

板曲げを受ける面外ガセット溶接継手に発生する三次元き裂進展解析

岐阜大学大学院 学生会員 ○荒川 慎平
岐阜大学 正会員 木下 幸治

1. はじめに

板曲げを受ける面外ガセット溶接継手に発生する疲労き裂は板厚方向に徐々に曲がりながら進展する三次元き裂進展を呈する。これより、その溶接継手の疲労強度を正確に解析的にシミュレートするためには三次元き裂進展挙動を再現可能な高度なき裂進展解析手法の確立が不可欠である。

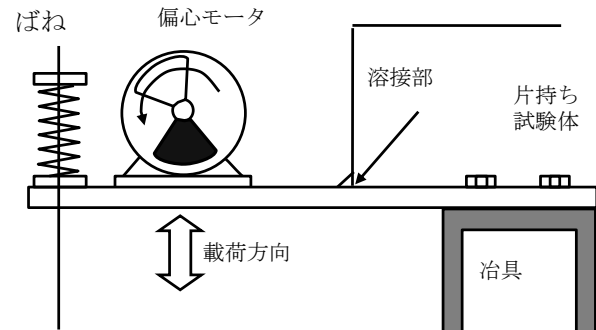
本研究では板曲げを受ける面外ガセット溶接継手における三次元き裂進展を解析的に再現することを目指し、その溶接継手の疲労試験を行いき裂の進展挙動を把握した上で、拡張有限要素法を用いた三次元き裂進展解析の妥当性について検証する。

2. 拡張有限要素法 (XFEM)

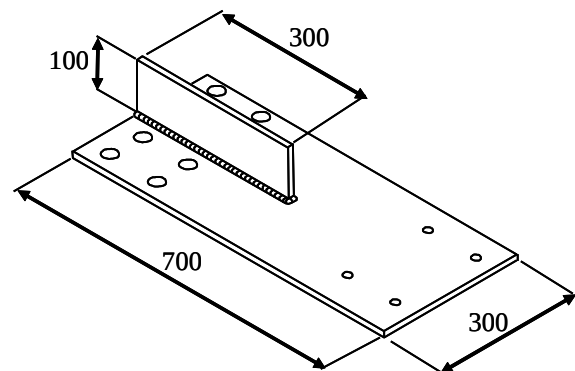
き裂進展解析の手法として有限要素法 (FEM) に基づくき裂進展解析ではき裂の進展に伴うき裂の進展方向および進展速度を算出するためにき裂進展を反映させて要素の再分割を行い再び FEM を実施する必要があるため、一般に多くの計算処理が必要となる。XFEM はき裂を含んだ要素のモデル化が可能であり、き裂進展に伴う要素の再分割を避けることができるため広く適用され始めている¹⁾。そこで本研究では解析コード ABAQUS6.9 に導入された XFEM を用いて三次元き裂進展シミュレートを試みる。

3. 試験体および試験方法

本研究では山田らにより開発された板曲げ試験機²⁾を用いた面外ガセット溶接継手試験体を対象とする。試験体の形状および寸法を図-1に示す。試験体には SM490A を用い、主板、付加板には板厚 12mm の鋼板をそれぞれ用い、それらを CO₂ 半自動溶接によりすみ肉溶接で接合した。溶接脚長は 6mm としてガセット端ではすみ肉溶接を回し溶接されている。疲労強度を整理する公称応力範囲として、同様の実



(a) 板曲げ試験機の概要図



(b) 試験体

図-1 疲労試験

験を実施した山田らの研究において溶接止端から長手方向に 12mm の位置で試験体の中心から左右に 75mm 離れた位置に貼付したひずみゲージより求めた応力範囲が用いられている³⁾。これより本研究もこれに合わせて整理することとした。

疲労試験は応力範囲が 80MPa となる周波数にて実施した。また、応力範囲を半減させたビーチマーク試験を実施し、き裂の進展状況を確認した。

4. 疲労試験結果

疲労き裂は回し溶接部止端部に沿って発生し、回し溶接部を少し回った後に溶接止端から離れ、母材へと進展した。

キーワード：面外ガセット溶接継手、板曲げ、三次元き裂進展解析

連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部 社会基盤工学科 TEL：058-293-2424

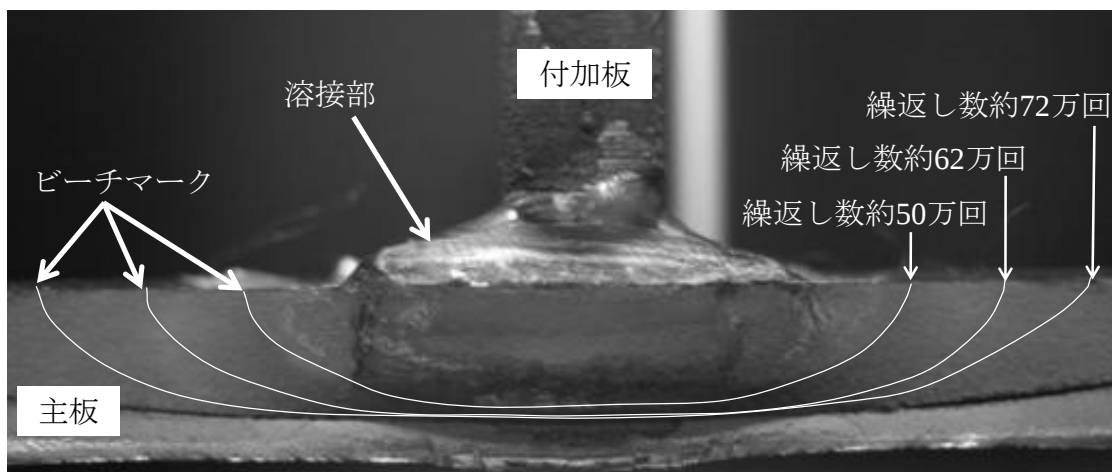


図-2 破断面図

図-2 に疲労試験終了後の試験体の破断状況の例を示す。図中の白線で示すビーチマークの観察結果より、疲労き裂は繰返し数約 50 万回的时候では 7mm 程度(板厚の 0.58 程度)の深さ、繰返し数約 62 万回、約 72 万回では 8mm (板厚の 0.67 程度)程度の深さであった。疲労き裂の深さ方向の長さを a 、表面長さを $2b$ とした場合のき裂形状比 a/b はそれぞれ 0.31, 0.26, 0.21 であり、き裂進展に伴い徐々に小さくなった。これは、深さ方向にき裂が進展するに伴い深さ方向の進展が遅くなり、幅方向にき裂が進展するためである。

図-3 に疲労試験終了後の試験体の板幅方向中央部の破断面を歯科用印象材により型取りし、型取りした印象材から試験体のき裂進展形状を計測した結果を示す。き裂進展形状は深さ方向 0.5mm ピッチで計測した。図より深さ方向 $y/t=0.4$ 程度までき裂の進展が直線的であるが、 $y/t=0.5$ 以降になると徐々にき裂の進展方向が直線的でなくなることがわかる。

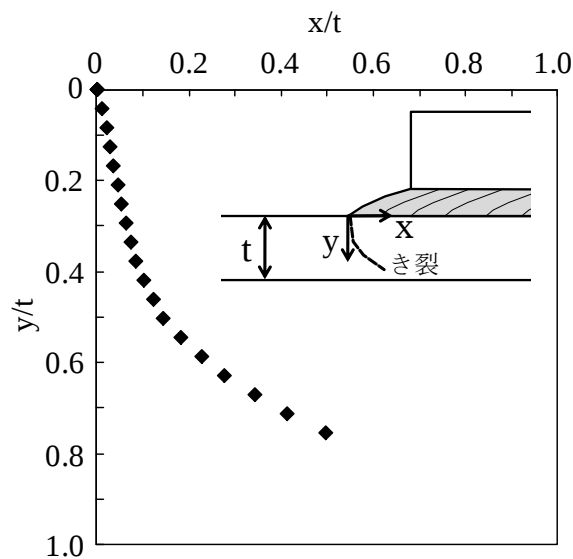


図-3 き裂進展形状

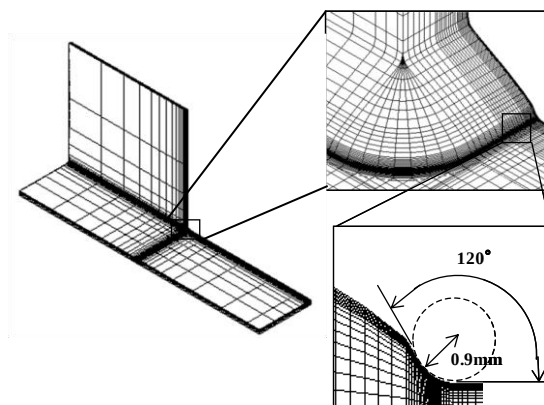


図-4 FEM解析モデル

5. 解析モデルおよび解析方法

図-6 に FEM 解析モデルの要素分割例を示す。解析には汎用有限要素プログラム ABAQUS を用いる。解析モデルはモデルの対称性を考慮し 1/2 モデルとした。鋼材の弾性係数は 200kN/mm^2 、ポアソン比を 0.3 とし、要素の最小寸法は板厚方向に 0.01mm とした。き裂発生位置となる回し溶接止端部の形状は試験体を忠実に再現した。

この解析モデルに対して、初期き裂深さ 0.1mm 、初期き裂形状比 $a/b=0.2$ を仮定する。なお、解析結果については当日発表する。

参考文献

- 1) 柴沼ら：XFEM による 3 次元構造体の板厚貫通疲労き裂進展挙動の評価，鋼構造年次論文報告集，第 17 巻，2009.
- 2) 山田ら：垂直補剛材と鋼床版デッキプレートのすみ肉溶接の曲げ疲労試験，鋼構造論文集，第 14 巻，第 55 号，2007.
- 3) 山田ら：面外ガセット溶接継手の曲げ疲労強度に及ぼすショットブラストの影響，構造工学論文集，Vol.54，2008.3.