

## 面外ガセット溶接継手の疲労き裂進展解析

芝浦工業大学 学生会員 ○小野 友也  
 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾

### 1. 研究の背景

近年、鋼橋にて膨大な数の疲労損傷が報告されている。このような疲労損傷の余寿命評価や、溶接継手の様々な疲労特性の評価手法の一つとしてき裂進展解析がある。一般にき裂進展解析は図-1(a)のような実際のき裂進展を図-1(b)のように簡易に仮定して行われることがあるが、実橋に発生する疲労き裂は三次元的に複雑な形で進展する場合がある。そこで本研究では三次元的に複雑なき裂が進展する溶接継手である面外ガセット継手を例にとり、進展解析によるシミュレーションと図-1のような進展方向の仮定の妥当性について検討した結果を報告する。

### 2. 面外ガセット継手のき裂のシミュレーション

本研究で用いた面外ガセットモデルを図-2に示す。図中に主板的板曲げが作用する場合の境界条件を示すが、比較のために、統一の拘束条件で端部に一様引張を作用させた場合についても解析を行った。進展解析にはき裂進展解析ソフト Franc3D と FEM プログラム Nastran を用いた。初期き裂は半径 1mm の半円形とした。

図-3 に主板側回し溶接止端部から発生した疲労き裂の進展性状(引張・板曲げ)および付加板側止端部か

ら発生したき裂を示す。引張载荷では進展初期に若干付加板側に進展するが概ね作用応力に直角方向に進展し主板貫通後は表裏の長さが概ね同じになるように進展している。一方、板曲げ载荷では、き裂進展初期から付加板方向に進展し、進展に伴い付加板下に潜り込むような進展をし、き裂表面長さが 120mm 程度まで進展させたが、き裂の貫通は見られなかった。図-4 に同様の試験体を用いた板曲げ疲労試験により面外ガセット継手主板側回し溶接止端部から発生した疲労き裂の例を示す。試験体形状および拘束条件が異なるものの、主板的板曲げによって付加板下に潜り込むき裂進展性状を進展解析により概ね再現できている。

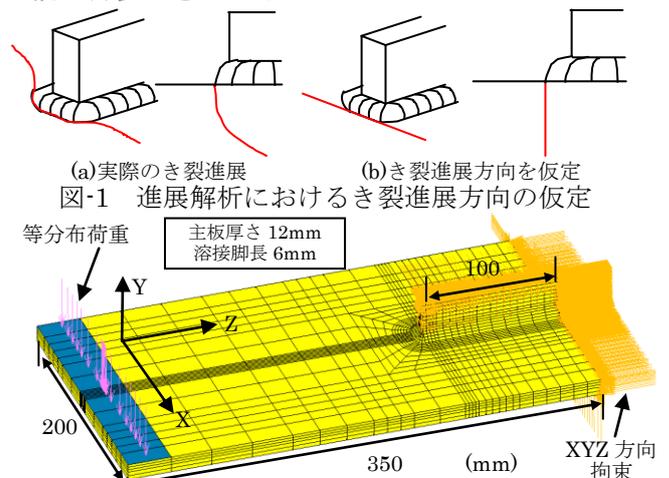


図-2 面外ガセットモデル

引張	板曲げ	
主板側止端部	主板側止端部	付加板側止端部

図-3 き裂の進展状況

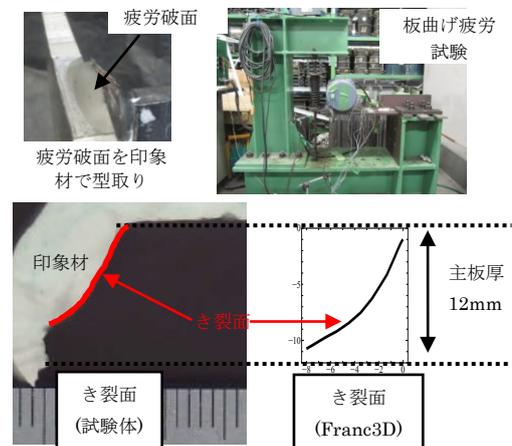


図-4 主板側止端部からのき裂

### 3. 応力拡大係数の評価

次に、主板側回し溶接止端部から発生したき裂の進展に伴う応力拡大係数（モードI：以下K値）の変化について、Franc3Dでき裂を進展させた場合（以下進展き裂）と、そのき裂を図-1(b)に示すように回し溶接止端部を含むX-Y平面上に投影した場合（以下投影き裂）のK値の比較を行った。公称応力は引張および板曲げともに $1\text{N/mm}^2$ としている。なお、引張载荷の場合にはき裂が主板を貫通するが、この状態でのX-Y平面への投影き裂はき裂発生表面側のき裂長さを用いて主板表裏で同じ長さの貫通き裂として取り扱っている。

図-5に引張载荷時において貫通するまでのき裂最深部のK値を示す。同図には投影き裂に対して重ね合わせの原理を用いて計算したK値も併せて示している。き裂の溶接部側への進展量は $1\text{mm}$ 程度であり、K値についても投影き裂と概ね同等の値と言える。

図-6に板曲げ载荷時のき裂最深部のK値の変化を示す。引張の場合と異なり、曲げ応力分布のため $4\text{mm}$ 程度の深さまではK値が増大するが、そこから単調減少に転じている。進展き裂と投影き裂のK値とを比較すると、板厚の中心程度までは良く一致しているが、溶接部の下への潜り込み量が非常に大きくなる深さ $8\text{mm}$ 程度以後は投影き裂との差異が大きくなり、本解析の最終段階であるき裂深さ $10.5\text{mm}$ 、き裂長さ $120\text{mm}$ （未貫通亀裂）では投影き裂のK値は進展き裂の半分程度となっている。

図-7に引張载荷時のき裂表面のK値の変化を、き裂形状と併せて示す。貫通前はき裂最深部同様に進展き裂と投影き裂と貫通き裂において概ね良い一致を示している。貫通後は図中の赤点線の範囲では、き裂の表裏の長さが大きく異なり進展き裂と投影き裂の差異が見られるものの、その後は両者は概ね良い一致を示した。

本解析によりある程度三次元的なき裂の進展をシミュレートできるがことを示したが、今後は、特に板曲げ载荷を受ける場合に見られた進展き裂と投影き裂のK値の差異の影響や、き裂が進展した場合（貫通を模擬）した場合のK値について検討する必要がある。

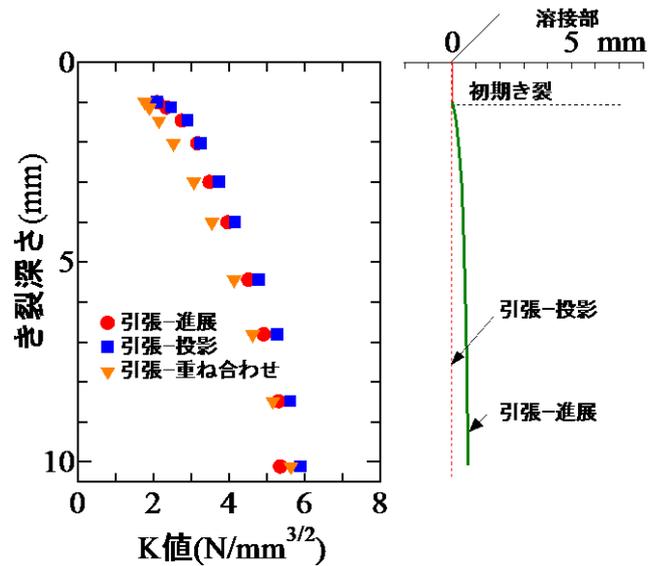


図-5 深さ方向のK値の変化(引張)

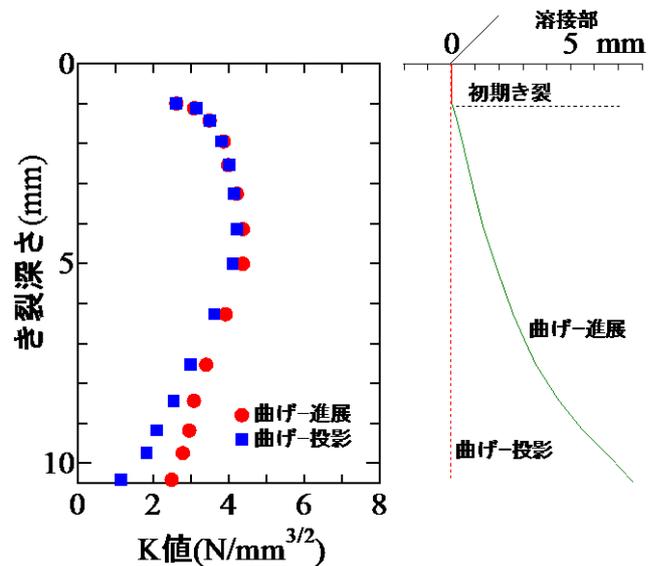


図-6 深さ方向のK値の変化(曲げ)

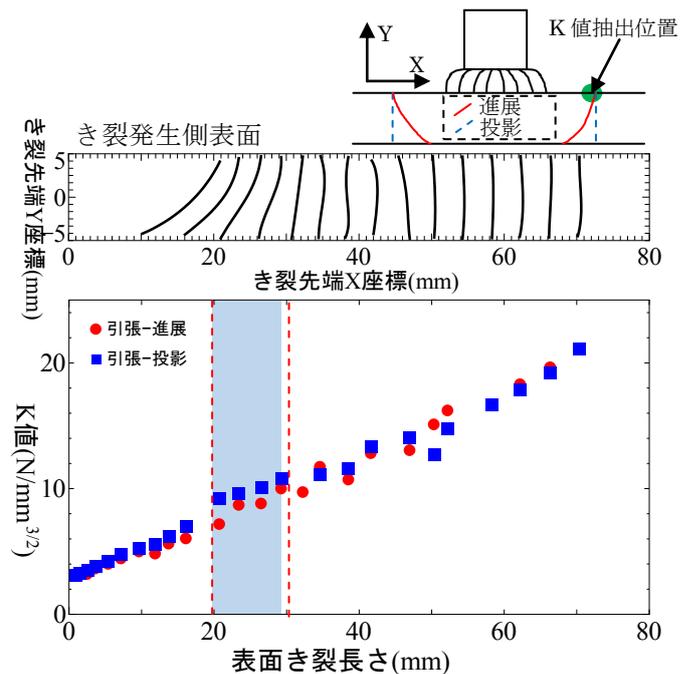


図-7 表面方向のK値の変化(引張)