

氏 名	ハ ン 潘	コ ウ 公	ウ 宇
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)		
学 位 記 番 号	工 博 第 2006 号		
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 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	MR ダンパを用いたセミアクティブ振動制御に関する研究		

論文調査委員 (主 査) 教授 松 久 寛 教授 矢 部 寛 教授 吉 村 允 孝

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、MR 流体（磁気粘性流体）を使った減衰力可変ダンパを自動車などのサスペンションに用いたセミアクティブ振動絶縁を研究したものであり、つぎの7章よりなっている。

第1章は緒言であり、研究の背景、目的を述べている。とくに、on-off ダンパ理論を基にしたセミアクティブサスペンションやそれを実用化するための可変ダンパの開発と研究の現状を論じた。

第2章では、従来のセミアクティブ方式の基本的な考え方および制御則を紹介し、その応答特性について考察した。on-off ダンパ理論によるセミアクティブサスペンションは、簡便な構造でスカイフック制御のアクティブサスペンションと同等の振動絶縁効果を実現できるが、ダンパの on, off 切り換え時に生じる減衰力変化がばね上質量の急激な加速度変化をもたらすことを示した。また、加速度伝達率においては、従来の on-off ダンパの制御則では高周波数帯域で制振効果が悪いことを示した。

第3章では、従来の on-off ダンパ理論の欠点である切り換え時の加速度変化を低減し、なおかつ高周波数領域で絶縁性能の良いセミアクティブ制御理論を提案した。すなわち、減衰係数を絶対速度と相対速度に依存させる2種類の減衰可変のセミアクティブ制御則である。数値計算によって、これらの減衰係数可変のセミアクティブ on-off ダンパでは切り換え時の平滑度が従来の減衰係数一定の on-off ダンパより良くなることを示した。なかでも、絶対速度や相対変位の2乗に比例するものの平滑化は非常に良い。また、高周波数領域では、振動振幅が小さくなるので、減衰係数も小さくなり、減衰係数一定の on-off ダンパより減衰係数可変の on-off ダンパの方がダンパを介してばね上に伝達される力が小さくなり、より良い振動絶縁が得られることが分かった。

第4章では、提案した制御理論の実用性を検討するために、MR 流体を利用した減衰力可変の MR ダンパについて検討した。従来の ER（電気粘性流体）ダンパは1000V 以上の高電圧が必要であるが、MR ダンパでは1.5V の乾電池でも作動できるという長所を持っている。米国 Load 社製の直動シリンダー型の RD1005 および PD130 ダンパを用いた実験によって、減衰力とダンパの速度、電圧の関係を明らかにした。すなわち、減衰力はダンパの速度が大きい所ではほぼ直線的に変化するが、ダンパの速度が小さい所ではヒステリシスを示した。コイルに加える電圧と MR ダンパが発生する減衰力は直線的な関係になった。そこで、このダンパの特性を表すヒステリシス要素と線形粘性減衰要素で構成される力学モデルを提案した。従来の摩擦抵抗と粘性抵抗で構成される Bingham モデルと比べると、提案したモデルは減衰力と速度の関係におけるヒステリシスをよく表現している。

第5章では、提案した減衰係数可変のセミアクティブ制御則の効果をシミュレーション及び実験で検討した。ここで、相対変位の測定は容易であり、それを微分することによって相対速度が得られるので、減衰係数が相対変位と相対速度の積に依存する on-off ダンパの制御則を採用した。実験では減衰係数の代わりに MR ダンパの印加電圧を変えることによって制御している。従来の係数一定の on-off ダンパと比べると、高周波数帯域でより良い絶縁効果が得られることを実証した。

第6章では、MR ダンパの凹凸路面走行における自動車用サスペンションとしての有用性を評価するため、単突起路面走行や凹凸路面走行時のシミュレーションを行った。MR ダンパ（PD130 型）にかかる電圧を絶対速度と相対速度の積に依存させるセミアクティブ制御則を自動車のサスペンションを模擬した振動系に適用し、その有効性を確認した。とくに絶対速度の1，2次比例型 on-off ダンパは高周波数帯域でより良い効果を持つことを示した。さらに、トラックの運転席のシートサスペンションを模擬した振動系に、MR ダンパ（RD1005 型）および、相対変位と相対速度に依存するセミアクティブ制御則を適用し、同様の効果を確認した。

第7章において、本研究で得られた成果のまとめを行っている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、減衰力可変ダンパを自動車などのサスペンションに用いたセミアクティブ振動絶縁を研究したものである。まず、制御則を提案し、それをMR 流体（磁気粘性流体）を利用した減衰力可変ダンパに適用し、振動絶縁効果を理論および実験より検討している。得られた成果の主たるものは以下のとおりである。

1. 減衰係数一定のセミアクティブダンパの on, off 切り換え時に生じる急激な減衰力変化およびそれに伴うばね上質量の加速度変化を平滑化するための減衰係数が速度や変位に依存する4種類の減衰係数可変のセミアクティブ on-off ダンパの制御則を提案した。
2. 変位の絶縁性能においては減衰係数一定の on-off ダンパと減衰係数可変の on-off ダンパでは大きな違いはないが、加速度伝達率においては減衰係数可変の on-off ダンパの方が高周波数帯域で絶縁効果が高いことを示した。
3. MR 流体を用いたダンパの減衰力特性を実験より求め、減衰力とピストン速度、電圧の関係を明らかにした。そして、ヒステリシス要素と線形粘性減衰要素で構成されるMR ダンパの力学モデルを提案した。このモデルより計算される減衰力は実験で得られた減衰力と良く一致しており、提案したモデルの有効性を確認した。
4. MR ダンパを用いた1自由度振動実験装置を製作した。本実験で用いたMR ダンパは、電磁石にかかる電圧によって減衰力を変化させるので、上述の減衰係数可変の制御則を電圧可変のシステムに適用した。従来の減衰力（電圧）一定の on-off 制御、及び提案した減衰力可変の on-off 制御による振動絶縁効果をシミュレーションと実験で確認した。減衰力可変ダンパは、高周波数帯域でより絶縁効果が得られることを確認した。
5. MR ダンパによるセミアクティブ制御を乗用車のサスペンションおよびトラックの運転席のシートサスペンションを模擬した振動系に適用し、数値シミュレーションで振動絶縁効果を確認した。従来の定減衰力のダンパ、定減衰力 on-off ダンパ、本研究で提案した減衰力可変 on-off ダンパによる車体の加速度と変位について比較検討した結果、on-off ダンパの有効性、とくに減衰力可変 on-off ダンパは高周波数帯域で良好な絶縁効果を持つことを確認した。以上、本論文は、減衰力可変ダンパを用いたセミアクティブ振動絶縁を研究したものであり、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13年1月22日、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。