

アラ ラキオ

氏 名 ALLAH Rakhio
学位の種類 博士（工学）
学位記番号 博第1235号
学位授与の日付 2022年3月31日
学位授与の条件 学位規則第4条第1項該当 課程博士
学位論文題目 Experimental and Numerical Analyses of Torque Properties of Rotary Elastomer Particle Damper
(回転型エラストマー粒状体ダンパーのトルク特性に関する実験および数値解析)

論文審査委員 主査 教授 井門 康司
教授 北村 憲彦
教授 西田 政弘
教授 佐々木 実
(岐阜大学)

論文内容の要旨

Vibrations have a critical influence on mechanical structures and machines; unwanted vibrations can be dangerous for machines, and human health and life need to be especially concerned. Some oil dampers are present and in practical use to control the vibration of mechanical systems. However, those oil dampers have limited efficiency, and their efficiency compromises due to change in the temperature. Oil damper's major issue is high cost and oil leakage. Particle dampers have been presented with better efficiency. The idea of particle dampers is considered nowadays to improve the performance of mechanical systems and structures. With recent progress in computer technology, the idea to simulate the behavior of particles has become possible. This research throws light on advancements done in the field of particle damping. A rotor-based particle damper is an example of a particle damper; this study investigates a rotary particle damper using elastomer particles instead of oil. Single-chamber rotary elastomer particle damper, double-chamber rotary elastomer particle damper, and rotary damper with the gap between rotor and cylinder were investigated. The summary of the conducted research is given below.

First of all, the damper was designed and then drafted on AutoCAD for ease of manufacturing. The discrete element method (DEM) was used to simulate the behavior of particles inside the rotary elastomer particle damper. The manufactured rotary particle damper was then tested on an experimental setup. The key goal of this thesis is to employ the existing knowledge of the particle damper and the new ideas to develop a rotor-based particle damper. To achieve the goals and objectives of this research study, experimental and simulations methods were used. An increase in the packing fraction and the rotor speed increases the damper torque. Particles in front of the rotor were in strong compressive stress; thus, they contributed more to the generation of damper torque. An increase in the aspect ratio of particles decreases the damper torque. The damper torque characteristics can be controlled by changing the packing fraction and the aspect ratio of the ellipsoidal elastomer particles. Mixing spherical and ellipsoidal particles at 50:50 ratios in rotary particle damper at 60% packing fraction increases the damper torque. Particles made of materials with high tensile strength and hardness produced strong damper torque than particles made of materials with low tensile strength and hardness. An increase in the size of the particles increases the damper torque.

This dissertation consists of 5 chapters. Chapter 1 is about introduction, history, types and development of particle damper is discussed. Chapter 2 is about the torque properties of double-chamber rotary elastomer damper. It is found that, increase in packing fraction, rotor speed, and size of elastomer particles increases the damper torque. The torque properties of single-chamber rotary elastomer damper are presented in Chapter 3. Shape of elastomer particles are investigated, increase aspect ratio of elliptical particles decreases the damper torque. Spherical particles with aspect ratio 1:1 produced higher damper torque. Mix mode produce higher damper torque than spherical elastomer particles when the packing fraction is 60%. Chapter 4 details the investigation of using rotary damper with gap and no-gap between rotor and cylinders. Size of elastomer particles plays significant role in producing higher damper torque in case of the damper with gap between rotor and cylinder. The damper with gap between rotor and cylinder produced higher damper torque when elastomer particles with 5 mm diameter are used. Finally, Chapter 5 summarizes the work done and provides the final conclusion.

論文審査結果の要旨

ダンパーは、乗り物や建築物等に害を及ぼす振動を抑制する装置であり、使用用途等により様々な種類のものが存在するが、それぞれ課題がある。代表的なものとして、オイルダンパーでは液漏れの発生、摩擦ダンパーでは摺動面の耐久性が課題となっている。粒状体ダンパーはこれらの課題の解決案の1つである。本論文では、特にエラストマー粒子を用いた回転型粒状体ダンパーに着目し、そのトルク特性およびトルク生成メカニズムの調査、考察を実験および数値解析の両面から行っている。

第1章では、研究背景と関連研究を整理・提示し、本研究の目的を示している。

第2章では、回転型エラストマー粒状体ダンパーのチャンバーをローターで2室に分割したものを施策し、そのトルク特性を実験および数値解析により明らかにしている。エラストマー粒子の充填率（チャンバー内空間に対して粒子の総体積が占める割合）やローターの回転速度、エラストマー粒子の径がトルク特性およびトルク生成メカニズムに与える影響を調査し、考察を行った。その結果、粒子の充填率、粒子径やローター回転速度が増加すると、ダンパートルクが増加することがわかった。この場合、回転するローター直前のエラストマー粒子が強い圧縮を受けていることがトルク増加の直接の原因であることが数値解析より示している。

第3章では、回転型エラストマー粒状体ダンパーのチャンバー内のローターを第2章の場合の半分の大きさとし、2室に分割せず、すべての粒子を1つのチャンバー内に充填した場合のダンパートルク特性およびトルク生成メカニズムの調査・検討、および考察を行っている。エラストマー粒子のチャンバー内への充填率、ローター回転速度、および粒子の形状や材質がトルク特性に与える影響について検討を行い、その結果、粒子のアスペクト比が大きくなると、すなわち球形エラストマー粒子を用いた場合よりも楕円体エラストマー粒子を用いた場合の方が、トルクが小さくなること、充填率が60%で球形粒子と楕円体粒子を1:1の割合で混合した粒状体を用いた場合に40 rpm近辺の回転速度でトルクが大きく増加する現象を見出したことを報告している。また、引張強さおよび硬度が大きいほうが強いトルクを発生することなどを確認している。

第4章では、回転型エラストマー粒状体ダンパーのチャンバーをローターで2室に分割した場合について、ローター端とダンパー容器間に粒子が他室に移動できるギャップが有る場合と無い場合についてダンパートルク特性を実験及び数値解析により検討・考察を行っている。その結果、ローター端とダンパー容器間にギャップが有る場合、エラストマー粒子の粒子径がより大きなダンパートルクを発生する上で重要であることを示している。本研究では、ギャップ幅3 mmに対して粒子径5 mmとした場合に、大きなトルクを発生したことが示されている。

第5章では本研究で得られた成果全体を総括し、今後の展望について触れている。

以上の研究成果は、ジャーナル論文3編、国際会議論文1編に採択され掲載されている。本研究では回転型粒状体ダンパーについて多くの知見を得ており、博士（工学）の学位論文として十分値する。