

復元力に錘とワイヤを用いた非線形動吸振器の基礎研究

Basic Study on Nonlinear Tuned Mass Damper Utilizing Wires and Auxiliary Weights to Obtain Restoring Force

渡辺研究室 東 亮介*1, 桑野 悠佑*2, 渡辺 亨*3, 背戸 一登*4

Watanabe Lab. Ryosuke Higashi, Yusuke Kuwano, Toru Watanabe, Kazuto Seto

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 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, characteristics of restoring force depending on parameters are shown, while new experimental structure and WTMD is designed and developed.

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⁾。しかし、性能向上には復元バネの限界によるストロークの機械的な制約が問題となる。^{(1)~(3)}

そこで、ワイヤで垂下された錘の重力を復元力に用いるワイヤ動吸振器 (WTMD) が提案されている。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。その有効性は先行研究で示されているが、復元力特性の解析などは未着手であった。

本研究では、ワイヤ動吸振器の復元力特性の確認と、精密な実験を可能とするワイヤ動吸振器実験装置を新たに設計、製作した。その概要を示す。

2. ワイヤ動吸振器の概念

提案しているワイヤ動吸振器の概念図を図1に示す。

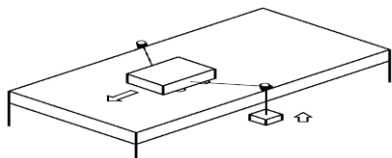


Fig.1 Conceptual diagram of wired tuned mass damper

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の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。非線形復元力特性の概念を図2に示す。

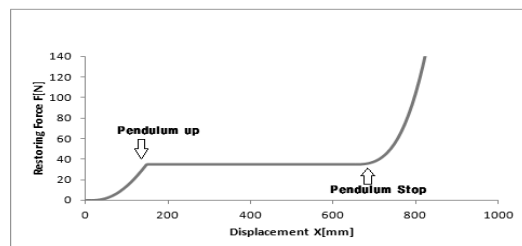


Fig.2 Concept of designed restoring force

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。

$$m\ddot{y} = -f \Rightarrow m\ddot{y} + 2Ea \left[\frac{1}{l_0} - \frac{1}{\sqrt{l^2 + y^2}} \right] y = 0 \quad (1)$$

$$2Ea \left[\frac{1}{l_0} - \frac{1}{\sqrt{l^2 + y^2}} \right] y \text{ を } k \text{ とおき、動吸振器の復元力として用いている。}$$

E, l を変化させたときの復元力特性を図4, 図5に示す。パラメータの調整により復元力特性が操作可能であることが示されている。

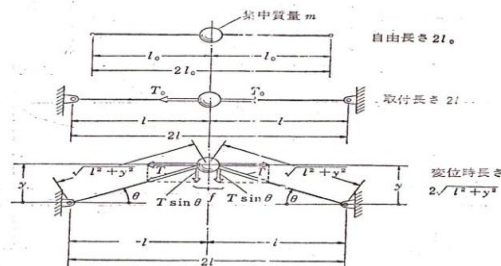


Fig.3 Restoring force of wire spring

*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, *4 背戸振動制御研究所

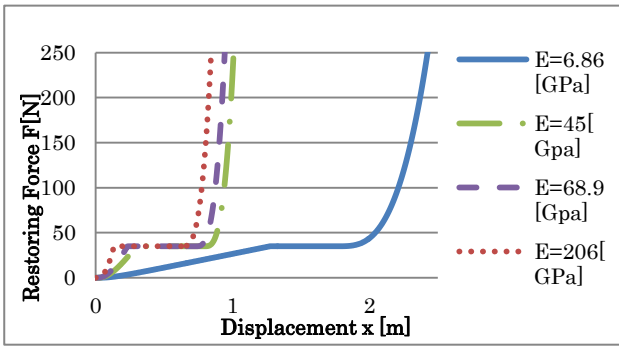


Fig.4 Restoring Force (modulus of longitudinal elasticity)

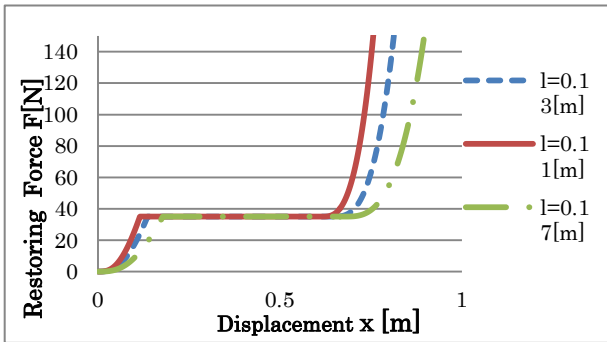


Fig.5 Restoring Force (length)

4. 昨年までの成果

昨年度製作した装置の外観を図 6 に示す。

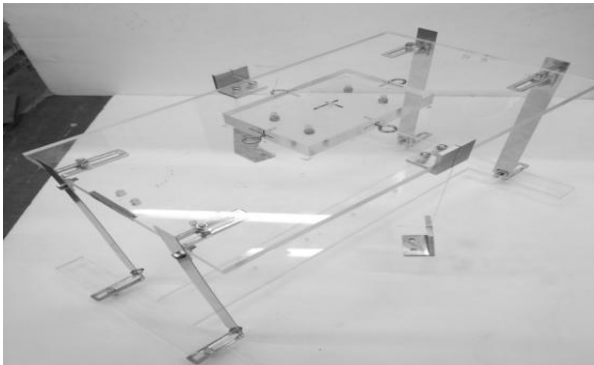


Fig.6 Experiment equipment

この実験装置を用いて実験を行い、ワイヤ動吸振器と懸垂おもりの制振効果を確認することができた。

5. 実験装置の改良

本年度作成した装置について、昨年度の装置からの改善点は以下のとおりである。

- ①. 実験可能な振幅を拡大する。
- ②. 懸垂重りの振動を抑える。
- ③. 動吸振器の不規則な動き(回転・蛇行)を防ぐ。
- ④. ワイヤにかかる摩擦の軽減。

⑤. フックとワイヤの固定点の長さを変更可能にする。

上記の点をふまえた上で、新たな実験装置を図 7 に、パラメータを表 1 に示す。

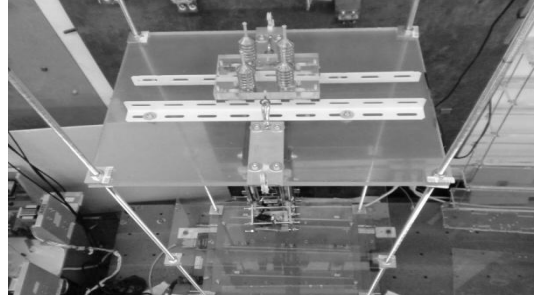


Fig.7 New Experiment equipment

Table.1 Main vibration system parameter

	Main vibration system parameter
Total mass [kg]	6.861
Damping ratio[10 ⁻²]	1.3
Natural frequency [Hz]	1.9
Mass ratio [-]	0.2

改良後の実験装置で動作確認を行ったところ、装置の改善には成功した。

6. 結 言

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の動作を確認することが出来た。

ワイヤの復元力特性の式を導き、パラメータの調整により復元力の操作が可能であることを確認した。

さらに、より精密な実験を行なうために改良した実験装置を開発した。

7. 今後の展開

・新たに実験装置を改良し、動作確認と検証を行い、これを用いて理論解析結果と実験結果の比較を行う。その上で、要求される制振性能と、これを可能とする復元力特性と、それを実現するパラメータの設定方法について検討する。

8. 参考文献

- (1) Frahm , H .,U.SPATent,No.989,958 (1911),3576.
- (2) Den hartog , J .P .,Mechanical Vibration(1934)
- (3) 背戸一登 , 動吸振器とその応用, コロナ社, (2010)
- (4) 田島清瀬, 振動の工学, 産業図書, p385,(1970)