局部ひずみによる溶接継手の極低サイクル疲労強度評価

名古屋大学	学生員	○判治	岡川	名古屋大学	正会員	舘石	和雄
名古屋大学	学生員	鬼頭	和也	サクラダ	正会員	南	邦明

1. 背景および目的

阪神・淡路大震災において,溶接継手部から多くの極低サイクル疲労き裂 が生じており,その発生を防止するためには,溶接継手の極低サイクル疲労 強度を適切に評価することが必要であると考えられる.そこで本研究では, 極低サイクル疲労領域における溶接継手の低サイクル疲労強度を推定するた めの手法として,局部的なひずみを基準とする疲労強度評価手法に着目し, その有効性について検討した.

2. 試験体および試験方法

試験体の形状および寸法を図-1 に示す.供試鋼材は SM490YA であり,そ の機械的性質を表-1 に示す.試験体は板厚 12mm の平板をすみ肉溶接により T 字に継ぎ合わせたものである.疲労試験は図-2 に示すように,試験機の上 下のチャックに取り付けた 2 つの試験体の端部をボルトにより接合し,上側 チャックを上下に変位させることにより試験体に繰り返し変形を与えて行っ た.変位制御で行い,設定した変位振幅は±4.0,±6.0,±8.0mm,そのときの 荷重は約±76,±83,±88kN であった.なお,溶接止端から 5.0mm の位置に添 付したひずみゲージの出力値を比較することにより,試験体取り付け時に左 右のバランスのずれがないことを確認した.

3. き裂発生,進展状況

全ての試験体で溶接止端部からき裂が発生した.き裂発生点における断面 のマクロ写真を図-3 に示す.き裂は溶接金属部と HAZ の境界から少し溶接 金属側に入った位置から発生している.破面の例を図-4 に示す.溶接止端部 から複数のき裂が生じ,それらが結合しながら止端に沿って進展している様 子を確認することができる.

4. き裂発生位置におけるひずみの推定

き裂が発生した溶接止端部の局部ひずみを推定するために,有限要素解析 により試験体表面におけるひずみ分布を確認した.解析モデルおよび境界条

件を図-5 に示す.止端半径,止端角は, 止端形状測定結果のばらつきを考慮し, 平均値-2×標準偏差とした.その結果, 止端半径は 0.73mm,止端角は 134.6 度 である.また母材,溶接金属部,HAZ を区別してモデル化し,それぞれに異な る降伏強度を設定した.母材の機械的性 質はミルシート値を参考にし,溶接金属 部とHAZ の降伏強度は硬さ試験結果か



図-3 き裂発生位置

表-1 供試鋼材の機械的性質

降伏点	引張強度	伸び
(MPa)	(MPa)	(%)
407	546	26



図-1 試験体 (mm)



Steel plate 図-2 極低サイクル疲労試験状況



図-4 破面

ら概算した.設定した母材,溶接金属部,HAZの降伏強度はそれぞれ,407,413,434MPaである.なお以下に示す解析結果は,繰り返し載荷を行い,履歴が安定した後のひずみの値を用いて整理した.

キーワード 極低サイクル疲労,局部ひずみ,溶接継手

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 TEL052-789-4620



例として載荷点変位を 8.0mm としたときの試験体表面におけるひずみ 分布を図-6 に示す. 図中には,止端から 5.0mm の位置に添付したひずみ ゲージの出力値も示してある. ゲージ値と解析値は比較的よく一致して おり,解析モデルの妥当性を確認することができる.また,溶接止端近 傍の非常に狭い領域で大きなひずみが発生しており,このひずみの最大 値が生じた位置とき裂発生位置(図-3 参照)はほぼ同一である.そこで 本研究では,最大値が生じた箇所のひずみを用いて疲労試験結果を整理 した.

5. 疲労試験結果

き裂が溶接金属部から発生していることより,溶接継手の極低サイク ル疲労強度は溶接金属部の疲労強度に依存するものと考えられる.そこ で本研究では,解析より求めた溶接止端部における局部ひずみと,既報 ¹⁾により得られた溶接金属部の疲労強度曲線を基に,局部ひずみによる溶 接継手の疲労強度評価手法の有効性を検討した.

今回は磁粉探傷試験によりき裂の発生の有無を確認しており,き裂発 見時のき裂長は約2.0~9.0mm 程度であった.しかし,著者らがこれまで に提案した極低サイクル疲労寿命予測モデルでは,0.5mm のき裂を発見 したときの繰り返し数をき裂発生寿命と定義している.そこで,図-7 に 示すようにき裂長と繰り返し数の関係からき裂発生寿命を推定し,それ により試験結果を整理した.き裂発生寿命と解析により求めた局部ひず み振幅の関係を図-8 に示す.図中の線は,鋼素材,溶接金属部,HAZ に 対して提案した¹⁾疲労強度曲線である.全ての試験結果は鋼素材に対する 強度曲線を明らかに下回っている.すなわち,溶接継手の低サイクル疲



図-8 局部ひずみによる疲労寿命評価

労強度評価を行う上で、鋼素材に対する疲労強度曲線を用いることは危険側の評価となる.また、試験結果は溶接 金属部の推定寿命を下限として分布していることがわかる.これは、解析において溶接止端半径を平均値-2×標準 偏差とかなり小さく設定したことにより、解析から求めたひずみ振幅のほうが実際に試験体の溶接止端部に生じた ひずみ振幅よりも大きめの値となったためであると考えられる.よって極低サイクル疲労領域においても、止端半 径を適切に設定すれば、解析により求められる局部ひずみと溶接金属部の疲労強度曲線を照らし合わせることによ り、精度よく極低サイクル疲労寿命が推定できることが示されたといえる.

参考文献

 1) 舘石和雄,判治剛,鬼頭和也,南邦明: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, 2005.