

無荷重時のひずみ変化を用いた疲労き裂検出の検討

関西大学 正会員 ○石川 敏之, 正会員 上田 尚史

1. はじめに

疲労試験において、疲労き裂の発生、進展の評価の際に、疲労き裂発生位置に近い位置のひずみゲージのひずみ範囲(あるいは応力範囲)が小さくなる現象を用いる場合がある。この方法は、き裂の発生進展によって、溶接継手の連続性が失われ、応力伝達がなされなくなる現象を用いている。一例として、図-1 に示す面外ガセット溶接継手の溶接止端から 20mm 離れた位置の板曲げ応力範囲とき裂長さの変化を示す¹⁾。この図からわかるように、疲労き裂が発生し、進展すると溶接止端から 20mm の位置の応力範囲が徐々に低下するため、応力範囲の変化から明らかに疲労き裂が発生・進展していることがわかる。しかしこの方法は、疲労試験では容易に利用できるが、実橋への適用を考えた場合、常に同じ荷重を同じ位置に載荷して評価することが必要になる。

一方、無荷重時のひずみあるいは疲労試験の平均ひずみも、疲労き裂の発生・進展により変化することが知られている¹⁾。これは、溶接によって接合部近傍に残留応力が生じるが、疲労き裂の発生によって残留応力が解放されるため、無荷重時のひずみも変化するためである。文献 1)では、き裂発生位置近傍の残留応力の変化に着目し、残留応力を計測することで疲労き裂の発生を評価する方法を提案している。残留応力の開放によるひずみの変化は、引張残留応力と圧縮残留応力のつり合う範囲であれば、き裂の発生や進展により変化するため、き裂の近傍だけでなく、広い範囲でき裂の発生を検出できる可能性がある。

本研究では、板曲げ振動疲労試験機を用いて面外ガセット溶接継手の疲労試験を行い、発生した疲労き裂とひずみ範囲の関係および無荷重時のひずみの関係を明らかにする。

2. 試験体

試験に用いた面外ガセット溶接継手を図-2 に示す。ひずみゲージの貼付位置も図-2 に示している。これ

までの板曲げ振動疲労試験を用いた面外ガセット溶接継手では、溶接止端から橋軸直角方向に 12mm、板幅方向に 50mm の位置のひずみゲージで計測されたひずみ範囲にヤング係数を乗じた値として公称応力範囲が定義されている。また、その位置から 75mm 橋軸方向に離れた位置のひずみも計測され、等価応力範囲で応力範囲を整理する際に用いられている。本研究では、さらに溶接止端に近い位置として、溶接止端から 4mm の位置および溶接止端の裏側の位置にもひずみゲージを貼付し、疲労き裂の発生によって解放された残留応力の開放によるひずみを計測する。疲労試験は、応力比 $R=-1$ で実施し、公称応力範囲は 120N/mm^2 とした。

3. 試験結果

各計測位置のひずみ範囲の変化と繰り返し回数の関係を図-3, 4 に示す。図には、各計測位置の平均ひずみの変化も示している。応力比 $R=-1$ で疲労試験を実施しているので、平均ひずみが無荷重時のひずみとなる。また、疲労き裂の発生を溶接止端に貼付した $\phi 0.05\text{mm}$ の銅線の断線により検知した際の繰返し回数 N_{toe} 、き裂が溶接部から離れて主板に進展する際の繰返し回数 N_b 、溶接止端から離れ、き裂が 10mm 進展した際の繰返し回数 N_{10} も図に示している。この図からわかるように、疲労き裂の発生によってひず

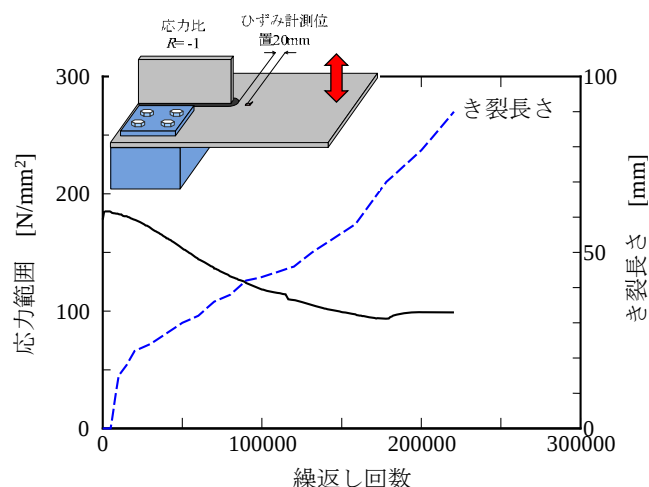


図-1 止端近傍の応力範囲とき裂長さの変化

キーワード 疲労き裂, 無荷重時のひずみ, 残留応力

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL.06-6368-0926

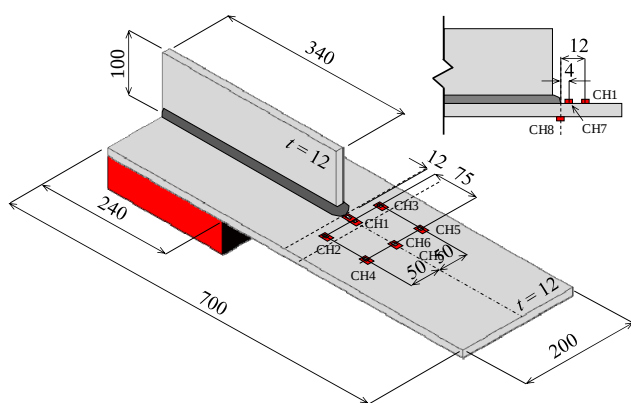


図-2 面外ガセット溶接継手(単位: mm)

み範囲の低下が見られる箇所と、ひずみ範囲の上昇がみられる位置がある。ひずみ範囲が上昇する位置は、発生したき裂が進展する板幅方向と主板の溶接止端裏側であり、疲労き裂による応力の伝達の変化に起因している。一方、平均ひずみも同様にき裂の発生や進展により上下に変化していることがわかる。CH4, 5はひずみ範囲も平均ひずみも変化はほとんどないが、それ以外では、き裂の発生進展による変化量は、ひずみ範囲よりも平均ひずみの方が大きいことがわかる。本研究では、公称応力範囲を 120N/mm^2 に対する結果であるが、公称応力範囲が小さい場合はひずみ範囲の変化がさらに小さくなる。しかし、無荷重下のひずみは残留応力に起因するため公称応力範囲に依存しないと考える。

ひずみ範囲あるいは平均ひずみの変化量に対する各繰返し回数のひずみ範囲あるいは平均ひずみの変化の比 η (絶対値) を図-5に示す。この図から、CH1, 3では η の変化は、ひずみ範囲と平均ひずみで大きな差はない。しかし、CH7, 8では、き裂初期で全変化に対するひずみ範囲の変化の割合が大きいことがわかる。ただし、先に述べたように、ひずみ範囲は公称応力範囲に依存することに留意が必要である。

4. まとめ

本研究では、板曲げを受ける面外ガセット溶接継手に対して、き裂進展に伴うひずみ範囲と無荷重時のひずみ(平均ひずみ)の変化を検討した。無荷重時のひずみの変化は、公称応力範囲に依存しないので、き裂の検出の評価に利用できると考える。

謝辞 本研究は、関西大学教育高度化研究助成を受けて実施した。ここに記して謝意を示す。

参考文献 1)石川敏之, 田村隆佳, 奥村 徹, 松村

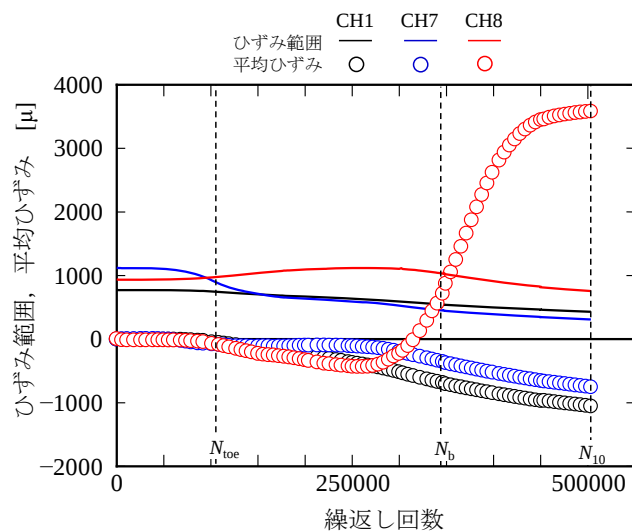


図-3 き裂近傍のひずみ範囲と平均ひずみの変化

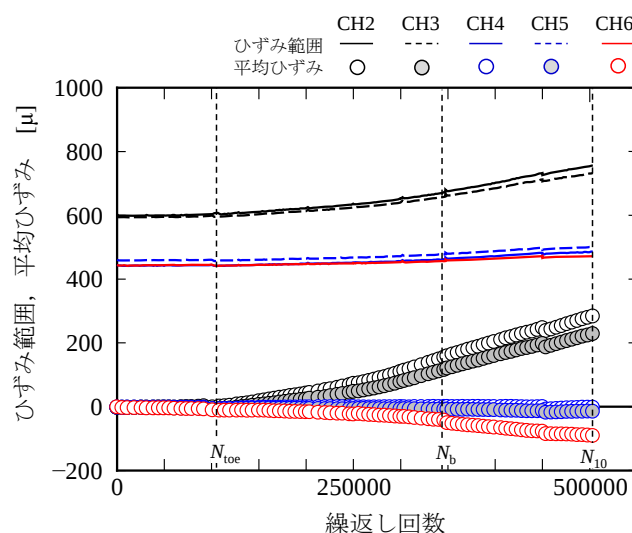


図-4 き裂から離れた位置のひずみ範囲と平均歪の変化

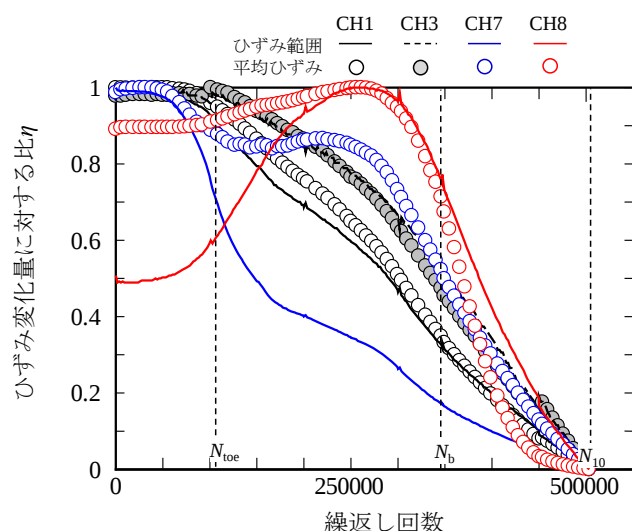


図-5 面外ガセット溶接継手

寿男, 内山宗久, 藤井通之: 残留応力計測による疲労き裂検出法に関する研究, 構造工学論文集, Vol.63A, pp.517-526, 2017.