

## き裂の形状と応力振幅比の変動に関する解析的検討

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

## 1. はじめに

鋼構造物の疲労き裂の検出を目的とした点検では、溶接部周辺の目視点検に加え、必要に応じて磁粉探傷試験や浸透探傷試験などの非破壊検査を併用している。しかし、目視点検はき裂の見落としが起こりうる可能性があり、既存の非破壊検査は適用範囲や検出精度に課題が残っている<sup>1)</sup>。

これらの課題に対処するために、既往研究<sup>2)</sup>では鋼床版 U リブ溶接部を対象とした振動疲労試験（図 1）および FEM 解析を行い、活荷重の大きさに依存しない新たなき裂検出方法について検討している。既往研究の試験結果で、長手(X 軸)方向と長手直角(Y 軸)方向の応力振幅の比である応力振幅比(Y 軸方向の応力振幅/X 軸方向の応力振幅)と繰返し回数の関係に着目したグラフを図 2 に示す。図 2 より、き裂の発生、進展に伴い、X 軸方向の応力振幅は減少し、Y 軸方向の応力振幅はやや増加し、応力振幅比は増加する傾向がみられ、応力振幅比に着目することで、き裂の検出が可能であり、目視点検や非破壊試験の補助的手段となりうることを示された。

しかし、既往研究で行われた FEM 解析では、き裂の形状を一定としており、き裂の形状が応力振幅比に及ぼす影響は明らかになっていない。そこで本研究では、き裂の長さ  $2a$  と深さ  $b$  の比である形状比 ( $b/a$ ) をパラメトリックに変化させた解析を行い、き裂の形状と応力振幅比の関係について検討する。

## 2. 解析概要

3 次元 FEM 汎用解析ソフトを用いた弾性微小変位解析を行い、き裂周辺の応力状態を確認した。

解析モデルの材料特性は、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 3 に示すように平板とし、8 節点低減積分ソリッド要素でモデル化している。き裂周辺の要素サイズは  $1\text{mm}$  を基本とした。平板の片側短辺に XYZ 変位および回転を拘束した剛結とした境界条件を与えた。寸法は長手(X 軸)方向  $540\text{mm}$ 、長手直角(Y 軸)方向を  $160\text{mm}$ 、厚さを  $12\text{mm}$  とした。き裂は図 3 の拡大図部における赤線で示した部分である。き裂長さは、無き裂、 $8\text{mm}$ 、 $16\text{mm}$ 、 $24\text{mm}$  とし、き裂深さは形状比(深さ  $b$ /き裂長の半分  $a$ ) が  $0.1$ 、 $0.5$ 、 $1$  となるように長さごとに深さを設定した。それぞれのモデルにおいて、き裂周辺の応力振幅比を確認した。

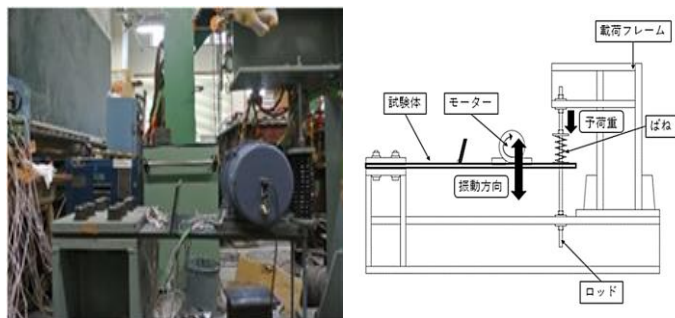


図 1 振動疲労試験機概要

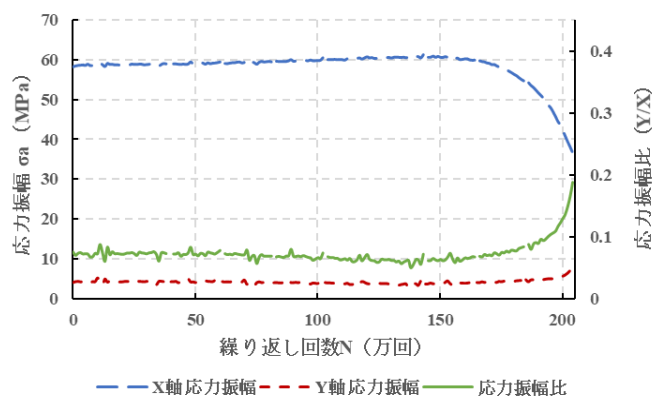


図 2 試験結果

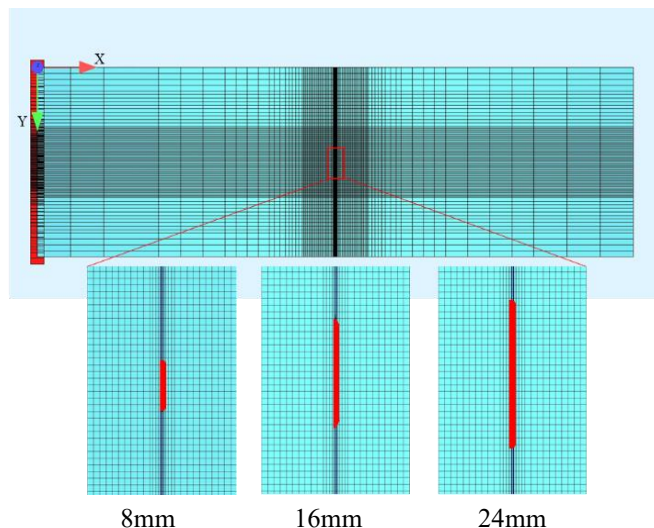


図 3 解析モデルとき裂部詳細

### 3. 解析結果

き裂周辺での応力振幅比のコンター図を図 4~7 に示す。図 4 には無き裂の結果を、図 5~7 については、き裂長さごとに応力振幅比の増加が確認された範囲を解析モデル上に着色した。

図 4 の無き裂の場合では、表示範囲における応力振幅比は全要素で 0.01 程度の小さな値となった。

図 5 のき裂長さ 8mm の場合について、形状比が 0.1 である(a)は、無き裂の場合では確認されなかった応力振幅比 0.2~0.4 の範囲がき裂部に沿って確認された。形状比が 0.5 である(b)は(a)と比べて、応力振幅比が 0.2 以上となる範囲がき裂周辺を中心に X 軸方向に広がり、応力振幅比が 1 以上となる範囲もき裂を中心に発生しており、き裂端部に行くに従ってその範囲が縮小していることがわかる。形状比が 1.0 である(c)は(b)よりも応力振幅比 0.2~1 の範囲が縮小しているが、応力振幅比 1 以上の範囲の変化はない。

図 6 のき裂長さ 16mm の場合について、形状比が 0.5 である(b)は図 5(b)と比べてき裂先端部で応力振幅比 0.2~0.4 の範囲が拡大し、応力振幅比 1 以上の範囲もき裂を中心に発生している。形状比が 1 の(c)は(b)と比べると応力振幅比 0.2~1 の範囲が縮小し、1 以上の範囲も同様の傾向が見られた。き裂長さ 24mm の場合においても図 7 より、いずれの形状比についても、き裂長さ 16mm と同様の傾向が見られた。

また、き裂長さの違いのみに着目すると、き裂の進展に伴い、応力振幅比が 0.2 以上である着色部は X 軸方向に拡大する傾向が見られた。

### 4. まとめ

本検討から得られた知見を以下に示す。

- (1) き裂長さが同じであればき裂の形状比が 0.5 と 1.0 で、応力振幅比 0.2 以上の範囲に大きな違いはない。
- (2) 同じき裂の形状比であっても、き裂長さが長くなるに従い、応力振幅比の増加が確認される範囲は X 軸方向とき裂進展方向の双方に拡大する。

本検討では平板を対象に検討を行ったが、今後は実橋で亀裂の有無を判別する際、ゲージを貼る位置の指標を決めるために、平板に U リブが溶接されている解析モデルを用いてき裂周辺の応力振幅比の影響範囲を検討していきたい。

### 参考文献

- 1) 横野泰和：非破壊検査の種類と特徴，1990.8.
- 2) 柿崎捷吾，大西弘志，斉田涼：鋼構造物疲労き裂発生・進展による応力振幅比の変動に関する解析的検討，日本材料学会信頼性工学(小)特集号，2022.3.

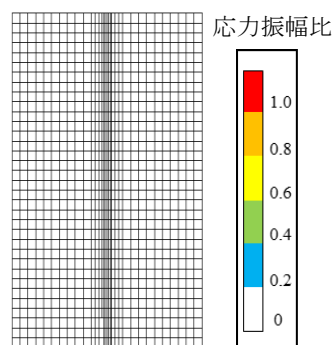


図 4 無き裂の場合における応力振幅比

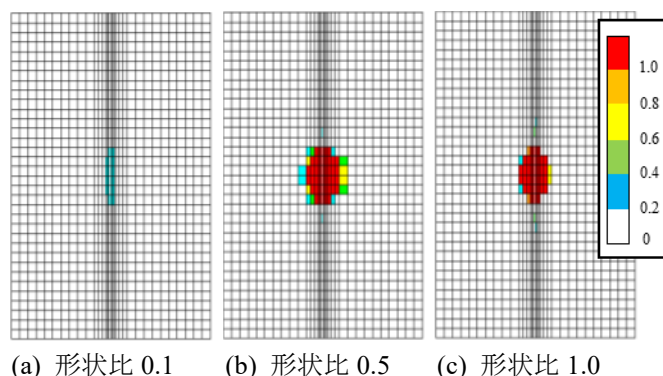


図 5 き裂長さ 8mm における応力振幅比

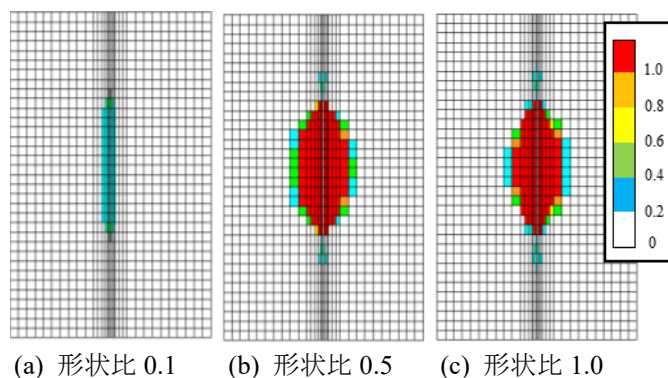


図 6 き裂長さ 16mm における応力振幅比

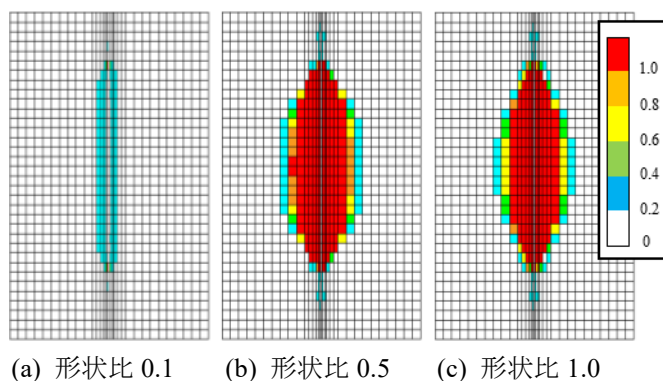


図 7 き裂長さ 24mm における応力振幅比