

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

論文要旨

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

ゲル材料は人工関節やスポーツ用具の衝撃吸収材料として使用されている。このことから、それらの製品の開発や設計に向けた性能や強度の評価と予測は重要であり、力学的シミュレーションによる検討が望まれている。また、衝撃吸収材として使用される柔軟なゲル材料は1,000%のひずみ以上の大変形が可能であり、負荷後の状態が中途の負荷速度や負荷履歴の影響を受け、その応力状態が変動する粘弾性挙動を示す。そして、その力学挙動の把握は一般に複雑である。このような背景から、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、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、柔軟なゲル材料を対象として、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する。

初めに、ゲルの粘弾性挙動を調査する目的で、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た。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が分かった。そこで、この結果に基づきゲル材料の材料モデルとして 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提案した。そして、実用性を考慮した材料定数同定法を提案し、その再現性や汎用性を評価した。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た。

より高い予測性能をシミュレーションに求める場合には、材料試験の結果に合わせた材料モデルの実装が必要である。ところが、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でない。そこで、本研究では、次に高精度な高階数値微分が可能な HDS (Hyper-Dual Step Derivative) に注目し、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た。本法では、ひずみエネルギーを計算するプログラムを準備すれば、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自動的に算出できるものであり、材料毎のカスタマイズが容易になる手法である。

そして、以上の成果を基にして、実用的かつ汎用性の高いゲル材料の数値シミュレーション法を開発した。まず HDS 法を応用して、汎用的な超弾性構成則の実装スキームを作成し、ゲル材料の実験結果に合わせた新しい材料モデルを開発・実装した。次に、大変形クリープ挙動を再現できる Simo の粘弾性モデルの材料定数を同定した。最後に例題を通して本法の性能評価を行った結果、優れた再現性や予測性能、高い汎用性が確認できた。

氏名 石川 清貴