

琉球大学学術リポジトリ

ゲル材料の簡易応力： ひずみシミュレーション法の開発

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学 公開日: 2017-04-19 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 石川, 清貴, Ishikawa, Kiyotaka メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/36488

平成29年 2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 真壁 朝敏

副査 氏 名 松原 仁

副査 氏 名 宮崎 達二郎



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 生産エネルギー工学	氏名 石川 清貴
指導教員名	真壁 朝敏	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	ゲル材料の簡易応力-ひずみシミュレーション法の開発	
審査要旨（2000字以内） ゲル材料は医療器具、スポーツ用具、精密機器等の素材として使用されており、今後、日常生活や生産機械等の分野で用途が拡大することが見込まれている。これらの製品の開発や設計を行うためには、性能評価や強度評価を効率的に遂行する方法の確立が必要不可欠である。ゲル材料は一般的な金属材料や強化樹脂等と比べると変形特性に優れ、超大変形が可能（1,000%以上の変形が可能）である。また変形量や速度等に依存して力学特性が変動する等の特異な性質を有している。そのため、JIS規格などの一般的な評価方法は確立されていないのが現状である。		

(次頁へ続く)

審査要旨

これまでに、ゲル材料の力学特性を把握するための様々な研究が報告されているが、種々の工学的使用方法に対応させ得る物理的性質を系統的に評価するまでには至っていないと思われる。例えば、本研究で着目したクリープ挙動のような長時間使用環境下の粘弾性挙動を実用的な方法でシミュレーションしている例は少ない。本研究では、ゲル材料の力学挙動の計測および力学的特性の把握、そして基礎実験結果に基づいた簡易応力-ひずみシミュレーション法の開発を目的としている。

まず、ゲルの粘弾性挙動を調査ために異なる 4 種類の負荷応力による大変形クリープ試験を行っている。その結果、ゲル材料のクリープひずみ挙動は負荷応力に依存しないことを明らかにしている。この結果に基づき、多くの研究者によって高分子材料での有用性が報告されている Yeoh の超弾性モデルと Simo の粘弾性モデルを組み合わせたモデルを新たに提案している。さらに、実用性を考慮した材料定数同定法を提案しており、その再現性や汎用性を評価している。その結果、いくつかの例題により提案したモデルが実験結果と定性的に良く一致することを確認している。

より精度の高い予測性能をシミュレーションに求める場合、材料試験の結果に合わせた独自の材料モデルの実装が必要である。しかしながら、大変形シミュレーションでは一般に複雑なテンソル演算が必要となる事が避けられず、材料毎に行うことは現実的とは言えず、より良い成果は期待できない。

そこで、本研究では、高精度な高階数値微分が可能な HDS (Hyper-Dual Step Derivative) に注目し、独自の材料モデルを簡易に実装可能な新しい大変形有限要素解析スキームを提案している。その方法は、ひずみエネルギーを計算するプログラムを基礎にして、大変形有限要素解析に必要な内力ベクトル・要素剛性マトリクスを高精度に自動算出できるものとした方法であり、独自の材料構成則を FEM へ実装する作業が劇的に簡略化される手法である。そして、その方法の有効性を先に述べた基礎実験と数値シミュレーションによって検証している。具体的には、ゲル材料の力学挙動に合わせた独自の超弾性構成則を開発し、上記スキームを利用してそのモデルを汎用 FEM に実装した。そして、提案モデルの有効性を検証する目的で大変形クリープ試験に適用し、材料定数の同定を通して、その再現性を確認している。さらにいくつかの例題に適用して、本研究手法の優れた再現性や予測性能、高い汎用性を確認している。

以上のことから、本研究では、実用的かつ汎用性の高いゲル材料の力学特性評価手法を開発し、その有効性を示す数値シミュレーションを効率的に展開していることが判断される。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し学位論文の審査を合格とする。また、論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。