

## 不等質量多重動吸振器の制振効果

### Vibration Suppression Effect of Tuned Multi-mass Damper with Uneven Weights

渡辺研究室

○加藤優樹<sup>\*1</sup>, 北出佑棋<sup>\*1</sup>, 白杵大樹<sup>\*1</sup>, 渡辺 亨<sup>\*2</sup>WATANABE Lab. Yuki KATOU, Yuki KITADE, Daiki USUKI<sup>\*1</sup>, Toru WATANABE<sup>\*2</sup>

This paper investigates vibration suppression effect of tuned multi-mass damper with uneven weights. Tuned multi-mass damper (TMMD) is made of plural tuned mass dampers (TMDs). It is already known that TMMD achieves higher vibration suppression effect than a single big TMD even the total weights of auxiliary masses of TMMD is equal with that of TMD. Besides, most studies about TMMD suppose that all the weights of auxiliary masses are even. In this study, a novel TMMD with uneven weights of auxiliary masses is presented and its vibration suppression effect is dealt with. Computer simulations are carried out and the possibility to enhance robustness of TMMD is suggested.

#### 1. 緒 言

動吸振器は質量とバネおよびダンパの組み合わせにより、機械の振動の抑制に用いられる受動形制振器である。動吸振器は使用する付加質量が大きくなるほど制振効果が上がる事がわかっている。また、背戸らの研究<sup>(1)</sup>により、同じ付加質量の場合、一つの大きな付加質量の動吸振器を制振に適用するよりも何等分か付加質量の動吸振器をいくつか適用する場合のほうが制振効果が向上することが分かっている。このように、制御対象に何個かに分割した動吸振器を取り付けるものを多重動吸振器という。

多重動吸振器の研究の多くは等分割した付加質量で行われている。しかし、この分割は振動的には等分割である必然性はなく、不等分割した多重動吸振器とすることも可能である。

本研究では質量の異なる多重の動吸振器についての性能を検証する。

#### 2. シミュレーション

本研究は減衰のない制御対象に2つの動吸振器を取り付けた場合のシミュレーションを行った。同じ大きさの付加質量をもつ動吸振器を2つ取り付けた場合(以後『等質量動吸振器』と称する)の場合と、取り付けた2つの動吸振器の付加質量が異なる(以後『不等質量動吸振器』と称する)を取り付けた場合での性能の検証を行った。

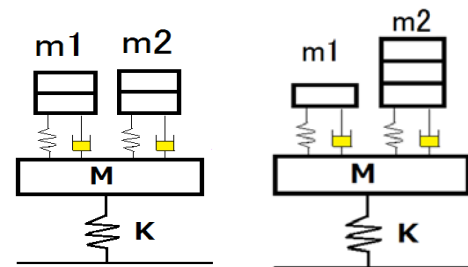


Fig.1 Multi-mass dynamic vibration absorber and Multi-mass dynamic vibration absorber with Uneven Weights

#### 2・2 調整

等質量動吸振器は Den Hartog の定点理論を用いて算出し、背戸の二重動吸振器の実用近似式<sup>(2)</sup>を用いてバネとダンパの定数を決定した。不等質量動吸振器の場合は一度、上記の実用近似式でバネ、ダンパの係数を決定し、その後試行錯誤的に制御対象の固有振動数の値をもとに値の調整を行った。

#### 2・3 条件

今回検証した質量の条件を次の表に示す。制御対象の質量  $M$  と動吸振器の付加質量  $m_1, m_2$  の合計との質量比は  $(m_1+m_2)/M=0.1$  とした。制御対象の固有振動数  $\omega$  は  $\omega=18.25$  とした。

Table 1 Case

	Case1	Case2	Case3	Case4
$m_2/m_1$	1	1.5	2	2.25

\*1 学生員, 日本大学 理工学部 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

\*2 正員, 日本大学 理工学部

E-mail: csda11010@g.nihon-u.ac.jp

### 3 シミュレーション結果

各条件での応答を求めピークにおける周波数応答線図を作成し、検証を行った。検証の結果、ピークでの制振性能は等分の場合も不等分の場合も大きな差はないことがわかった。

そこで制振対象の固有振動数が設計値と異なる、あるいは変動する場合の制振性能の変化について検討を行った。この場合、等質量動吸振器では付加質量が等分割であるため、固有振動数の変化に対しては2つの動吸振器共同じように性能が下がると予想されるが、不等質量動吸振器においては付加質量に差があるため、固有振動数の変化に対して等質量動吸振器とは異なる変化、すなわちロバスト性を示すのではないかと考えた。

そこで、ロバスト性の検証のため、制御対象の固有振動数( $\omega$ )を公称値(設計値)( $\omega'$ )から変化させた場合の応答ピークの変化を求めた。制御対象の固有振動数の公称値との比 $\lambda$ ( $=\omega/\omega'$ )を0.9から1.1の間で変化させた場合のピーク応答倍率を以下に示す。

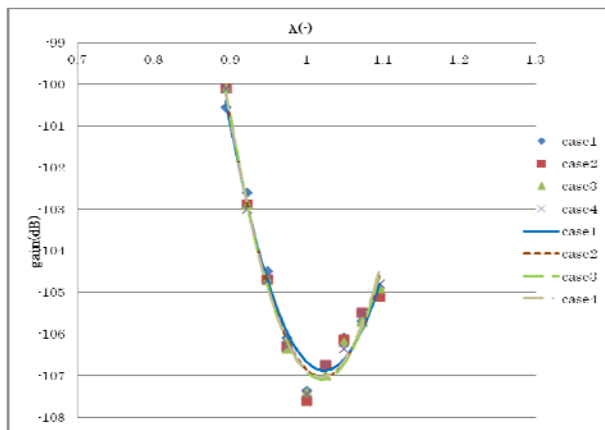


Fig.2 Robustness (case1, case2 case3and case4)

図2は横軸に固有振動数比 $\lambda$ ( $\lambda=\omega/\omega'$ )、縦軸に振幅比をとった場合の各条件の図である。曲線は二次曲線に近似した時のものである。

図2より、各条件ともほとんど差がないということがわかる。よって、制御対象の固有振動数の公称値の値を用いて動吸振器の調整を行った場合、等質量動吸振器・不等質量動吸振器ともに同程度のロバスト性能であるということが分かった。すなわち、この場合もやはり、等分割と不等分割で特に制振特性に差は見られない。

そこで、不等分割をより意図的に利用するべく、不等質量動吸振器の調整(同調)の方法を変え、ロバスト性の検証を行った。すなわち、固有振動数が

変動する方向(高くなる or 低くなる)が事前に分かっているものとし、重いほうの動吸振器を変動した制振対象に同調させ、その上でより軽い動吸振器を調整するという手順で調整を行った。これにより、制振対象の変動に対しより効果的に対応できる、すなわちロバスト性が高くなると期待される。

検討に用いた不等質量動吸振器はcase3の場合である。この不等質量動吸振器を制御対象の固有振動数が、 $\omega=1.1\omega'$ とずれていた場合に制振効果が大きくなるように試行錯誤的に調整した。同様に $\omega=0.9\omega'$ の場合に制振効果が大きくなるように調整した。これらの場合をcase5, case6とする。比較対象は等質量動吸振器の従来通りの調整を行ったcase1である。結果を図5に示す。

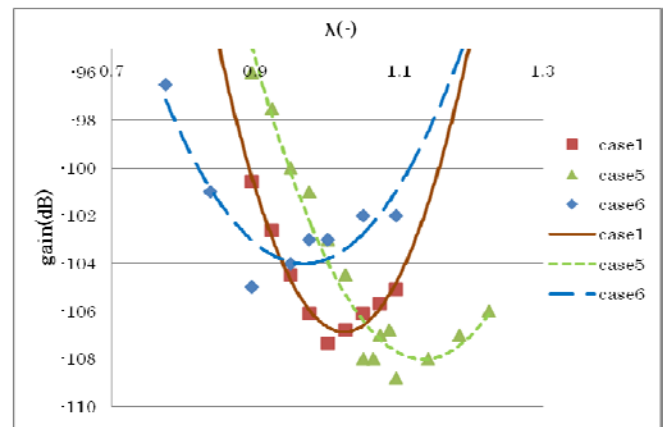


Fig.3 Robustness (case1, case5and case6)

図3は横軸に固有振動数の公称値( $\omega'$ )と制御対象の固有振動数の固有振動数比( $\lambda=\omega/\omega'$ )、縦軸に振幅比をとった時の各動吸振器の場合の線図である。

図より、従来の等質量動吸振器よりロバスト性が向上している場合があることを確認した。

### 4. 結 言

不等分割動吸振器の制振特性について検討した。その結果、不等分割することによる制振性能の改善は特に見られないが、制御対象の変化の方向にあわせて調整を行うことにより、ロバスト性を上げる可能性があることを見出した。

### 文 献

- [1] 背戸一登, 神谷圭二, 鎌形健太郎, 松本進 “多重動吸振器の最適設計法” 日本機械学会論文集, vol62, No.95 (1996), pp 22-27
- [2] 背戸一登, 動吸振器とその応用, コロナ社, (2010)