

面外ガセット溶接継手部疲労き裂周辺における応力振幅比

岩手大学 学生会員 ○齊田 涼 岩手大学 正会員 大西 弘志
 岩手大学大学院 学生会員 星川 翔 岩手大学大学院 学生会員 柿崎 捷吾

1. はじめに

通常、鋼構造物の疲労き裂に対する点検は目視により行われており、必要に応じて非破壊検査を組み合わせた点検が行われている。しかし、一般的に行われている非破壊検査では適用範囲や検出精度にまだまだ問題があることが知られている。そこで本研究では、目視点検や既存の非破壊検査の補助的手段として、より簡易かつ確実な疲労損傷の検出を実現する方法を検討した。

先行研究として堀合ら²⁾が岩手大学で行った研究では、面外ガセット溶接継手を用いた振動疲労試験及び FEM 解析を行い、長手方向(X 軸)、長手直角方向(Y 軸)の応力比(Y 値/X 値)を確認することで亀裂の有無を判定できることが示された。しかし、通常、疲労問題は実応力値ではなく、応力振幅を用いて整理される。本検討ではこの手法を基に、面外ガセット溶接継手を有した I 桁を対象とした FEM 解析を行い、疲労き裂周辺における 2 方向の応力振幅の比を確認し、き裂検出に使用する定量的な指標として用いることができるかどうか検討を行った。

2. 先行研究の振動疲労試験

先行研究の振動疲労試験で使用された試験体の概要を図 1 に、試験体の寸法を図 2 に、ひずみゲージの貼り付け位置を図 3 に示す。また、試験開始時の公称応力は 119.8MPa、試験終了時の繰り返し回数は 154,800 回であった。各ゲージ位置における長手方向(X 軸)と長手直角方向(Y 軸)の応力振幅を算出し、応力振幅比(Y/X)を求めた。各ゲージ位置における応力振幅比の変動を図 4 に示す。き裂の進展に伴い G3 ゲージ位置での応力振幅比が増加する傾向がみられた。一方、G3 ゲージ以外でのゲージ位置において、応力振幅比はほとんど変動しなかった。これより、面外ガセット溶接継手において、溶接止端部に発生したき裂近傍では、き裂の発生・進展に伴い、応力振幅比が増加するが、き裂から離れた位置では明確な変動は確認できないと言える。

3. FEM 解析

振動疲労試験の結果を基に、3 次元 FEM 汎用解析ソフトを用いた解析的検討を行った。解析モデルの材料特性は試験体と同材とし、鋼材のヤング率 $E=210\text{kN/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ と設定した。

解析モデルは図 5 に示すような面外ガセット継手を疲労 応力振幅 有限要素解析
 連絡先 s0817027@iwate-u.ac.jp



図 1 振動疲労試験機概要

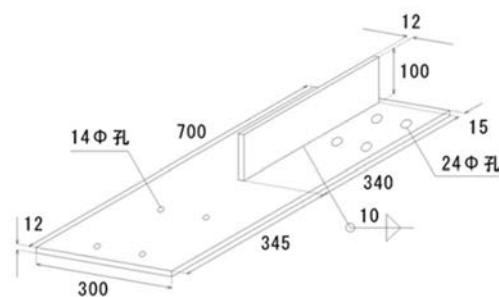


図 2 試験体寸法

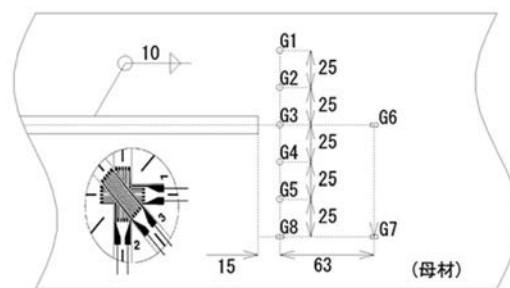


図 3 ひずみゲージ貼り付け位置

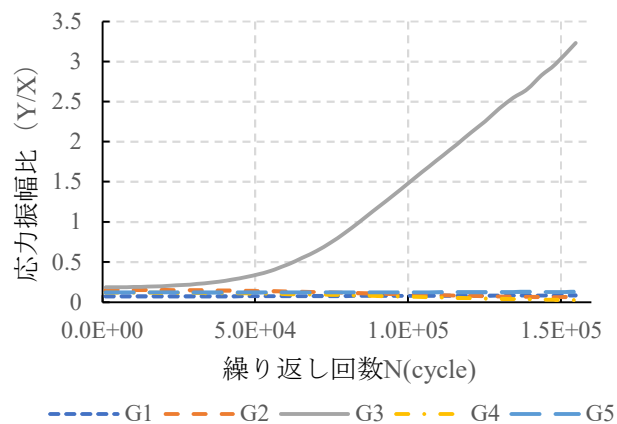


図 4 各ゲージ位置における応力振幅比

有する I 桁とし、支承条件は pin-roller とした。き裂は振動疲労試験の結果に基づき、ガセットプレート先端の溶接止端部からき裂が進展していく過程を想定し、き裂長を無き裂、2mm、10mm、20mm、32mm、36mm、振動疲労試験における最長のき裂長である 42mm とした。き裂深さの測定は振動疲労試験の際に行われていなかったため、き裂深さを（き裂深さ/き裂長=1/2~1/3）³⁾ 程度と仮定してモデルを作成した。

各解析モデルのき裂部の詳細を図 6 に示すが、本論文では、無き裂、10mm、42mm のモデルのみを示している。この図において、き裂を赤い太線で示している。

各き裂長のモデルを用いて解析を行い、図 3 で示した各ゲージ位置での応力振幅比の変動について得られた結果を図 7 と図 8 に示す。変動が見られた G3 ゲージ位置については図 7 に、変動が見られなかったそれ以外のゲージ位置については図 8 に示している。

解析結果について、き裂長 2mm での各ゲージ位置における応力振幅比を無き裂の場合と比較すると、ガセット溶接部に最も近い G3 を含めたすべてのゲージ位置において変化は確認されない。き裂長 10mm の場合では、G3 ゲージ位置での応力振幅比の増加が確認できた。き裂長 20mm、32mm の場合では、応力振幅比は同様に増加し、き裂長 36mm での応力振幅比の値は 1、き裂長 42mm のモデルでは 2 をそれぞれ上回った。このように G3 ゲージ位置において、亀裂の発生・進展に伴い応力振幅比が増加する傾向を示した理由としては、次のことが考えられる。無き裂の状態での主応力方向は長手方向 (X 軸) 方向とされるが、き裂の発生・進展に伴い母材 (ウェブ) の表面を伝達している主応力がき裂を避けるような向きとなる。その為、長手方向 (X 軸) の応力振幅が減少し、長手直角方向 (Y 軸) の応力振幅が増加したため、応力振幅比 (Y/X) が増加したと考えられる。

以上より、面外ガセット溶接継手を有する I 桁において、G3 ゲージ位置の応力振幅比を確認した場合、き裂の有無の判定が可能であると考えられる。

4. 考察

本検討から得られた知見を以下に示す。

- (1) 亀裂の発生・進展に伴う各軸方向の応力振幅の変動により、亀裂発生の影響範囲において、応力振幅比が増加することが分かった。
- (2) 面外ガセット溶接継手を有する I 桁において、ガセットの延長線上にある G3 ゲージ位置において応力振幅比を確認した場合に、亀裂の有無の判定が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 横野泰和：非破壊検査の種類と特徴，1990.8.

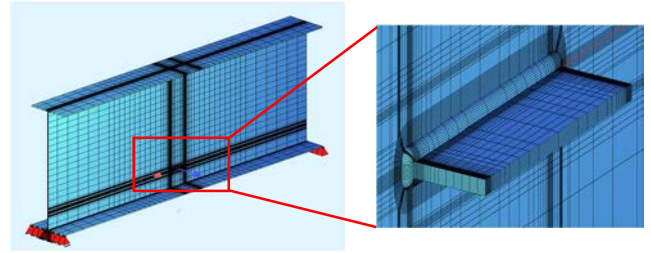


図 5 解析モデル

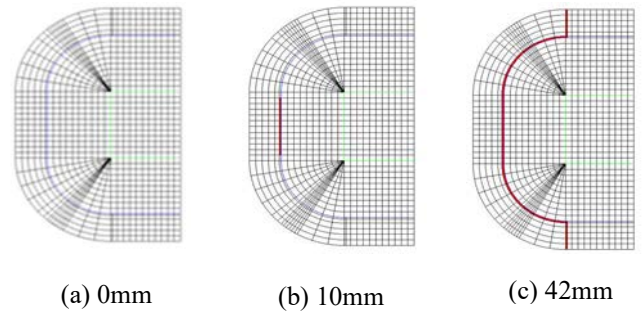


図 6 亀裂部詳細

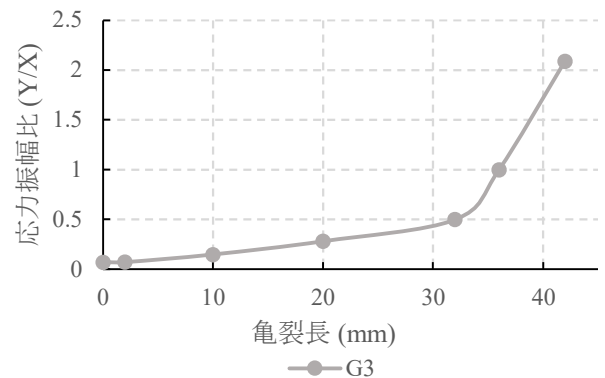


図 7 解析モデルにおける G3 位置の応力振幅比

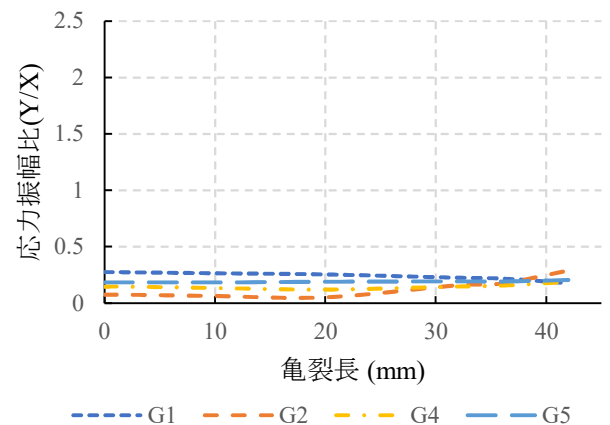


図 8 解析モデルにおける G3 位置以外の応力振幅比

- 2) 堀合聡，桑原優，三浦真季，大西弘志：疲労亀裂発生に伴う主応力の挙動，日本材料学会信頼性シンポジウム，2017.12.
- 3) 坂野昌弘，新井正樹：面外ガセット溶接継手の疲労強度に及ぼす板厚の影響，2004.7.