

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 田口 朝康

審査委員会は、上記論文提出者が提出した博士学位請求論文「円環の無限転動機構を用いたダンパーの研究」に対し、平成30年7月6日に本審査と同じ審査委員により登録審査会を実施、本論文が学位論文としての登録にふさわしい内容とレベルであることを確認した。その後、提出者の本論文登録を受け、本論文と提出者が審査委員に対し個別に行った説明、及びその時の質疑応答、平成30年12月20日に行った論文発表会(口頭による最終試験)とその時の質疑応答及び指摘事項に対する提出者の応答、論文発表会後に開催した審査委員会での審議を通し、当該論文の審査を行った。それらの審査結果の要旨を下記にまとめる。

本論文は、建築物の免震・制振に用いるためのロングストロークが可能なダンパーを円環の転動を用いた機構により実現するための技術に関する研究である。円環の材料として錫や鉛、各種ゴムを用い、各種材料の性能を調査した上で、これらを用いて構成したダンパーの性能を調査している。円環を回転させる方法として、錫や鉛等の再結晶温度の低い金属系材料を用いる場合は、棒ネジを用いた噛み合わせを利用する方法、ゴムシートを介した摩擦による方法の2方法、ゴム円環を用いる場合は押しつぶした状態で高い摩擦力を維持して回転させる1つの方法を提案し、それぞれの場合に対してダンパーとしての減衰力となる抵抗力の定式化を行っている。さらに実験を行い、各ダンパーの性状を調査し、定式化の有効性を検討、比較調査の結果ゴムを用いたものが適しているという結論を得ているが、一方でゴム素材の経年劣化等の調査を今後の課題としている。

第1章の序論では、研究の背景として戸建免震の実状、自動車及び建築産業におけるダンパーの歴史、履歴系、摩擦系、粘弾性系、粘性系の各種ダンパーの実状と本論文で提案するダンパーと類似した技術の紹介とその違い、本論文で述べる研究項目などについて整理している。

第2章では、円環を用いたダンパーの力学モデルについて述べ、その構成と幾何学から、抵抗力に関して基礎的な考え方を整理している。その上で、円環に錫、鉛などの金属材料を用いた場合の抵抗力と、ゴムを用いた場合の抵抗力、さらに金属材料を用い接触部にゴムを介在させる場合と、金属材料を用い接触

部に噛み合いを用いる場合の抵抗力についてそれぞれの抵抗力発生メカニズムの違いを考慮しながら定式化を行っている。特に共通する性質として、発生する抵抗力は円環の線素の直径に依存するものの円環の直径にはあまり依存しないことを指摘している。

第3章では、円環に用いる錫・鉛の性質についてまとめている。鉛に関しては既往の式をより実験値に合うように見直し、錫に関しては同様の手法を用いて応力算定式を提案している。

第4章では、まず、円環に用いるゴムの性質について超弾性理論のまとめ、次いで複数の種類のゴムの静的引張試験を行うことで、超弾性モデル（Ogdenモデル）の同定を行い、応力-ひずみ関係を明らかにし、動的引張試験を行うことで、粘弾性モデルの同定を行い、弾性的な性質と粘性的な性質の割合について明らかにしている。Oリングの試験を行うことで、Oリングにおけるひずみとヒステリシスロスの関係について明らかにしている。これにより各種ゴムの超弾性モデルと、粘弾性モデル、ヒステリシスロス係数を明らかにし、理論式に適用できるようにしている。

第5章では、錫・鉛を用いた円環ダンパーについて2章の結果を用いて定式化を提案し、噛み合い型と摩擦型のダンパーの実験結果について考察、有限要素法による数値計算結果と比較することで、提案した定式化の有効性を確認している。

第6章では、ゴム製のOリングによる円環ダンパーについて2章の結果を用いて定式化を提案し、様々な種類や硬度のゴムを用いて実験を行い考察、有限要素法による数値計算結果と比較し、提案した定式化の有効性を確認している。

第7章では、本論文で得られた知見を整理している。提案した円環ダンパーを実現する材料として、錫や鉛を用いたダンパーは構成が簡単で大きな力が取り出せる反面、局所的な塑性変形が発生し長いストロークを得るのが難しく、接触部の最適な関係が今後の課題、ゴムを用いたダンパーでは得られる力が小さい反面、長いストロークを確保することは比較的容易だが、固着や温度上昇の影響に関する検討が今後の課題、と述べている。提案した理論式はいずれの場合も有効であるとしている。

以上、本論文では免震や制振構造に適用できる長いストロークを実現するため、新しい円環ダンパーの提案を行い、それに必要な材料や構成に関して詳細な実験および数値解析的な調査を行い、課題を整理し、ゴム、錫、鉛の各種材料と円環形状から抵抗力を予測する理論式も提案している。審査委員会は課題や研究項目の整理をわかりやすくすることなどに関してアドバイスをを行ったが、本論文の内容および提出者のレベルは工学的に十分に高度であると判断した。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。