

面外ガセット溶接継手の3次元疲労き裂進展挙動に関する解析的検討

九州大学大学院 学生会員 ○杜 金威
三井造船(株) 正会員 内田 大介

九州大学大学院 正会員 貝沼 重信

1. はじめに 鋼構造物を適切に維持管理するためには、溶接継手部における疲労き裂の進展性状を把握することが重要である。しかし、複雑な板組や作用応力下における溶接継手部から発生する疲労き裂の3次元進展挙動については、十分に明らかにされていない。そこで、本研究では面外ガセット溶接継手を対象とした疲労試験を行った。また、同様の継手モデルの3次元進展挙動を FRANC3D¹⁾により数値シミュレートすることで、その解析プログラムと解析条件の妥当性を検証した。

2. 疲労試験の方法 疲労試験にはまわし溶接を有する面外ガセット溶接継手を用いた。その形状および寸法を図-1に示す。なお、試験体の供試鋼材には、JISG3106 SM400Aを用いた。疲労試験には動的能力 $\pm 200\text{kN}$ の電気油圧サーボ式材料試験機を用いた。応力範囲および応力比は、それぞれ 180N/mm^2 および 0.1 とした。また、応力波形は正弦波、繰返し速度は 10Hz とした。試験終了後の試験体の疲労破面は、レーザーフォーカス深度計(スポット径： $30\mu\text{m}\phi$ 、分解能： $0.05\mu\text{m}$)を用いて測定した。

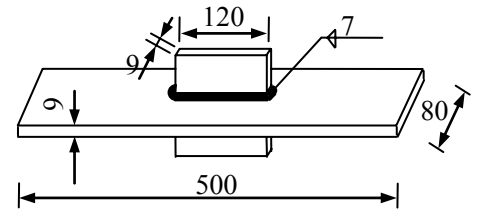
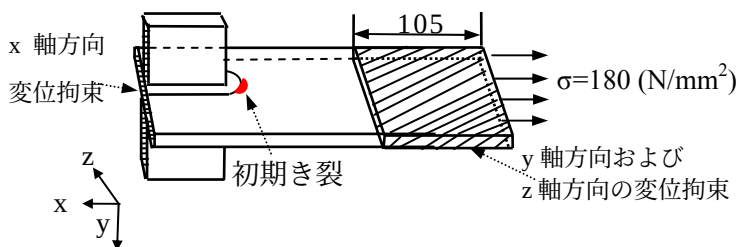
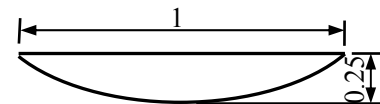


図-1 試験体の形状と寸法 (単位：mm)

3. 疲労き裂進展解析の方法 本研究では面外ガセット溶接継手のまわし溶接止端から発生する疲労き裂の3次元進展挙動を汎用ソフトウェア FRANC3D¹⁾を用いて数値シミュレートした。解析モデルの形状および寸法は、試験体寸法の実測結果に基づき決定した。解析モデルには主板片面の溶接止端部からの単体のき裂進展を導入するため、解析対象の $1/2$ モデルとした。



(a) 境界条件および荷重条件 (単位：mm)



(b) 初期き裂の形状・寸法 (単位：mm)

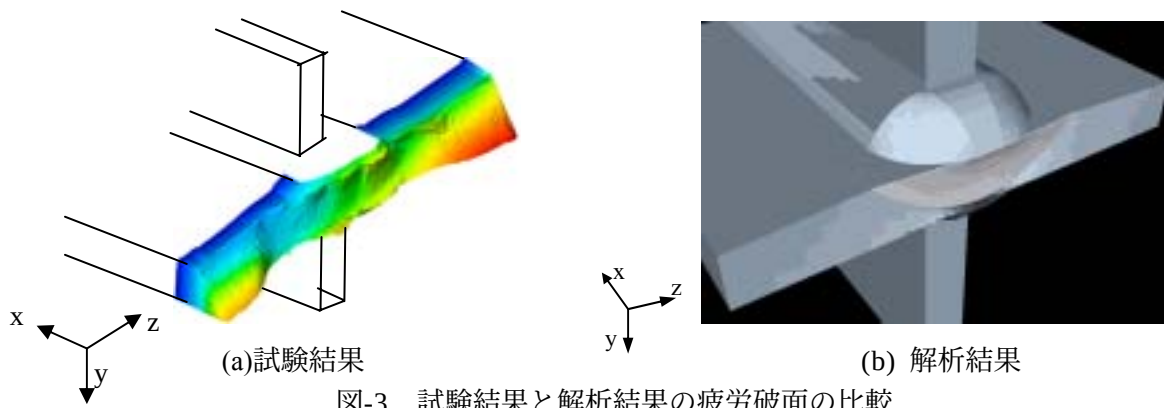
図-2 解析モデル

境界条件および荷重条件は、図-2(a)に示すように設定した。解析モデルには長手方向端面に 180N/mm^2 の等分布荷重を作用させた。解析モデルには、初期き裂として、図-2(b)に示す形状と寸法の半楕円き裂をまわし溶接止端の前面に導入した。疲労き裂はその先端部の最大主応力に直角方向に進展するとして仮定した。また、各ステップのき裂先端ラインにおける、最大応力箇所のき裂進展 0.2mm とし、その他の部位の進展量については、次式に示す混合モードにおける有効応力拡大係数 K_{eff} を用いて算出した。

$$K_{\text{eff}} = \sqrt{K_{\text{I}}^2 + K_{\text{II}}^2 + K_{\text{III}}^2} \quad (1)$$

K_{eff} ：有効応力拡大係数 ($\text{N/mm}^{3/2}$)， K_{I} ， K_{II} ， K_{III} ：各モードの応力拡大係数 ($\text{N/mm}^{3/2}$)

4. 試験結果と解析結果の比較 試験結果および解析結果から得られた疲労破面を図-3に示す。実験結果は試験体形状の初期不整や溶接止端部の微視的な形状不整の影響もあり、き裂進展形状は左右対称ではないため、複数のき裂が発生して、これらが合体しながら進展している。



試験結果および解析結果から得られた板厚方向と板幅方向のき裂進展を図-4 に示す. 板厚方向および板幅方向によらず, 疲労き裂は初期の進展段階では解析結果と良く一致している. き裂が進展した後の傾向までは再現できていない. 今後はき裂の進展分布の検討や複数き裂を導入した 3 次元き裂進展解析を実施する必要があると言える.

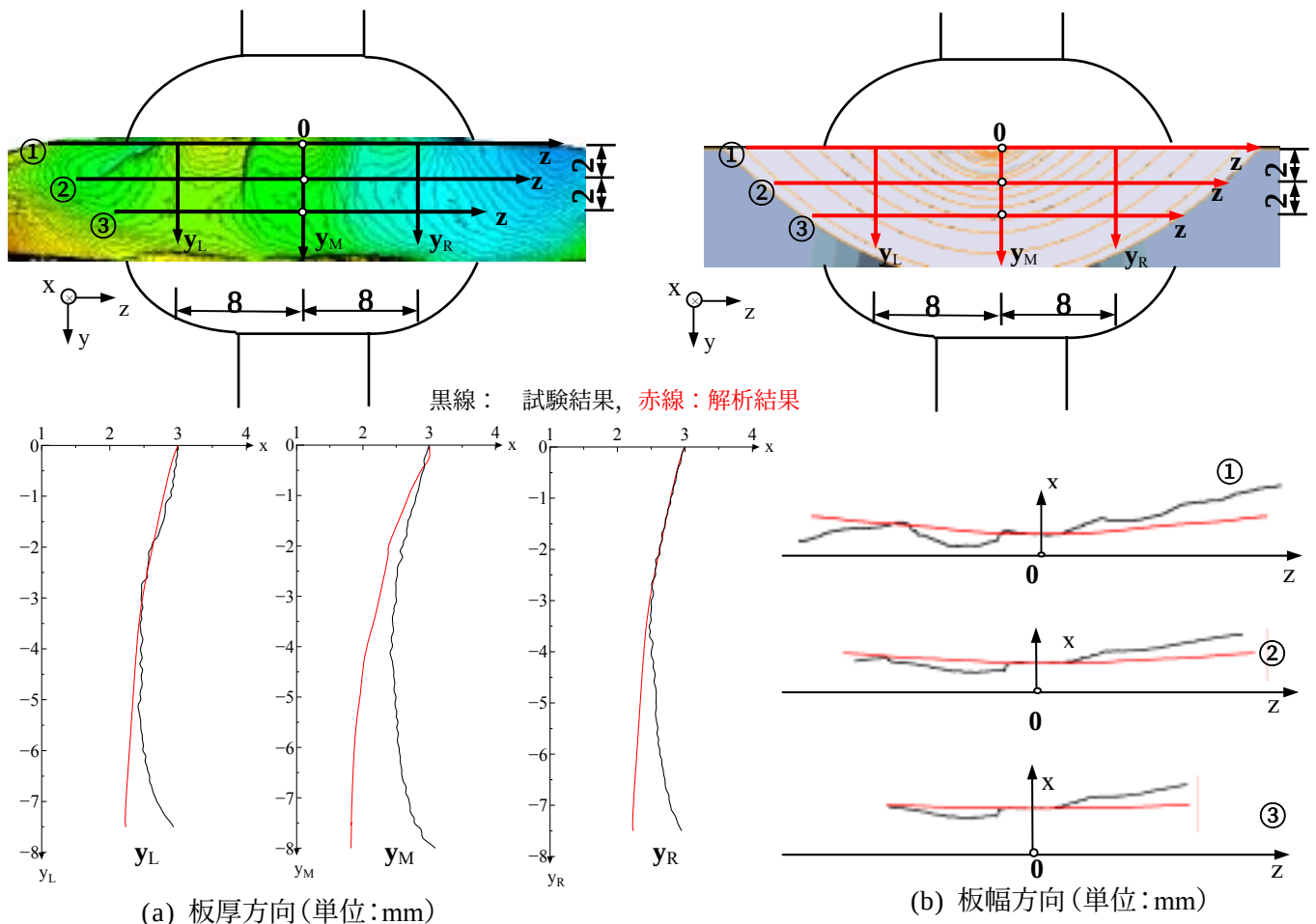


図-4 試験結果と解析結果の疲労き裂進展の比較

5. まとめ 1) 面外ガセット溶接継手のまわし溶接止端から発生する疲労き裂の 3 次元進展挙動を疲労破面をレーザ測定することで明らかにした. 2) FRANC3D と本研究で用いた解析条件を用いれば, 面外ガセット溶接継手の初期段階の 3 次元き裂進展挙動をおおよそ数値シミュレートできる.

【参考文献】

1) Jake D. HOCHHALTER, Ashley D. SPEAR, Anthony R. INGRAFFEA : Crack trajectory prediction in thin shells using finite element analysis , IASS-IACM 2008: "Spanning Nano to Mega" 28-31 May 2008, Cornell University, Ithaca, NY, USA