

氏 名	リュウ 劉	エン 延	キン 慶
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学位記番号	工 博 第 2575 号		
学位授与の日付	平成 17 年 9 月 26 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
研究科・専攻	工学研究科精密工学専攻		
学位論文題目	Variable Damping and Stiffness Semi-active Vibration Isolation Control Using Magnetorheological Fluid Dampers (MR ダンパを用いた可変減衰と可変ばねによるセミアクティブ振動絶縁に関する研究)		
論文調査委員	(主査) 教授 松久 寛	教授 松原 厚	助教授 宇津野秀夫

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、磁気粘性流体ダンパ (MR ダンパ) を利用して、振動系の減衰特性とばね特性の両者を制御する手法を考案し、振動系の振動絶縁性能の向上を論じたもので、次の 8 章からなっている。

第 1 章は緒論であり、これまでの振動制御手法を総括し、準能動制御手法の有効性を提起し、本研究の狙いを論じている。

第 2 章では、従来手法である受動制振手法の振動絶縁効果を示し、ばね定数または減衰定数を単独で制御した場合には、特定の周波数領域で振動絶縁性能を向上できるが、全周波数領域にわたって性能を向上することは困難であることを示している。ばね定数と減衰定数の両者を同時に制御した場合には、全周波数領域で振動絶縁性能を向上できる可能性を指摘している。

第 3 章では、受動制振手法と従来の準能動制御手法である減衰可変制御と、本研究で提案するばね・減衰可変制御およびばね可変制御とを取り上げ、それぞれの制御アルゴリズムを記述し、1 自由度振動系を対象に正弦波掃引加振と白色雑音加振した場合の時間応答と周波数応答を計算している。それぞれの応答結果を比較して、ばね・減衰可変制御手法が全周波数領域で最も振動絶縁性能が高いことを示している。

第 4 章では、可変減衰要素とばね要素とを並列結合した振動モデルを 2 個直列に接続し、一端に質点を取り付けた 1 自由度振動系を検討している。減衰要素は ON—OFF 制御されるが、さまざまな ON—OFF 状態の組み合わせに対して、全体系のばね定数と減衰定数が理論的に導出されている。この結果、全体系の減衰定数は、一方の減衰要素を ON にしたまま他方の減衰要素を OFF から ON に切替えることで増大することが示された。また全体系のばね定数は、一方の減衰要素を一定に保持したまま、他方の減衰要素を OFF から ON に切替えることで増大することが示された。これより可変減衰要素を 2 個直列に接続することで、全体系のばね定数と減衰定数を制御できることが示された。本章で提案した 2 個直列接続した減衰要素を、さまざまな ON—OFF 状態で用いることにより、ばね・減衰可変制御とばね可変制御、減衰可変制御、受動制振とを表現できる。各条件に対して白色雑音加振した場合の振動絶縁性能を計算して比較したところ、ばね・減衰可変制御が全周波数領域で最も絶縁性能が高いことが確認された。

第 5 章では、磁気粘性流体ダンパ (MR ダンパ) の基本特性が実験的に検討された。MR ダンパにさまざまな周波数と大きさの正弦的な加振力を加え、また MR ダンパに印加する電圧を変えて、応答や等価減衰係数が測定された。測定結果は Bingham モデルを用いて整理され、種々の使用条件に対する計算モデルが構築された。

第 6 章では、MR ダンパが第 4 章で提案した可変減衰要素とばね要素とを並列結合した振動モデルで表現されると考え、MR ダンパを 2 個直列接続した振動モデルの一端を加振し、他端に取付けられた質点の応答を求め、両者の振幅比と加速度比とを計算と実験で検討した。MR ダンパの減衰定数とばね定数は第 5 章で測定した値を用いている。対象とした制御条件は、ばね・減衰可変制御、ばね可変制御、減衰可変制御、低減衰受動制振、高減衰受動制振の 5 条件で、正弦波掃引加振と白色雑音加振した場合の時間応答と周波数応答を計算し、測定値と比較した。計算値と測定値はどの制御条件においても非

常によく一致しており、計算モデルの妥当性が検証された。またばね・減衰可変制御が他の4条件に比べて全周波数領域で最も絶縁性能が高くなることが実験で確認された。

第7章では、自動車サスペンションを想定した2自由度振動系に本提案の手法を適用した。MRダンパを2個直列結合し、その間にもうひとつの質点を配置した構造である。加振面を白色雑音加振した場合とインパルス加振した場合の質点の応答を求めて、計算値と測定値を比較している。2自由度振動系においても、ばね・減衰可変制御が他の4条件に比べて全周波数領域で最も絶縁性能が高くなることが確認された。

第8章は結論で、本論文で得られた成果と今後に残された課題についてまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、磁気粘性流体ダンパ(MRダンパ)を利用して、振動系の減衰特性とばね特性の両者を制御する手法を考案し、振動系の振動絶縁性能の向上を論じたものである。自動車のサスペンションや精密機械の防振装置、高層建築物の免振装置など、さまざま分野で振動の低減は重要な技術課題であり、アクチュエータを用いた能動制御手法なども研究されているが、安定性や価格の点で課題を残している。本研究では、MRダンパを2個直列に接続し、ON—OFF制御を行うことで減衰特性とばね特性の両者を可変とする準能動制御手法を考案し、模型実験でその効果を検証したもので、得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

1. 減衰とばねを可変要素とした1自由度振動系において、本研究で提案するばね・減衰可変制御とばね可変制御を、従来からある受動制御や減衰可変制御と比較して、ばね・減衰可変制御では全周波数領域で振動絶縁性能が最良となることを理論的に示した。
2. 減衰が可変であるMRダンパを2個直列に接続し、減衰のON—OFF制御を組合せることで、振動系の減衰特性とばね特性の両者を可変制御できることを理論的に導いた。またMRダンパ単体の基本特性を測定し、上記理論を具現化できることを確認し、理論計算モデルを確立した。
3. 1つの質点と2個のMRダンパで構成された1自由度振動系を対象に、ばね・減衰可変制御、ばね可変制御、従来の制振手法を適用した。1自由度振動系を加振台上に設置し、加振台と質点との振動伝達率を測定したところ、正弦波掃引加振、白色雑音加振ともばね・減衰可変制御が最も振動絶縁性能が高いことが実証された。また計算値と測定値の傾向も極めて良く一致した結果が得られ、本研究の妥当性が確認された。
4. 自動車サスペンションを想定した2自由度振動系に本手法を適用し、インパルス応答と白色雑音加振時の応答を測定した。計算値と測定値は、全周波数領域ではほぼ一致しており、2自由度系においても本提案が適用できることが示された。

以上、本論文は振動系の減衰特性とばね特性の両者を可変とする準能動制御手法を提案し、MRダンパを2個直列に接続することで提案した振動系を実現し、加振機を用いた台上試験で本提案の妥当性、有効性を実証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また平成17年8月9日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。