

氏 名 (本 籍)	まつ だ あき ひろ 松 田 昭 博 (福 岡 県)
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 1822 号
学位授与年月日	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学 位 論 文 題 目	超弾性体の大変形有限要素解析による積層ゴム免震要素の力学特性評価に関する研究
主 査	筑波大学教授 工学博士 渡 部 修
副 査	筑波大学教授 工学博士 松 島 豊
副 査	筑波大学教授 工学博士 齋 藤 正 克
副 査	筑波大学助教授 工学博士 寺 本 徳 郎
副 査	筑波大学助教授 工学博士 河 井 昌 道

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、3種類の積層ゴムの設計合理化を目的として、有限要素法による解析からその力学的特性評価について論じたものである。3種類の積層ゴムの中でも、まず、(1)天然ゴム系積層ゴムと鉛プラグ入り積層ゴムについて、汎用解析コードによる力学特性の評価手法を開発した。次に、(2)厚肉の積層ゴムに対して、updated Lagrange法を用いた超弾性構成式の定式化および有限要素定式化を行い、終局状態を予測する大変形解析を行った。最後に、(3)高減衰積層ゴムに対して、有限要素定式化と有限要素解析から力学応答を検討した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 代表的な(天然ゴム系および鉛プラグ入りの2種類の積層ゴムの非線形力学特性評価手法を開発することを目的として、ゴム材料の体積圧縮試験、解析手法の開発、解析結果と試験結果の比較を行った。汎用解析コードにユーザーサブルーチンを付加することで、形状の異なる天然ゴム系積層ゴムの水平剛性、鉛直剛性および両方向の連成特性が精度良く評価可能であることを明らかにした。
- (2) 超弾性構成式と弾塑性構成式の複合材料である積層ゴムの終局域の解析手法開発を目的として、updated Lagrange法を用いた超弾性構成式の導出および有限要素定式化を行った。得られた定式化を基に有限要素解析コードを開発し、各種の数値解析を行った結果から以下の結論を得た。各種の理論解や汎用解析コードによる解析結果と比較して、開発した解析コードによって安定した数値解析結果が得られることを明らかにした。厚肉の積層ゴムの大変形解析を用い、超弾性構成式にupdated Lagrange法を用いることで、弾塑性構成式の解析が容易に行えることを明らかにした。
- (3) 高減衰積層ゴムの力学特性を有限要素解析によって評価することを目的として、有限要素解析コードを開発した。粘性効果、最大経歴ひずみによる剛性低下、微小な圧縮性を同時に考慮した超弾性構成式の有限要素定式化を示した。高減衰ゴム材料の伸張試験より、高減衰ゴム材料の数値モデルの作成方法について論じている。高減衰積層ゴムの水平方向力学特性の検討を行い、素材試験の結果から積層ゴムの水平特性が評価可能であることを明らかにした。

以上の研究で、これまで明らかでなかった積層ゴムの水平・鉛直方向の連成挙動を評価可能としたこと、超弾性構成式を弾塑性構成式と同様のひずみや応力で定式化し解析条件の影響を明らかにしたこと、これまで例の無

い粘弾性構成式を用いて高減衰積層ゴムの有限要素解析を可能としたことなどは、積層ゴムの設計の合理化に対して意義ある成果と考えられる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

積層ゴムは、地震荷重を軽減する免震要素として重要な役割を果たす。免震装置は構造物と基礎の間に設置して、構造物の固有周期を長周期化することで内部の重要な機器に加わる地震力を低減する。本研究は、このような免震積層ゴムの力学的特性評価が可能となる解析手法を提言し、その有効性を実験や他の数値解析との比較から検証したもので、積層ゴムの設計開発に役立つものとして、高く評価できる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。