

トヨウチ アツシ

氏名	豊内 敦士
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	博第1200号
学位授与の日付	2021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	エラストマー粒子を用いた二室セパレート型片出し粒状体ダンパーの生成力特性 (Force-Generating Characteristics of a Separated Dual-Chamber Single-Rod-Type Damper Using an Elastomer-Particle Assemblage)
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

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。本研究では、これら課題を解決でき、ダンパー構造を簡素化できる可能性がある、エラストマー粒子を用いた二室セパレート型片出し粒状体ダンパーのダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。

第1章では、研究背景と目的を整理した。

第2章では、片室にエラストマー粒子を充填した場合のダンパー力特性およびダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。ダンパー力は各条件でヒステリシスを持つ漸硬型の特性を有し、変位に対し位相進みがあり、法線方向の弾性成分の力と接線方向成分の摩擦力

が大きく影響を及ぼすことが分かった。弾性成分の力は粒子が圧縮されることで生じる圧縮反発力が主体的で、摩擦力は粒子とシリンダー壁面との滑り摩擦により生じている。また、充填率、加振周波数、材質に影響するヤング率、粒子径およびストローク中心位置を大きくすると、最大ダンパー力、ヒステリシス、減衰エネルギーが増加することが分かった。

第3章では、両室にエラストマー粒子を充填した場合のダンパー力特性およびダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。片室充填と異なる点としては、摩擦力は粒子とシリンダー壁面およびロッド壁面との滑り摩擦により生じており、ロッドの摩擦により、ダンパー力波形が原点に対して非対称性になっていることがある。また、非対称性は各室の充填率を変えることで調整できることを確認した。

第4章では、ダンパーの設置角度がダンパー力特性に与える影響についての調査、考察を行った。ダンパー力は、ロッドの無い側の部屋のみ粒子を充填した場合では、ダンパーの設置角度を水平から鉛直に近づけていくと、最大ダンパー力とヒステリシスが大きくなり、法線方向の弾性反発力と接線方向成分の摩擦力が支配的であることが分かった。設置角度により粒子が最も圧縮されていない変位でのピストン面側の空隙の大きさが異なるため、この空隙がダンパー力設置角依存の原因と考えられる。また、設置角度依存は、粒子の充填率を高めて粒子数を増やし、空隙を小さくすることで緩和もしくは解消でき、両室充填では、設置角度を変更してもダンパー力特性に大きな変化は無く、設置角度による粒子の圧縮力分布や速度ベクトルの傾向に大きな違いも無いことを確認した。

第5章では全体を総括しており、本研究の有用性として、片室充填では、一つの向きにのみ抵抗力を持つ特性から、衝撃吸収ダンパーへの適用が期待され、両室充填では、ヒステリシスをもつ漸硬型のダンパー力特性を持つことから、免振ダンパーへの適用が期待されることを示した。

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。本研究では、まだ明らかにされておらず、各種ダンパー構造を簡素化できる可能性がある、エラストマー粒子を用いた二室セパレート型片出し粒状体ダンパーのダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。

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た。

第2章では、片室にエラストマー粒子を充填した場合のダンパー力特性およびダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。ダンパー力は各条件においてヒステリシスを持つ漸硬型の特性を有し、変位に対し位相進みがある。ダンパー力は、法線方向の弾性成分の力と接線方向成分の摩擦力が大きく影響を及ぼし、弾性成分の力は粒子が圧縮されることで生じる圧縮反発力が主体的であり、摩擦力は粒子とシリンダー壁面との滑り摩擦により生じている。また、粒子充填率、加振周波数、粒子材質に影響するヤング率、粒子径およびストローク中心位置を大きくすると、最大ダンパー力、ヒステリシスおよび減衰エネルギーが増加することがわかった。

第3章では、両室にエラストマー粒子を充填した場合のダンパー力特性およびダンパー力生成メカニズムの調査、考察を行った。片室充填と異なる点としては、摩擦力は粒子とシリンダー壁面およびロッド壁面との滑り摩擦により生じており、ロッドの摩擦により、ダンパー力波形が原点に対して非対称性になっていることがある。また、非対称性は各室の充填率を変えることで調整できることを確認した。

第4章では、ダンパーの設置角度がダンパー力特性に与える影響についての調査、考察を行った。ダンパー力は、ロッドの無い側の部屋のみ粒子を充填した場合では、ダンパーの設置角度を水平から鉛直に近づけていくと、最大ダンパー力とヒステリシスが大きくなり、法線方向の弾性反発力と接線方向成分の摩擦力が支配的であることがわかった。設置角度により粒子が最も圧縮されていない変位でのピストン面側の空隙の大きさが異なるため、この空隙がダンパー力設置角依存の原因と考えられる。また、設置角度依存は、粒子の充填率を高めて粒子数を増やし、空隙を小さくすることで緩和もしくは解消でき、両室充填では、設置角度を変更してもダンパー力特性に大きな変化は無く、設置角度による粒子の圧縮力分布や速度ベクトルの傾向に大きな違いも無いことを確認した。また、2章から4章で行われたシミュレーションは、条件によらず、シミュレーション結果と実験結果が定性的および定量的に良く一致する。

第5章では全体を総括しており、本研究の有用性として、片室充填では、一つの向きにのみ抵抗力を持つ特性から、衝撃吸収ダンパーへの適用が期待され、両室充填では、ヒステリシスをもつ漸硬型のダンパー力特性を持つことから、免振ダンパーへの適用が期待されることを示した。