

K4-64

付加質量をワイヤで駆動する動吸振器に関する実験的研究

Vibration Suppression Effect of Wired Tuned Multi-mass Damper

○海原 佑真¹, 桑野 悠佑², 渡辺 亨³

Yuma UMIHARA, Toru WATANABE, Yusuke KUWANO

This paper investigates vibration suppression effect of novel Tuned Mass Damper, namely Wired Tuned Mass Damper (WTMD). WTMD is a tuned mass damper made of an auxiliary mass connected with two small masses with wires. The weights of t small weights give the main auxiliary mass restoring force, while the wires allow the main mass to move over longer stroke than ordinary springs allow. In this study, an experimental structure and WTMD is built, and WTMD's property is investigated.

1. 緒 言

動吸振器は、補助質量とばね、ダンパの組み合わせにより、機械の共振の抑制に用いられる受動形制振器である。

動吸振器の特徴は、他の受動形制振器に比較して小型軽量で優れた制振効果を発揮できる。(1)(2)

この動吸振器は、復元力をワイヤの引張り力およびおもりによる重力により得ることで、機械的な限界によるストロークの制限を無くすことで制振効果を得ることができるのではないかと考えた。

本研究ではワイヤ動吸振器を実際に作成し、その性能の検証を行った。

2. 作成動吸振器概念

提案するワイヤ動吸振器の概念図を図1に示す。

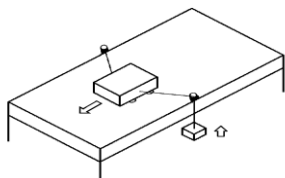


Fig.1 Conceptual diagram of wired tuned mass damper

装置は主振動系となる装置の上に移動可能な質量をのせ、おもりをつけたワイヤを両端に取り付け、質量の復元力としてワイヤの張力を用いている。

動吸振器のストロークが小さいうちはワイヤの剛性のみが復元力に寄与するが、ストロークがある値を越すと、おもりが上に持ち上がるようになり、復元係数が変化する。さらにストロークが大きくなりおもりが止まった状態になると、再びワイヤの剛性が作用する。このような動作により、ワイヤの長さとおもり質量を調整することで、ストロークを長くすると共に復元力特性を相当自由に設定することが可能となる。復元力特性の概念を図2に示す。

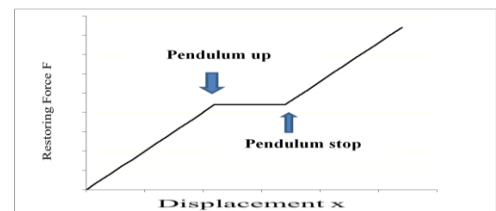


Fig.2 Concept of designed restoring force

3. ワイヤ動吸振器の振動理論

図3のように張力Tのワイヤによって把持される質量の運動は以下の様になる。このようにワイヤによって把持された質量は振動する。

$$m\ddot{x} + \frac{2T}{l}x = 0 \tag{1}$$

ここで、 $2T/l$ を復元係数kとおくと

$$m\ddot{x} + kx = 0 \tag{2}$$

となり、この振動を主振動系と同調させることで制振する。

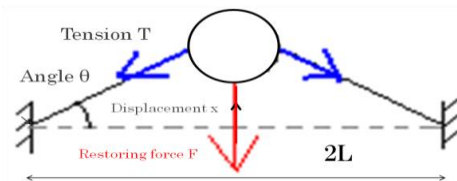


Fig.3 Restoring force of wire spring

実際に作成した装置を以下に示す。

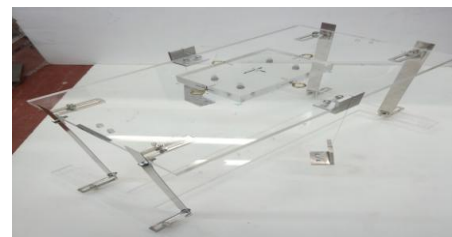


Fig.4 Experiment equipment

1: 日大理工・学部・機械 2: 日大理工・院(前)・機械 3: 日大理工・教員・機械

制御対象となる構造物の質量は 1.73kg, 固有振動数は 3Hz である. 一方, 動吸振器の付加質量は 0.37kg, ワイヤには釣り糸を用い, 主振動系との接する面にはボールローラを用いた.

4. ワイヤ動吸振器の実験

4. 1 ワイヤ動吸振器の性能評価

実験装置を正弦波振動で加振し, その際の主振動系の振動振幅を変位センサにより測定し, 入出力比を取ることによってゲインを求める. 入力振幅と主振動系の出力振幅との周波数応答線図を図 5 に示す. 結果より, 主系のみだとピーク 1 つだったものが 2 つに割れ, 作成したワイヤ動吸振器が動作していることが分かる.

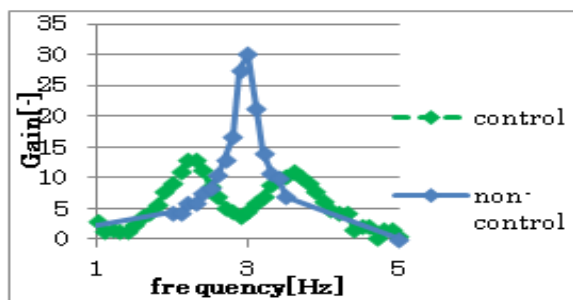


Fig.5 Vibration suppression effect of wired mass damper

4. 2 動吸振器調整実験

懸垂おもりの質量を変えることにより, 張力を変化させ, 復元力係数が調整できるのかどうかを検証した.

結果を図 6 に示す. 図より動吸振器の同調が変化しているのので, 復元力の調整はできていると考える.

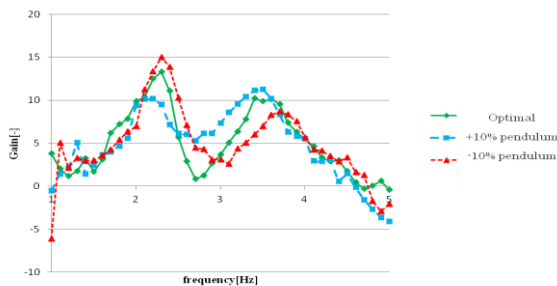


Fig.6 Adjustment of tension by changing pendulum weight

4. 3 復元力決定理論の確認実験

復元力係数の理論が妥当かどうかの検討も行った. 式(1)より復元係数は張力 T とワイヤ距離 l の比によって決まる. これを確認するため張力 T と距離 l の比を一定にし, 性能の検証を行い, その結果を図 7 に示す. 図よりどちらの場合も制振性能は同一とみなしうる. これより, 復元係数の理論は妥当であると考えられる.

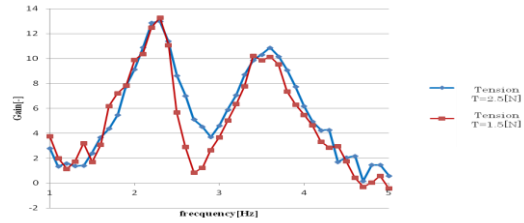


Fig7 Dynamical property of WTMDs with different tension

4. 4 懸垂おもり上昇実験

懸垂重りの効果の検討を行った. 倍の入力振幅を加振し, 懸垂重りが上がるようにしたとき, ワイヤに懸垂おもりの重力が加わる場合でも制振効果が表れるか実験を行った. 結果を図 8 に示す. 図より, 動吸振器のストロークを長くしても制振効果は落ちないことを確認できた.

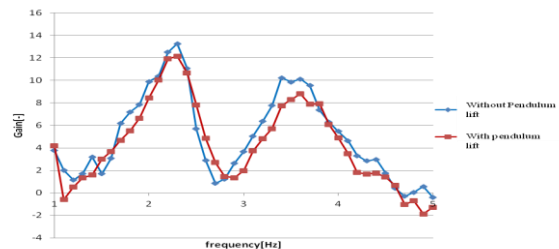


Fig.8 Dynamical property of WTMD with/without pendulum lift

5. 結 言

復元力を, 懸垂重りと付加質量につなぐワイヤを用いた動吸振器を提案し, 制振性能の検証を行った.

実験構造模型および動吸振器模型を製作し実験的に検証を行った. その結果, ワイヤの張力を復元力とした動吸振器を作成し動作を確認することが出来た. ワイヤの張力を調整することにより, この動吸振器の同調の調整を行えること, 張力とワイヤ長さの比を調整することにより, 復元力を決定できることを確認した.

6. 今後の展開

- ・ワイヤ動吸振器の理論解析を行い, 各パラメータと復元力特性の関係性を明らかにする.
- ・新たに実験装置を作成し, 動作確認を行う.

7. 参考文献

- (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)