

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：33903
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2014～2016
課題番号：26420185
研究課題名(和文) スイッチングダイナミックダンパの開発

研究課題名(英文) DEVELOPMENT OF MECHANICAL SWITCHED DAMPER

研究代表者
神谷 恵輔 (KAMIYA, KEISUKE)

愛知工業大学・工学部・教授

研究者番号：50242821
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本申請課題では、高性能制振器の開発を目的として、クラッチ機構を応用した質量切り替え型ダンパの開発に取り組んだ。ダンパは二つの質量とばねからなる。二つの質量はクラッチ機構により一体となって運動したり、切り離されて独立に運動したりできるようになっている。二つの質量のうち一方を、ばねを介して制振対象に取り付け、この質量の変位に基づいてクラッチのオンとオフを切り替える。このダンパの制振性能を数値シミュレーションおよび実験によって検討し、高い制振性能を有することを確認した。

研究成果の概要(英文)：In this study, with the aim to develop a high performance damping device to suppress vibration, a switched mass damper which utilizes clutch mechanism has been developed. The developed damper consists of two masses and springs. The two masses can be vibrate together as one body or separately as two bodies with the clutch mechanism. One of the two masses is connected to the primary system whose vibration is to be suppressed via the spring, and the clutch mechanism is switched on and off according to the displacement of the mass. Numerical simulation and experiment have been conducted to confirm that the developed damping device has high performance for vibration suppression.

研究分野：機械力学

キーワード：振動制御 ダイナミックダンパ クラッチ機構 スイッチング

1. 研究開始当初の背景

申請者はそれまでに非線形性を利用した制振デバイスに関する研究を行ってきた。これらの研究の中で、 piezoelectric を用いたシャントダンピングにおいて、インダクタンスと抵抗からなるシャント回路内のインダクタンスを振動状態に応じて切り替えることで、振動数応答曲線において共振峰が切り取られるような形で制振ができることを示した。 piezoelectric はその特性上、薄板などの断面の厚さが小さいものの曲げ振動の制振には向いているが、断面の厚さが大きく、剛体状の物体の制振には不向きである。申請課題の研究開始にあたって、このような物体に対する高性能な制振装置の開発に取り組もうと考えていた。

2. 研究の目的

上記のような背景を受けて、それまでに得られていた piezoelectric を用いたスイッチングシャントダンピングに関する研究で得られた知見をもとに、剛体状の物体に対する高性能な制振装置の開発を目的とした。スイッチングシャントダンピングで用いたインダクタンスは、メカニカルな振動系では質量に対応する。そこで本研究では、摩擦力を用いて付加質量の有無の切替を実現することを狙った。このような機構としてクラッチがある。そこでクラッチ機構を有する質量切替型ダンパの開発を具体的な目的として設定した。

3. 研究の方法

まずダンパのモデルについて考えた。制振対象としては1自由度系を想定し、上記のような考えに基づいて図1に示すモデルを構築した。図中の primary system と書かれた部分は制振対象とする主系である。主系の質量を m 、ばね定数を k 、減衰係数を c とし、この系は $f = F \cos \omega t$ で表される調和外力を受けるとする。図1中の switched mass damper と書かれた部分は質量切替型ダンパ (switched mass damper, SMD) である。SMD 全体の質量の一部を m_a とし、これを主系にはばね定数 k_a のばねと減衰係数 c_a のダッシュポットを介してつなぐ。また SMD の残りの質量を m_b とする。 m_a と m_b は摩擦クラッチ機構を介して結合させるものとする。クラッチ機構により、設定した条件を満たす場合に m_a と m_b の間には摩擦力が作用するとする。クラッチのオン、オフの切り替えは m_a の変位の大きさに依存するとし、 m_a の変位の絶対値がある値 x_{a0} より大きい場合はクラッチオン、 m_a の変位の絶対値が x_{a0} より小さい場合はクラッチオフとする。

このモデルに基づいてシミュレーションを行い、次に実験を行った。得られた結果は次節で述べる。

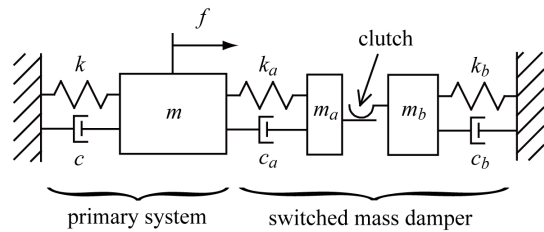


図1 質量切替型ダンパのモデル図

4. 研究成果

(1) はじめに、シミュレーションで得られた結果を述べる。図2は、図1に示す系のパラメータを適当に定め、運動方程式を数値的に解いて得られた結果を振動数応答曲線の形でまとめたものである。図の横軸は外力の振動数であり、縦軸は主系の変位の実効値である。なお、この図には比較のため主系のみときの応答と、図1に示す系で m_a と m_b を剛結合し、パラメータ値を最適値に調整したダイナミックダンパを付加したときの応答を示してある。この図より、SMD を付加した場合の応答は、振幅が大きくなると主系の場合の共振峰が切り取られたような形の応答曲線となることがわかる。次にダイナミックダンパを取り付けた場合の応答と比較する。最適にチューニングされたダイナミックダンパを取り付けた場合に対しては、外力の角振動数が 1.05 以上の範囲では SMD を取り付けた場合のほうが若干実効値が大きくなっているが、それ以外の振動数範囲ではほぼ同等かあるいはわずかではあるが実効値が小さくなっている。以上より、ここで示した SMD は十分な制振性能をもっていることがわかる。

またダンパを構成する m_a 、 m_b 、 k_a 、 k_b 、 c_a 、 c_b および質量切替の閾値 x_{a0} が制振性能に与える影響についても調べた。パラメータ数が多いので詳細は省略するが、 k_a は適切に選ぶ必要があること、 k_b は小さめな値にしたほうが良いこと、 m_a は m_b に比べて半分以下程度にしたほうが良いが k_a の値を適切に選べば、 m_a の値が多少異なっても制振対象の応答の実効値はあまり変化しないことがわかった。

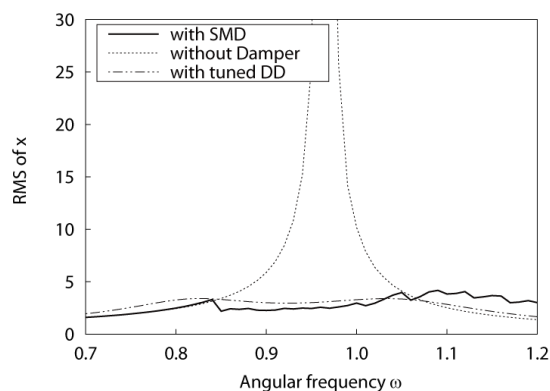


図2 シミュレーション結果

(2) 次に、シミュレーション結果を確かめるため、実験装置を製作し、実験を行った。製作した実験装置を図3に、その模式図を図4に示す。図4中の記号 m, k, m_a, m_b, k_a は図1と対応する。制振対象としたステンレス製のブロック m にコイルばね k を取り付け、ばねの他端を加振器に取り付ける。ステンレス製ブロック m は直動ベアリングで支持する。ステンレス製ブロック m にはコイルばね k_a を介してアルミ製の板 m_a が取り付けられている。またアルミ製のブロック m_b が直動ベアリングで支持されており、これには piezo actuator が取り付けられている。piezo actuator とアルミ製板 m_a との間にはわずかな隙間があり、piezo actuator のドライバをオン状態にすると piezo actuator が伸長し、アルミ製板 m_a に押し付けられるようになっている。アルミ製板 m_a の変位はレーザー式変位センサで測定され、図中には示されていないがセンサからの出力を基準信号と比較しその大小関係によって piezo actuator のドライバのオン状態とオフ状態が切り替えられるようになっている。測定は、加振器で振動数を変えながら正弦加振し、ステンレス製ブロック m の変位をレーザー式変位センサで測定した。このとき、コイルばね k と加振器の先端部の変位はレーザー式変位センサで測定され、ほぼ一定の振幅となるように調整しながら実験を行った。

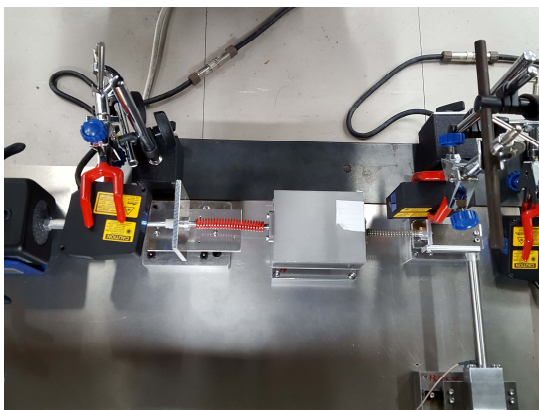


図3 実験装置

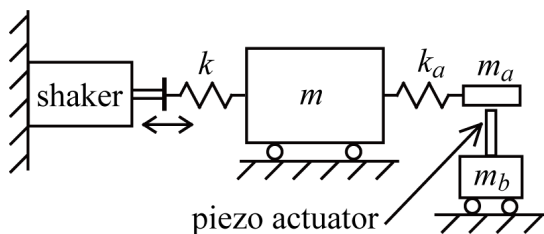


図4 実験装置の模式図

得られた結果を、振動数応答曲線の形で図5に実線で示す。横軸は加振振動数、縦軸はステンレス製ブロック m の基本振動数成分の振幅の、コイルばね k と加振器の先端部の

変位の基本振動数成分の振幅に対する比である。なお、この図には比較のため、ステンレス製ブロック m とコイルばね k のみからなる系の応答と、piezo actuator のドライバを常にオン状態としアルミ製板 m_a とアルミ製ブロック m_b が一体となって振動するようにした場合の応答を、それぞれ破線および点鎖線で示してある。この図より、SMD を付加した場合の応答は、シミュレーションの場合と同様に、振幅が大きくなると主系の場合の共振峰が切り取られたような形の応答曲線となることが確かめられた。

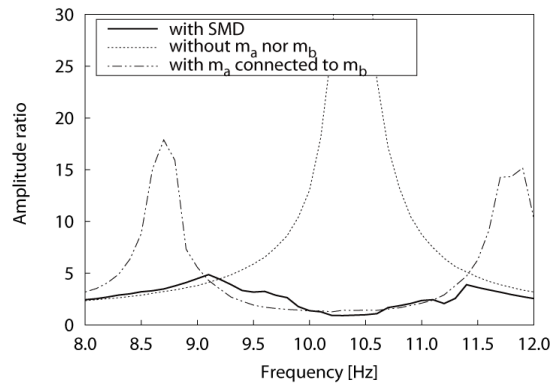


図5 実験結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

神谷 恵輔, 中川 裕也, 高村 知季, 質量切替機構を有するダンパによる制振 (実験による有効性の確認), 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2017, 2017 年 8 月 30 日, 愛知大学豊橋キャンパス (愛知県・豊橋市)

神谷 恵輔, 中川 裕也, 高村 知季, 質量切替型ダンパによる制振 (実験装置の製作) 日本機械学会東海支部第 66 期総会講演会, 2017 年 3 月 15 日, 静岡大学浜松キャンパス (静岡県・浜松市)

神谷 恵輔, 質量切替機構を有するダンパの基礎的検討, 日本機械学会 Dynamics and Design Conference 2016, 2016 年 8 月 24 日, 山口大学常盤キャンパス (山口県・宇部市)

神谷 恵輔, 質量切替型ダンパによる制振, 日本機械学会東海支部第 65 期総会講演会, 2016 年 3 月 18 日, 愛知工業大学八草キャンパス (愛知県・豊田市)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

神谷 恵輔 (KAMIYA, Keisuke)
愛知工業大学・工学部・教授
研究者番号：5 0 2 4 2 8 2 1

(2) 研究分担者

井上 剛志 (INOUE, Tsuyoshi)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：7 0 2 7 3 2 5 8

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()