

学 位 論 文 審 査 要 旨 (課程博士)

東京農工大学大学院工学府長 殿

審査委員 主査 長 岐 滋
副査 桑 原 利 彦
副査 笹 原 弘 之
副査 小 笠 原 俊 夫
副査 山 中 晃 徳
副査 花 崎 逸 雄



学位申請者	機械システム工学 専攻 平成 27 年度入学 学籍番号 15833001
	氏 名 飯 塚 誠
申請学位	博 士 (工学)
論文題目	空孔配列による異方性とその発展を考慮した多孔質材料の弾塑性解析 Elastic-plastic analysis of porous materials considering anisotropy and its evolution caused by arrangement of voids
論文審査要旨 (2000 字程度)	
<p>延性破壊は材料内部の微視的な空孔の発生・成長・結合によって引き起こされることが定性的に知られているが、微視的な空孔が巨視的な変形特性に及ぼす影響の定量的な評価はいまだ十分に行われているとは言い難い。そこで本論文では、特に延性破壊中の空孔の成長過程の定量化に着目して、空孔の影響による異方性を考慮した多孔質材料の弾塑性変形解析技術を開発すること、より具体的には、不規則に空孔が分布した状態を損傷テンソルの分布によって置き換え、損傷テンソルの異方的発展を考慮した弾塑性構成式を開発し、さらに有限要素解析に適用することを目的としている。</p> <p>第 1 章は序論であって、本研究の目的と研究動向が紹介され、従来このような延性破壊の解析に用いられている弾塑性構成式の問題点が明らかにされている。すなわちしばしば用いられる GTN モデルでは空孔配列の方向性に起因する異方性を表現できないこと、また Hill の異方性降伏関数を用いた場合には材料定数が非常に多くなること、単純に損傷テンソルを導入したモデルでは空孔の影響による圧縮性を考慮できないことなどが指摘されている。</p>	

(様式 11)

論文審査要旨

第 2 章では、空孔分布形態のモデル化と損傷テンソルについて説明し、損傷テンソルを導入した異方性 Gurson の降伏関数とそれによる弾塑性構成式の理論的背景についてまとめるとともに、空孔の異方的成長を考慮した新たな損傷発展則を提案している。

第 3 章では、円孔を不規則に配列させた多孔平板の変形挙動を提案した構成式を用いて解析している。一般にこのような複雑に空孔が分布する構造物を有限要素法で計算するには膨大な量の節点数と要素数が必要となるが、提案する手法では空孔分布形態を損傷テンソルの分布によって置き換えることによって、少ない節点数と要素数で計算を行うことに成功している。その妥当性は円孔を開けた平板の変形実験や、一般的な手法で計算した(膨大な節点数をもつ)モデルの計算結果と比較して確認されている。

第 4 章では、空孔の 3 次元的な成長を考慮する上での改良の試みが示されている。従来は損傷テンソルの発展則の導出過程で空孔の等方的成長が仮定されていたが、その仮定を取り除き、損傷テンソルを内部状態変数の一つとして散逸不等式に組み込み、熱力学的流束の法線性からより一般的な損傷発展式を導出した。提案したモデルの妥当性を 3 次元単位セル空孔モデルの有限要素解析によって確認している。母材が加工硬化しない場合について巨視的な応力-ひずみ関係と損傷テンソルの変化の双方について、提案したモデルは有限要素解析結果とよく一致することが示されている。

しかしながら 4 章で提案したモデルは母材の加工硬化を考慮できないという問題点があり、第 5 章ではこの点に関して再度考察されている。具体的には Rousselier の用いた多孔質材料の散逸不等式から出発し、体積ひずみ速度の項へ損傷テンソルの影響の組み込むことで熱力学的共役力を見直すとともに、この共役力を用いた新たな降伏関数も提案している。4 章と同様に単位セルの有限要素解析を実施し、降伏曲面と応力-ひずみ関係、損傷テンソルの変化などについて提案した構成式の妥当性を確認している。

第 6 章では、異方性 Gurson の降伏関数における損傷発展則に対し、直接的にひずみ速度の影響を組み込めるようなスカラー関数を導入することが試みられ、単純な仮定にもとづいて単一のパラメータで損傷テンソルの異方的発展を表すことに成功した。加工硬化挙動の違いが空孔の成長に及ぼす影響を考慮するため、加工硬化指数の異なる 2 つの母材の多孔平板の空孔の変形を比較することで、母材の硬化挙動の影響を検証している。検証した範囲内では空孔の成長挙動は加工硬化挙動の影響を受けないことが確認でき、提案した理論ともよく一致したことが示されている。

第 7 章は結論であり、提案した多孔質材料の構成式とそれを用いた解析手法の妥当性を総括し、本研究で得られた知見、および残された課題が示されている。

以上まとめると、本研究では、材料内部の微視空孔の異方的な成長・発展を損傷テンソルによって代表した多孔質体の弾塑性構成式を提案し、また提案した構成式を用いた有限要素変形解析手法を示しており、これは複雑な延性破壊現象のシミュレーション等に有効であると思われる。よって本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。