

氏 名 野崎 孝志

授与した学位 博士

専攻分野の名称 工学

学位授与番号 博甲第4130号

学位授与の日付 平成22年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科 産業創成工学専攻

(学位規則第5条第1項該当)

学位論文の題目 McKibben 型空気圧ゴム人工筋の有限要素法による動作解析

論文審査委員 教授 則次 俊郎 教授 五福 明夫 教授 鈴森 康一

学位論文内容の要旨

マッキベン型空気圧ゴム人工筋の特性はゴムの大変形や摩擦を伴うなどの非線形特性を有するため、その動作は複雑であり、動作中のマッキベン型空気圧ゴム人工筋の特性を定量的に把握し、動作を再現できる各種パラメータを実験のみで明確にしていくには限界がある。また解析モデル化するとしても、有限要素法解析の節点数、要素数、非線形性に対応した処理を考慮すると、計算時間を多大に要するモデルとなると思われる。したがって、マッキベン型空気圧ゴム人工筋を有限要素法解析により簡便なモデルを作成し、空気圧ゴム人工筋の適切な設計指針を得ようとする。有限要素法のモデルは、三次元で作成し、変位と応力の両方を解析する。得られた値と実験値の整合性を考慮することで、実際に使用することのできる設計ツールを確立する。

まずマッキベン型空気圧ゴム人工筋のソリッドモデルを作成する。マッキベン型空気圧ゴム人工筋は、螺旋形状の繊維コードを有するため、有限要素法による解析を実施する際、対称断面で分割することが可能な軸対称モデルとして簡略化した解析を実施することができない。しかしながら、繊維コードの本数や摩擦の有無を考慮することにより、繊維コード間、および繊維コード・ゴム間の摩擦を考慮しない簡便なモデルを作成することができた。

このソリッドモデルを三次元有限要素法にて変位と応力を解析し、実験との整合性を確認した。若干の補正係数は必要なものの実験と解析とは収縮力や収縮率もよく一致した。本論文のモデルを設計のフローの中に組み込むことにより、試作時間や試作工数の削減に繋がるばかりでなく、種々のパラメータスタディを実施することで、制御精度の向上や新たな特性を見出すのに有効である。

1章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の概説と本論文の構成を述べる。

2章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の構造と動作原理を説明する。マッキベン型空気圧ゴム人工筋がどのような構造を有しているか説明し、マッキベン型空気圧ゴム人工筋のゴムチューブ内に空気圧が印加されたときどのような力が発生するかの従来の理論を示した。

3章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋のソリッドモデルの作成指針について述べ、ソリッドモデルの作成方法を示した。解析ソフトウェアとしては、ANSYS 10.0 SP1を使用し、その種々の設定条件について述べる。

4章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の変位に対する解析方法、そしてマッキベン型空気圧ゴム人工筋に一定荷重をかけ、空気圧 P を変化させた場合の変位を測定するための実験方法を示した。

そして、マッキベン型空気圧ゴム人工筋に一定荷重をかけ、空気圧 P を変化させた場合人工筋の実験結果（変位）と有限要素法の解析結果との整合性を確認した。そして、パラメータスタディを実施しマッキベン型空気圧ゴム人工筋の動作予測を行った。

5章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋に一定荷重をかけ、空気圧 P を変化させた場合に発生する応力を測定するための解析方法と実験方法を示した。

そして、マッキベン型空気圧ゴム人工筋に一定荷重をかけ、空気圧 P を変化させた場合の人工筋に発生する応力を有限要素法解析しその結果を示した。そして、パラメータスタディを実施しマッキベン型空気圧ゴム人工筋に発生する応力の予測を行った。

最後に6章で本論文の結論を述べる。

論文審査結果の要旨

マッキベン型空気圧ゴム人工筋の特性はゴムの大変形や摩擦を伴うなどの非線形特性を有するため、その動作は複雑であり、動作中のマッキベン型空気圧ゴム人工筋の特性を定量的に把握し、動作を再現できる各種パラメータを実験のみで明確にしていくには限界がある。また解析モデル化するとしても有限要素法解析の接点数、要素数、非線形性に対応した処理を考慮すると、計算時間を多大に要するモデルとなると思われる。したがって、有限要素解析により、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の簡便なモデルを作成し、空気圧ゴム人工筋の適切な設計指針を得ることは重要である。そこで、有限要素法のモデルを三次元で作成し、変位と応力の両方を解析するとともに、得られた値と実験値の整合性を考慮することで、実用的な設計ツールを確立している。本論文の構成は以下の通りである。

1章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の概説と本論文の構成を述べている。

2章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋の構造と動作原理を説明している。マッキベン型空気圧ゴム人工筋の構造を説明し、ゴムチューブ内に空気圧が印加された際の力の発生特性について従来の理論を示している。

3章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋のソリッドモデルの作成指針、および作成方法を示している。解析ソフトウェアとしては、ANSYS10.0 SP1を使用し、その種々の設定条件について述べている。

4章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋において圧力と変位の関係を解析し、有限要素法の解析結果との整合性を確認している。

5章では、マッキベン型空気圧ゴム人工筋において圧力と応力の関係を解析し、有限要素法の解析結果との整合性を確認している。

最後に6章で本論文の結論を述べている。

以上より、本論文の内容は、学術的かつ実用的に有用であり、博士（工学）の学位論文に値すると認める。