

止端処理による溶接継手の極低サイクル疲労強度向上効果

名古屋大学 学生会員 ○埴淵脩司 正会員 館石和雄 正会員 判治剛

1. はじめに

溶接継手の極低サイクル疲労強度は、溶接止端形状、特に止端半径の大きさに左右され、止端半径が小さくなるにつれて疲労強度は下がることが明らかとされている¹⁾。本研究では高サイクル疲労領域で実績の高い TIG 処理とグラインダー処理の 2 つに着目し、極低サイクル疲労領域におけるこれらの止端処理方法の疲労強度向上効果を実験及び解析により明らかにするとともに、適切な処理方法について検討した。

2. 試験体及び試験方法

図-1 に試験体の寸法を示す。試験体は主厚が 12mm と 19mm の 2 種類の T 字溶接継手であり、それぞれに対し何も処理を施さない As-welded 試験体と、溶接止端部を TIG 処理又はグラインダー処理により止端形状を滑らかにした TIG 処理試験体、グラインダー処理試験体を用意した。図-2 に試験の様子を示す。試験体は両端をボルトで固定し、リブを試験機のチャック部につかませ上下に一定の変位振幅を与える変位制御にて試験を行った。き裂の有無は磁粉探傷試験により定期的に確認し、き裂が発生するまでの疲労寿命を比較した。

図-3 にき裂発生状況を示す。写真は溶接部を斜め上から撮影したものである。TIG 処理試験体では TIG 処理部から、グラインダー処理試験体ではグラインダー処理部から、それぞれ数 mm のき裂が生じ、それらが結合しながら板幅方向に進展し破断した。図-4, 5 に変位振幅とき裂発生寿命の関係を示す。き裂発生寿命はき裂を発見した時の繰り返し数であり、そのときのき裂長は 2~5mm であった。As-welded 試験体の結果に比べ TIG 処理試験体およびグラインダー処理試験体の疲労寿命は 3~6 倍程度延びた。またグラインダー処理に比べ TIG 処理の方が若干ではあるが疲労寿命の改善効果は高かった。

3. 疲労試験結果

図-3 にき裂発生状況を示す。写真は溶接部を斜め上から撮影したものである。TIG 処理試験体では TIG 処理部から、グラインダー処理試験体ではグラインダー処理部から、それぞれ数 mm のき裂が生じ、それらが結合しながら板幅方向に進展し破断した。図-4, 5 に変位振幅とき裂発生寿命の関係を示す。き裂発生寿命はき裂を発見した時の繰り返し数であり、そのときのき裂長は 2~5mm であった。As-welded 試験体の結果に比べ TIG 処理試験体およびグラインダー処理試験体の疲労寿命は 3~6 倍程度延びた。またグラインダー処理に比べ TIG 処理の方が若干ではあるが疲労寿命の改善効果は高かった。

4. 局部的なひずみに基づく極低サイクル疲労強度評価

試験体の止端形状を正確に再現した解析モデルを作り、その解析モデルから得られたき裂発生点における局部的なひずみと、既報²⁾にて得られた溶接金属、HAZ、母材の極低サイクル疲労強度曲線を照らし合わせることで、試験体の疲労強度評価を行った。図-6 に解析モデル及び境界条件を示す。図-6 に示す曲率半径、処理深さ、及びリブからの距離は歯科用印キーワード 極低サイクル疲労、溶接継手、TIG 処理、グラインダー処理

連絡先 〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町 名古屋大学 TEL052-789-3741

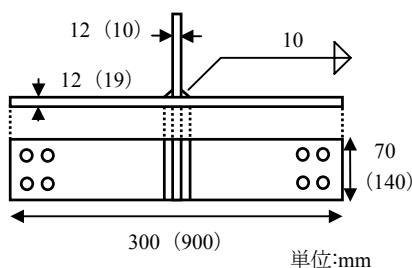


図-1 試験体の寸法
(カッコ内は主厚 19mm)

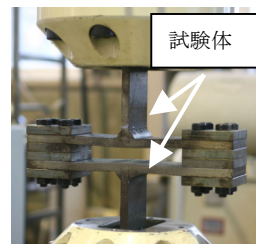
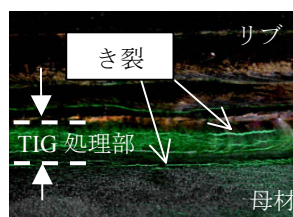
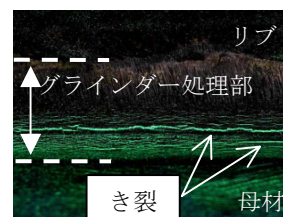


図-2 試験の様子



(a) TIG 処理試験体



(b) グラインダー処理試験体

図-3 き裂発生状況

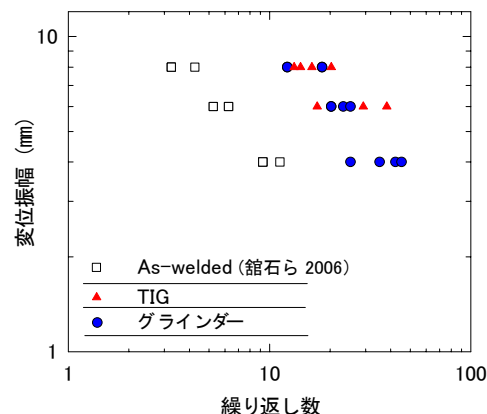


図-4 主厚 12mm 試験体

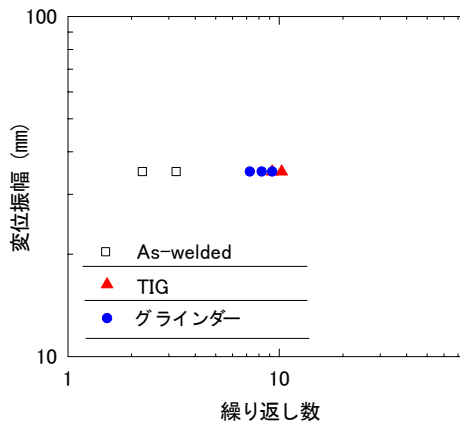


図-5 主厚 19mm 試験体

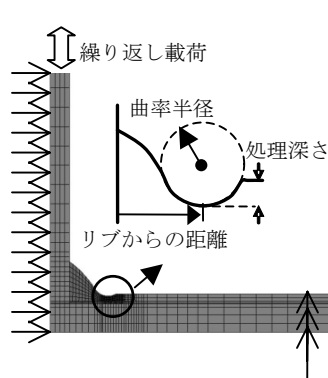


図-6 解析モデル

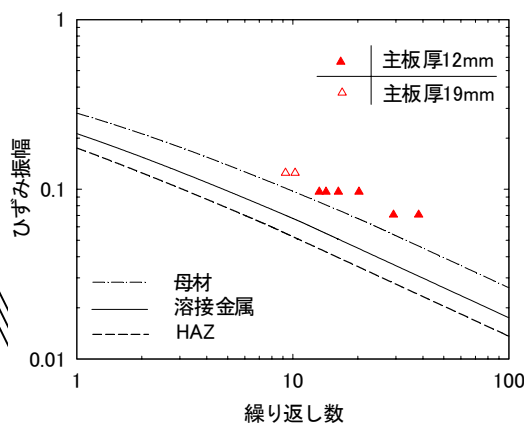


図-7 TIG 処理試験体

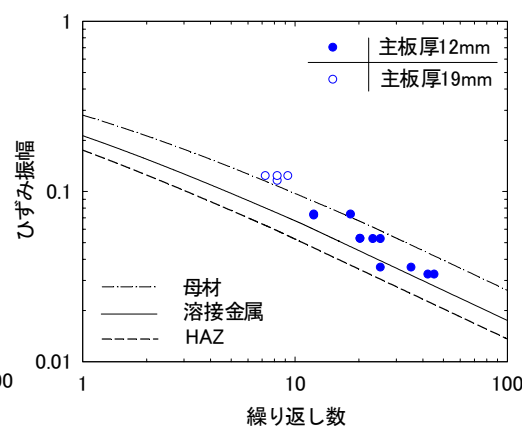


図-8 グラインダー処理試験体

象材より実際に計測した値を参考に決定した。構成則はバイリニア型で二次勾配はヤング係数の1/100, 硬化則は移動硬化則を用いた。図-7にTIG処理試験体の、図-8にグラインダー処理試験体の局部ひずみと疲労寿命の関係を示す。処理部におけるひずみの最大値をき裂発生源のひずみとした。

TIG 処理試験体では母材の疲労強度曲線を、グラインダー処理試験体では溶接金属の疲労強度曲線を下限に分布している。しかし図中に示す疲労強度曲線は長さ 0.5mm のき裂を発見した時の繰り返し数を疲労寿命としているのに対し、試験結果は2~5mm のき裂を発見した時の繰り返し数を表している。そこで 0.5mm から数ミリまでのき裂進展寿命を踏まえると、TIG 処理試験体では溶接金属の疲労強度曲線に、グラインダー処理試験体では HAZ の疲労強度曲線に近づくと考えられる。ひずみで整理した場合の疲労強度が TIG 処理試験体に比べ、グラインダー処理試験体の方が低くなるのは、図-9に示すように TIG 処理部では再融解した溶接金属が一樣に存在するのに対し、グラインダー処理部には溶接金属と HAZ が混在しており、HAZ が弱点となるためと考えられる。

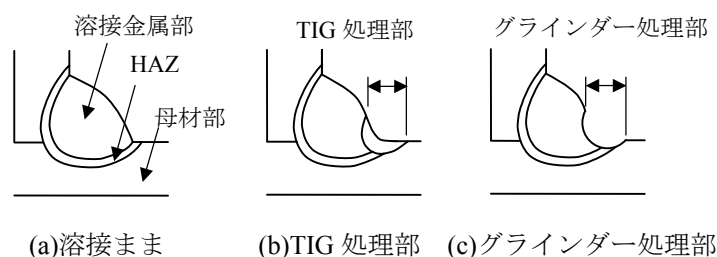


図-9 溶接部の概要

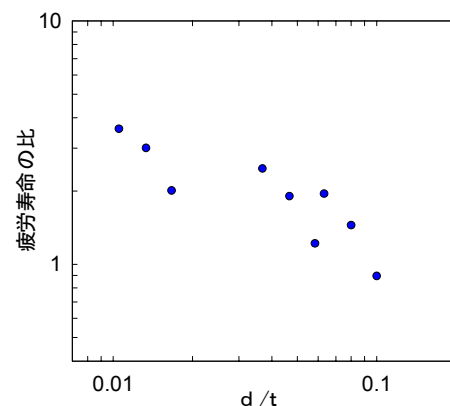


図-10 グラインダー処理効果

5. グラインダー処理の疲労強度向上効果と処理深さ及び板厚の関係についての検討

解析モデルには図-6に示すT字溶接継手を用い、曲率半径を 6mm で一定にし、主板厚を 12, 15, 19mm, 処理深さを 0.2, 0.7, 1.2mm と変化させ解析を行った。図-10に解析結果を示す。縦軸はグラインダー処理部に生じる局部ひずみと溶接まま継手(曲率半径 0.6mm)の局部ひずみから、それぞれ HAZ, 溶接金属の強度曲線を用いて求めた疲労寿命の比を、横軸は処理深さを主板厚の大きさに除したものの d/t をとり、対数軸でそれぞれ表している。 d/t が比較的小さい範囲ではひずみ比は小さくグラインダー処理の効果が期待できるのに対し、 d/t が 10%に至るとグラインダー処理の効果はほとんど期待できない。

6. まとめ

極低サイクル疲労領域において TIG 処理及びグラインダー処理ともにその有効性は高かった。またグラインダー処理においてその効果を十分に得るためには、処理深さの設定が重要であるということがわかった。

参考文献

- 1) 判治ら：局部的なひずみを基準とした溶接継手の極低サイクル疲労強度評価，土木学会論文集，No.808/I-74，pp.137-145.
- 2) 館石ら：溶接部を対象とした極低サイクル疲労強度予測モデル，構造工学論文集，Vol.51A，pp.1275-1282.