

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Smoothing Gradient Damage Modeling in Brittle/Quasi-brittle Fracture: Algorithms and Applications
著者(和文)	VUONGDinh Chanh
Author(English)	Dinh Chanh Vuong
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12435号, 授与年月日:2023年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:廣瀬 壮一,佐々木 栄一,竹村 次朗,WIJEYEWICKREMA ANIL,千々和 伸浩
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12435号, Conferred date:2023/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名	VUONG DINH CHANH	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	廣瀬 壮一	教授	審査員	千々和 伸浩	准教授
	審査員	佐々木 栄一	教授			
		竹村 次朗	准教授			
Anil C. Wijeyewickrema		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Smoothing Gradient Damage Modeling in Brittle/Quasi-brittle Fracture: Algorithms and Applications(脆性及び準脆性破壊における円滑化勾配損傷モデル:アルゴリズムと応用)」と題し、英文による全9章により構成されている。

土木構造物の設計や維持管理を考える上でコンクリート、セラミック、岩などの脆性及び準脆性材料の破壊挙動を明らかにすることは重要である。数多くある破壊解析法の中で平滑化勾配損傷法(SGDM)はひずみの異方性と非局所性を取り入れることによって損傷帯域幅を適切に表現し、要素分割に依存しない解析法として注目されている。本研究はSGDMをさらに改良及び拡張して様々な破壊問題を解析したものである。

第1章「Introduction(序論)」では、研究背景を述べ、既往の研究を調査した後、本研究の目的及び構成を述べている。

第2章「Fundamental theory(基礎理論)」では、まず等方性連続体に対する損傷理論を示し、その後、従来の勾配損傷モデル(GDM)とSGDMの定式化について述べている。

第3章「Mixed-mode fracture in quasi-brittle materials(準脆性材料における混合モード破壊)」では、SGDMを準脆性材料の混合モードによる破壊問題に拡張している。混合モード解析では適切な等価ひずみ測度を用いることが重要であるとして、4パラメータ型及び複合エネルギーノルム型に基づく異なる3つの等価ひずみをSGDMに組み込み、ノッチを持つ試験体の混合モード破壊を解析している。既存の実験結果と比較することによって、それぞれの等価ひずみの適用性を検証している。

第4章「Analysis of dynamic fracture(動的破壊の解析)」では、動的荷重下における損傷問題にSGDMを適用している。動的破壊には速度依存性が存在することから、様々な等価ひずみと損傷則の組み合わせについて動的破壊解析を実施し、既存の実験結果との比較により、修正フォンミーゼス型等価ひずみと修正Ozbolt速度依存則の組み合わせが最も妥当な結果を示すことを明らかにしている。

第5章「Anisotropic fracture in polycrystalline materials(多結晶材料の異方性破壊)」では、異方性を考慮した新しい損傷進展則を提案し、SGDMに組み入れたASGDM(Anisotropic SGDM)を開発している。これによって一軸繊維強化複合材料の脆性破壊や多結晶材料の粒界内破壊などの挙動を解明している。また、計算効率を向上させるために、変位場と非局所ひずみ場を相互に計算するスタガード計算手法が有効であることを明らかにしている。

第6章「Interplay between transgranular and intergranular fracture in polycrystalline materials(多結晶材料中における粒内/粒界破壊の相互作用)」では、多結晶材料の粒内破壊と粒界破壊の相互作用を考慮できるようにASGDMを改良したISGDM(Intergranular SGDM)を提案している。具体的には多結晶材料における引張強度分布と隣接する結晶のへき開角の方位ずれを考慮に入れた損傷進展則をいくつかの多結晶材料の破壊解析に適用して、特別な要素分割を用いることなく粒内及び粒界破壊を円滑に解析できることを示している。

第7章「Mixed-mode fracture in rock-like materials(岩石状材料の混合モード破壊)」では、SGDMを用いて既存の亀裂を有する岩石状材料の複雑な損傷過程を解析している。ここでは複合エネルギーノルム型と4パラメータ型の両方の等価ひずみの長所を組み合わせさせたSGDMを提案し、複雑な分岐を伴う岩石状材料の混合モード破壊の解析に成功している。

第8章「Thermal-mechanical fracture analysis(熱-力学的破壊解析)」では、熱の影響をSGDMに取り入れたTSGDM(Thermal SGDM)を開発し、定常あるいは非定常な熱影響下での脆性材料の破壊現象を明らかにしている。

第9章「Conclusions and future developments(結論と今後の課題)」においては、第3章から第8章で得られた結果を総括し、今後の課題を指摘している。

以上要するに、本研究は従来のSGDMを改良または拡張して様々な破壊問題の解析に適用したもので、脆性及び準脆性材料からなる構造物の適切な設計と維持管理のための有用な知見を与えている。よって、本論文は、工学上及び工業上貢献するところ大であり、博士(工学)の学位論文として十分価値があるものと認められる。