

突合わせ溶接継手の低サイクル疲労強度

名古屋大学 学生員 判治 剛
 名古屋大学 正会員 館石 和雄

1. 背景および目的

阪神・淡路大震災において多くの極低サイクル疲労による損傷事例が報告された。土木構造物で低サイクル疲労が問題となるのは、溶接部などの構造的不連続な箇所であり、構造物の安全性を確保する上で溶接部の低サイクル疲労強度の評価が必要となる。しかし従来の砂時計型試験体を用いた試験方法では、溶接部の疲労強度を評価することは困難である。そこで、画像計測を用いた平板曲げ試験におけるひずみ制御低サイクル疲労試験を開発した。この試験方法では、平板を用いるため溶接部に適用可能である。本研究では、突合わせ溶接継手試験体に対して低サイクル疲労試験を行い、過去の素材のデータと比較することで、溶接部の低サイクル疲労強度について検討した。

2. 試験システム

本研究で用いた低サイクル疲労試験システムは、図-1 に示すように、鋼板に板曲げ変形を与え、その際に生じるひずみを試験体の側面から撮影した画像より計測するものである。詳細は別報¹⁾を参照されたい。

3. 試験体および載荷方法

試験体の形状および寸法を図-2 に、供試鋼材のミルシートによる機械的性質を表-1 に示す。試験体は中央に突合わせ溶接がされており、溶接ビードは削除した。また、溶接部で最大のひずみが生じるように中央部の板厚を滑らかに削りこんだ形状とした。さらに、表面に傷がなくなるまで載荷軸方向に入念に研磨した。

4. き裂発生状況

き裂は引張側、圧縮側の両側から発生した。破断位置は、図-3 に示すように、どのひずみ振幅においても試験体中央部、すなわち溶接金属部であった。板幅方向についてのき裂発生位置は、引張側、圧縮側で異なっており、引張側では板の側面（画像によりひずみを計測した面）から、圧縮側では板幅中央部からき裂が生じた。ただしひずみ振幅 0.02 の試験体に関しては引張側からき裂が発生せず、圧縮側においては試験体中央部の他に HAZ 付近からも発生した。ひずみ振幅 0.09、0.05 のときの破面写真を図-4 に示す。圧縮側では板幅方向に複数の微小なき裂が発生し、それらが合体することで進展する様子を確認できる。さらに、ひずみ振幅が大きい場合は段差を伴って進展している。

5. 有限要素解析方法

引張側では画像によってひずみを計測した板側面からき裂が発生したが、圧縮側では板幅中央部から生じたため、き裂発生位置でのひずみが計測できていない。



図-3 破断位置

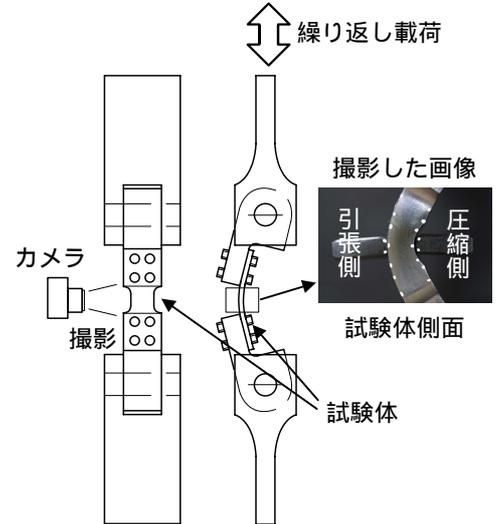


図-1 試験システムの概略図

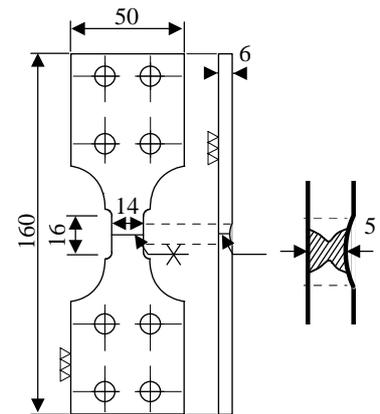


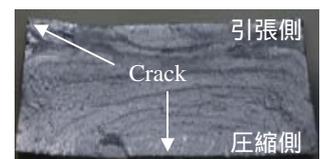
図-2 試験体の形状および寸法 (Unit:mm)

表-1 供試鋼材の機械的性質

鋼種	引張試験		
	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)
SM490A	437	551	26



(a) ひずみ振幅 0.09



(b) ひずみ振幅 0.05

図-4 破面状況

キーワード 低サイクル疲労, 溶接継手, 画像計測

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土木工学専攻 TEL052-789-4620

そこで、有限要素解析を用いて板幅方向のひずみ分布を求めた。また、試験体の片側を削りこんで非対称な形状としたことによる影響の有無についても検討した。解析方法は別報¹⁾を参照されたい。なお溶接部については、実際に強度試験を行っていないため、今回は溶接部の降伏点を SM490A の 20% 増しと仮定した。

6. 解析結果

試験体に 40mm の変位を与えたときの、引張側、圧縮側における試験体長手方向のひずみ分布を図-5 に示すように座標をとり、図-6 に示す。図中の実線は画像計測面の、破線は板幅中央部のひずみ分布の FEM 解析結果であり、プロットは同程度の変位を与えたときの画像計測値である。板側面における解析値と画像解析値はよく一致していることがわかる。一般に溶接部は母材よりも降伏点が高いため、曲げ荷重を荷した場合、溶接部よりも母材で大きなひずみが生じる可能性がある。しかし解析結果より、試験体の断面を削り込んだことにより溶接部で最大のひずみが生じていることが確認できる。また引張側では板側面の方が、圧縮側では板幅中央部の方が大きなひずみが発生しており、き裂発生位置と同様の傾向を示している。以上の結果より、圧縮側から生じたき裂に関しては解析値を用いてひずみ振幅を補正し、試験結果を整理した。

7. 疲労試験結果

FEM により補正したひずみ振幅とき裂発生寿命との関係を図-7 に示す。き裂発生寿命は、試験体表面に約 0.5~1.0mm 程度のき裂を確認したときの繰り返し数とした。併記した直線は、西村・三木²⁾による素材におけるき裂発生寿命 ひずみ振幅の提案式である。

のプロットは引張側の溶接金属部、△のプロットは圧縮側の溶接金属部、▽のプロットは圧縮側の HAZ からそれぞれき裂が発生したものである。図より、溶接金属部のき裂発生寿命は母材のそれよりも減少しており、寿命で約 50% 程度低下していることがわかる。

8. まとめと課題

溶接継手部の疲労寿命は素材に比べ大幅に低下することが明らかとなった。一般に溶接部、特に HAZ は母材と材料特性が大きく異なり、じん性が低下することなどが知られている。したがって、溶接部の低サイクル疲労強度を評価する上で、HAZ の疲労強度についても十分に検討しておく必要がある。しかし今回の試験体では、図-6 に示すように、圧縮側、引張側とも、HAZ の位置のひずみよりも試験体の長手方向中央部のひずみの方がかなり大きく、そこでき裂が発生したため、HAZ の疲労強度を検討するまでには至っていない。今後、試験体形状を改良しさらに検討していく必要があると考えている。

参考文献

- 1) 館石和雄, 判治剛: 画像計測によるひずみ制御低サイクル疲労試験, 土木学会第58回年次学術講演会概要集(投稿中)。
- 2) 西村俊夫, 三木千寿: 構造用鋼材のひずみ制御低サイクル疲れ特性, 土木学会論文報告集, 第279号, pp.29-44, 1978。

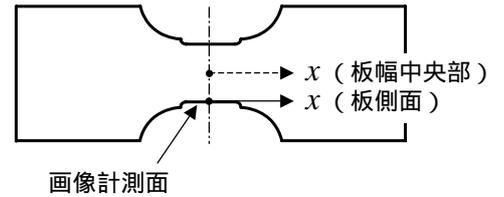
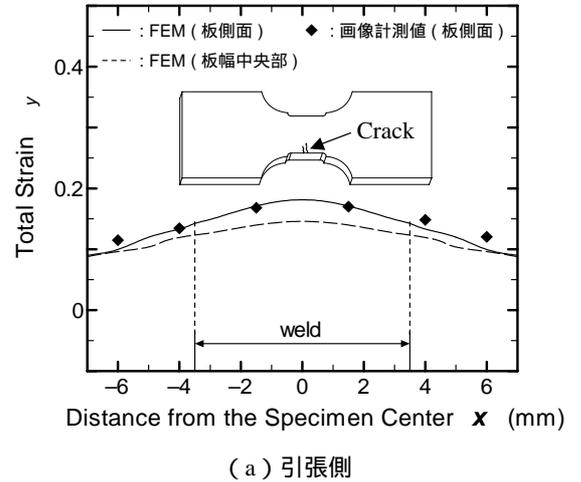
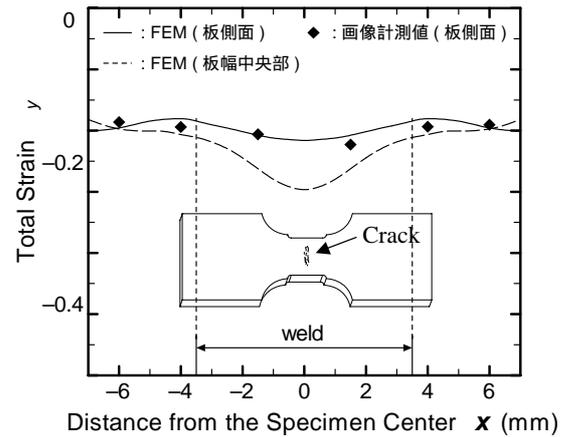


図-5 座標



(a) 引張側



(b) 圧縮側

図-6 長手方向ひずみ分布

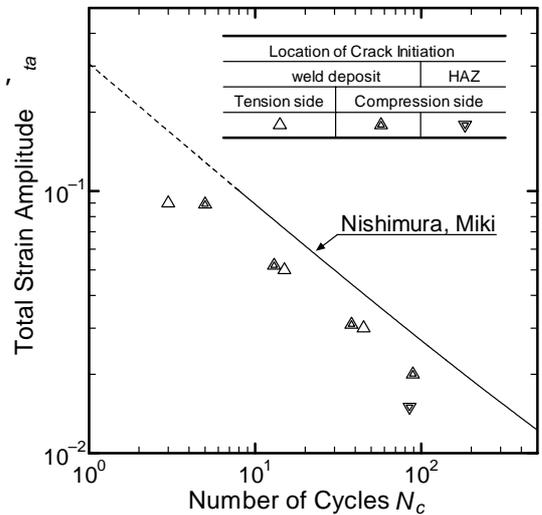


図-7 き裂発生寿命