解析には MSC/MARC を用いた。図-4 に解析モデルおよび境界条件を示す。止端形状は計測結果を参考に決定した。弾性係数は 200GPa、ポアソン比は 0.3 とし、降伏強度は 355MPa とした。

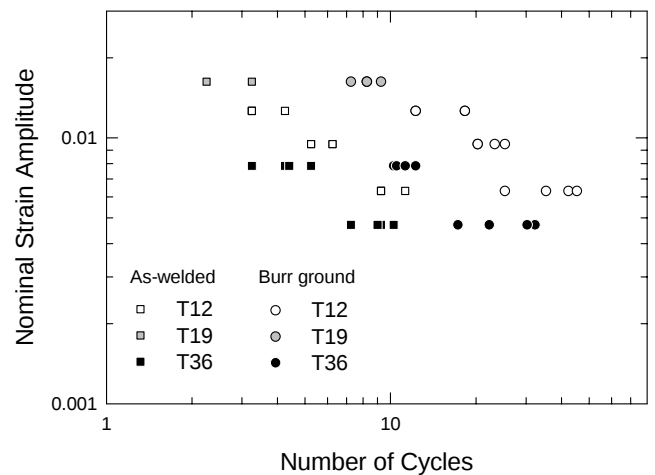


図-3 公称ひずみ振幅と疲労寿命の関係

キーワード 極低サイクル疲労、板厚効果、グラインダー仕上げ

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 052-789-3741

構成則はバイリニア型とし、その二次勾配は弾性係数の $1/100$ とした。硬化則には移動硬化則を用いた。

解析結果の一例として T19 試験体において载荷点変位を +35mm とした時の試験体長手方向のひずみ分布を図-5 に示す。局部ひずみは、溶接ままの試験体に比べ、グラインダー処理試験体では大きく減少していることがわかる。

4. 局部ひずみによる疲労試験結果の整理

著者らは母材、溶接金属部、HAZ ごとに極低サイクル領域の疲労強度曲線を提案している¹⁾。解析により求めたき裂発生源での局部ひずみ振幅と疲労寿命との関係を、過去に提案した疲労強度曲線とともに図-6 に示す。溶接ままの試験体の結果は、全ての試験結果が溶接金属の疲労強度曲線を中心に分布している。グラインダー処理試験体の結果は HAZ の疲労強度曲線を下限に分布しており、これは図-7 に示すように、グラインダー処理部に溶接金属より疲労強度の低い HAZ が存在しており、そこから疲労き裂が発生したためであると考えられる。いずれの場合にも、公称ひずみ振幅で整理した場合のような板厚による疲労強度の低下は見られない。すなわち、板厚による疲労強度の差は、き裂発生源に生じる局部ひずみの差として説明できることが明らかとなった。

5. まとめ

公称ひずみで整理した場合、板厚が厚くなると極低サイクル疲労強度は大きく低下する。局部ひずみ振幅で疲労試験結果を整理した場合には板厚の影響は見られず、低サイクル疲労き裂の発生寿命に関しては、板厚効果は局部ひずみの大きさによって説明できることが明らかとなった。しかしき裂の進展寿命に与える影響は解明されておらず、板厚の影響に関する詳細な解明は今後の課題である。

参考文献

1) 館石, 判治: 画像計測を用いた試験システムによる突合わせ溶接継ぎ手の低サイクル疲労強度の検討, 土木学会論文集, No.752/I-66, pp.277-287. 2005.

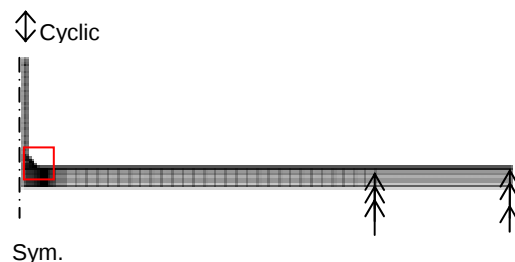


図-4 解析モデルおよび境界条件

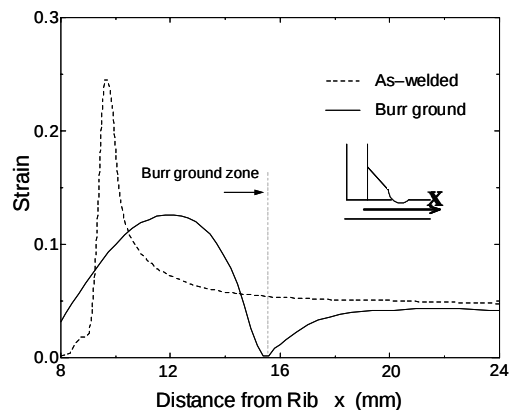
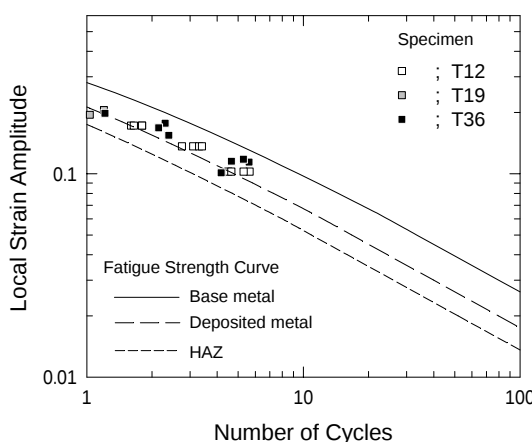
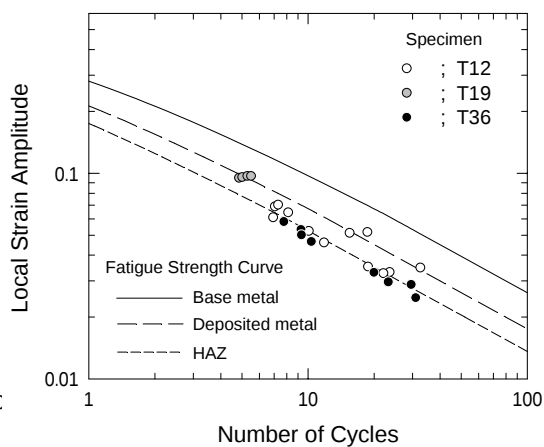


図-5 ひずみ分布



(a) 溶接まま試験体



(b) グラインダー処理試験

図-6 局部ひずみ振幅による疲労強度評価

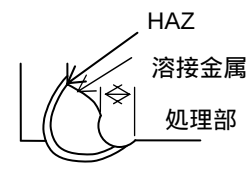


図-7 処理後の溶接部