

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	前田 研吾
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論文題目 X-FEM を用いた溶接継手内で複雑形状に成長するき裂進展評価に関する研究 (X-FEM fracture behavior investigation for complex-shaped propagating cracks in welded joints)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	田中 智行	印
審査委員	教 授	北村 充	印
審査委員	教 授	濱田 邦裕	印
審査委員	准教授	田中 義和	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>実構造物中を複雑形状に進展するき裂進展問題を対象として X-FEM を用いた研究を実施した。オープンソースソフトである Code_Aster の X-FEM 機能を用いた。ソースコードおよびスクリプトファイルの修正を行い、解析対象に対して高精度かつ効率的な X-FEM 解析およびき裂進展現象の力学的評価を行い、いくつかの有用な知見を得た。本論文は6章から構成される。</p> <p>第1章では、溶接構造物の疲労強度評価の重要性について述べ、本研究での目的およびアプローチについて述べた。</p> <p>第2章では、X-FEM の理論、および Code_Aster での X-FEM 機能について説明した。この機能では、き裂面を Level Set 関数を用いて表現する。また、き裂前縁の節点は、き裂前縁の線分と要素表面の交点を節点として定義し、節点上で応力拡大係数などを計算する。この節点を中心として、き裂前縁周辺の要素を細分化するリファインメントを行うことで、解析精度を向上させる。</p> <p>第3章では、円筒継手の溶接止端部に発生した疲労試験結果を比較対象として、表面き裂から貫通き裂へと進展していく現象を捉えるため X-FEM 解析を行った。疲労試験結果では、き裂面はなめらかな曲面状へと進展していくが、ある段階より曲面の傾斜角度が急激に変化する現象が確認された。X-FEM 解析においても同様の現象が確認できた。この原因として、き裂が貫通し継手の変形状態が変わったことが理由であることを確認した。</p> <p>第4章では、き裂の合体箇所での急上昇する応力拡大係数を高精度に評価する方法の提案およびその精度検証を行った。Code_Aster の X-FEM 機能ではき裂前縁に分布する応力拡大係数が振動することがあるため、ルジャンドル多項式で応力拡大係数を平均化している。一方で、1つの多項式近似ではき裂の合体箇所での応力拡大係数の急激な変化を表現することが難しいことがわかった。そこで、スクリプトファイルを用いて多項式で近似する範囲をき裂合体点で分割する方法を提案した。さらに、最大10次のルジャンドル多項式で近</p>			

似が可能なようにソースコードの拡張を行った。次数を上げたためによる不自然な応力拡大係数の振動を抑制するために 7~10 次までの多項式の平均値として算出するようにした。これらの改良により、き裂合体点での応力拡大係数を精度良く算出することが可能となった。

第 5 章では、未溶着部を含む T 字隅肉溶接継手中のき裂進展現象を評価した。疲労試験では、ウェブに端部き裂として生じたき裂が進展、溶接継手中の未溶着部で 2 つに分岐、さらに未溶着部を回り込むように隅肉溶接部へと進展、2 つのき裂が再び合体して 1 つのき裂前縁となり、主板を貫通して進展するものであった。第 4 章で述べた改良を導入することで合体点の応力拡大係数を精度良く算出することができ、また計算ステップに応じてエンリッチ範囲の変更、レベルセット値の操作を行うことで、より実現象に近いき裂の進展形状の再現が可能となった。さらに、疲労試験結果で述べられていた隅肉溶接部を通過した時点から応力拡大係数が一時的に低下する現象が確認できた。この現象の理由として、き裂面の面積とき裂前縁長さの増大比において、き裂前縁長さの増大率が卓越し、単位長さあたりのき裂前縁が負担する荷重が低下したことが原因と推察された。

第 6 章では、本研究の成果および今後の展望について述べた。

本研究を通して、Code_Aster の X-FEM 機能に新しく改良を加え、実構造物中を複雑に進展するき裂進展解析を実施することができた。さらに、それらの進展現象に対して力学的評価を行い、新しい知見を得ることができた。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。