

(様式第 3 号)

論 文 要 旨

論 文 題 目

一般化有限要素の破壊力学パラメータ算出法

Fracture mechanics parameter computation using generalized finite element

き裂が生じたエネルギープラントなどの破壊事故を防ぐために、有限要素法などを利用した破壊力学解析を行うことは、それらの構造健全の確立や強度設計に大きく役立つ。

有限要素法を用いて破壊力学解析を実施する場合、き裂先端付近において細かく要素分割をする必要があり、さらにはき裂の進展に伴い要素再分割を繰り返す必要がある。このような要素分割を簡便化できる方法のひとつに矢川らによって提案されたフリーメッシュ法があるが、局所要素作成時のアルゴリズムの制約により、使用できる要素は中間節点を持たない定ひずみ三角形（三次元では定ひずみ四面体）要素のみとなっている。き裂先端での応力場は特異であるため、フリーメッシュ法による破壊力学解析では、中間節点がなくとも高精度に弾性解析が実施可能な要素を用いる必要がある。そこで、このような中間節点がない高精度要素として、要素頂点に回転やひずみ自由度を導入した一般化有限要素が提案されている。

き裂の進展方向などは応力拡大係数などの破壊力学パラメータより決定されるため、有限要素法解析結果より精度良く評価する必要がある。破壊力学パラメータ算出法のひとつに仮想き裂閉口積分法が提案されており、簡便にエネルギー解放率を評価できることに加え各き裂変形モード分離が容易であるという特徴がある。岡田らは、仮想き裂閉口積分法を四面体要素へと拡張し、良好な破壊力学解析を示した。そのため、四面体要素を利用した破壊力学解析が実施可能になり、フリーメッシュ法にも適用可能になった。

本論文は、フリーメッシュ法の破壊力学解析の高精度化に資する研究として、要素頂点節点のみで高精度に弾性応力解析が可能な一般化有限要素用の仮想き裂閉口積分法を提案する。数値計算例より本提案法を検討した結果、二次要素よりも若干精度が劣るが精度良く応力拡大係数を算出できた。よって、本論文にて示される方法をフリーメッシュ法に適用すれば、大型構造物の構造健全性評価や強度設計を迅速に実施可能な数値計算方法のひとつになると期待できる。

本論文は、第 1 章から 6 章で構成されており、第 1 章では本研究の背景・目的について述べている。第 2 章では、有限要素法計算モデルの作成を自動的に実施可能な方法のひとつであるデローニー分割について簡潔に述べ、複雑な計算領域に対する応用例としてコンクリート試験片断面の要素分割例を示している。第 3 章では、破壊力学パラメータ算出法のひとつである仮想き裂閉口積分法について説明し、新しく節点でエネルギー解放率を計算する方法を提案している。第 4 章では、回転やひずみ自由度を有する一般化有限要素について述べ、簡単な数値計算よりその弾性解析の精度を比較し、全体剛性マトリックスの求解に共役勾配法を用いた場合の反復回数を検討している。第 5 章では、一般化有限要素用の仮想き裂閉口積分法を提案し、いくつかの数値解析例から得られた応力拡大係数を理論解や参照解、実験結果と比較することにより、その妥当性について検討している。第 6 章では、本論文のまとめについて述べている。

氏 名 神田 康行

(様式第5-3)

平成20年8月7日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 伊良波繁雄

副査 氏名 矢吹 哲哉

副査 氏名 真壁 朝敏

副査 氏名 岡田 裕



学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	氏名 神田 康行	
現住所		
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	学力確認 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	一般化有限要素の破壊力学パラメータ算出法	
審査要旨	<p>建設工学や機械工学等の分野でよく用いられる鋼構造物において、鋼にき裂が発生すると、き裂先端に応力が集中するため、そこからさらにき裂が進展する場合があります。このようなき裂を研究する方法のひとつに有限要素法を用いた研究がある。有限要素法を用いた破壊力学に関する研究では、き裂先端付近において細かく要素分割をする必要があり、さらにき裂が進展していくと要素の再分割を必要とするため、解析を行う上で困難さが増してくる。</p>	

(次頁へ続く)

要素分割を簡便化する方法のひとつに矢川らによって提案されたフリーメッシュ法がある。フリーメッシュ法では局所要素作成時のアルゴリズムの制約により、使用できる要素は中間節点を持たない定ひずみ三角形（三次元では定ひずみ四面体）要素が主に使われている。き裂先端での応力場は特異であるため、フリーメッシュ法による破壊力学解析では、中間節点がなくとも高精度に弾性解析が実施可能な要素を用いる必要がある。このような中間節点がない高精度要素として、要素頂点に回転やひずみ自由度を導入した一般化有限要素がある。

き裂の進展方向などは応力拡大係数などの破壊力学パラメータより決定されるため、有限要素法による解析結果は、高精度の解を得る必要がある。このような破壊力学パラメータ算出法のひとつに仮想き裂閉口積分法が提案されている。

本申請者は、このような問題点を解決する手法として、一般化有限要素と仮想き裂閉口積分法を用いた新しい解析手法を提案している。

本申請者の研究成果の概要は

- (1) 一般化有限要素と仮想き裂閉口積分法を用いた、新しい破壊力学パラメータ算出法を提案した。
- (2) 数値計算例より提案した手法は、有限要素の二次要素よりも若干精度が劣るが定ひずみ要素よりも、算出した応力拡大係数の精度は良い。また、実験結果との一致も良好であった。
- (3) 一般化有限要素を導入ときのパラメータ（回転自由度 θ 、ひずみ自由度 ε_x , ε_y , γ_{xy} ）のき裂変形に対する寄与を明らかにした。

以上のように本論文では、一般化有限要素用の仮想き裂閉口積分法を提案し、いくつかの数値解析例から得られた応力拡大係数を理論解や参照解、実験結果と比較することにより、その妥当性を明らかにしている。本論文にて示される方法は、大型構造物の構造健全性評価や強度設計を迅速に実施可能な数値計算方法のひとつになると期待できる。

博士論文提出者による博士論文内容について発表が行われた後、質疑応答が行われ、各質問に対する返答は適切であったと判断される。さらに、学力確認も英訳と和訳の英語試験を実施し、合格であることを確認した。以上により、学位論文審査委員一同は、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認め、本論文提出者神田康行は最終試験に合格したものと認める。