

社団法人 日本設計工学会 四国支部  
平成 21 年度研究発表講演会  
講演論文集

開催日：2010 年 3 月 16 日（火）

会 場：香川大学 工学部

主 催

社団法人 日本設計工学会 四国支部

共 催

香川大学 工学部

# 永久磁石とボイスコイルモータを用いた磁力による非接触振動抑制

○廣川悠太 (高知工科大学)  
佐野明幸 (高知工科大学院)  
Phaisarn Sudwchai (高知工科大学)  
岡宏一 (高知工科大学)  
楠川量啓 (正, 高知工科大学)

## 1. 緒言

薄板鋼板の圧延やメッキ工程では、搬送スピードが速く、剛性が低いため、鋼板の搬送の際に生じる振動による接触が原因となり、損傷や変形が起りやすい。その対策として、機械的接触を利用した振動抑制方法があるが、これは接触することで装置と鋼板の間に摩擦力が発生し、鋼板に損傷を与えてしまう。また、電磁石の磁気力を利用した非接触による振動抑制方法<sup>(1)</sup>も提案されている。しかし、この方法では、固定されているため振動の制御範囲が狭くなるということ、十分な制御力を得るにはコイルに流す電流を大きくする必要があるので、コイルの発熱の問題がある。そこで本論文では、渦電流による走行抵抗の影響を考慮し、薄板鋼板と永久磁石の距離を変化させる仕組みを提案する。振動体の振動を非接触で抑制し、広範囲の振動にも対応できるように、ボイスコイルモータ(以下VCM)と永久磁石を用いた振動抑制システムについて述べる。

## 2. 制振原理

### 2.1 実験装置

永久磁石とVCMによって振動抑制を検証を行うためにFig.1に示すような実験装置を作成した。この装置は、Vibration bodyとして表される支持された部分の振動を、二つのVCMによって駆動される永久磁石によって抑制するものである。装置の中心に2枚の隣青銅の板(190×50×0.2mm)で振動体をつり下げ支持し、振動体が永久磁石の吸引力が働くよう電磁軟鉄(45×25mm)を貼り付ける。鉄板と永久磁石が平行になるように、VCMを左右対称に設置する。それぞれのVCMの先端に永久磁石(Φ25×5mm)を連結させることで、左右に駆動させるようにしている。振動体の上部には強制振動を起こすためのモータを取り付けている。

### 2.2 振動抑制方法

振動抑制方法をFig.2に示す。永久磁石は黒色で示す。まず、上の図のように振動体が右側に振れると、左の永久磁石がVCMの駆動により右側に動く。すると、左側の永久磁石と振動体の距離(以下空隙距離)が小さくなる。左側の吸引力が右側の吸引力より強くなることにより、振動体を左側に引き付ける。次に、下の図のように振動体が左側に振れると右側のVCMによって永久磁石を左側に駆動させ、右側の永久磁石と振動体の空隙距離が小さくなる。すると、右側の吸引力が左側の吸引力より強くなり振動体を右側に引き付ける。この永久磁石とVCMの一連の動作を繰り返し行うことで、振動の抑制を可能にしている。

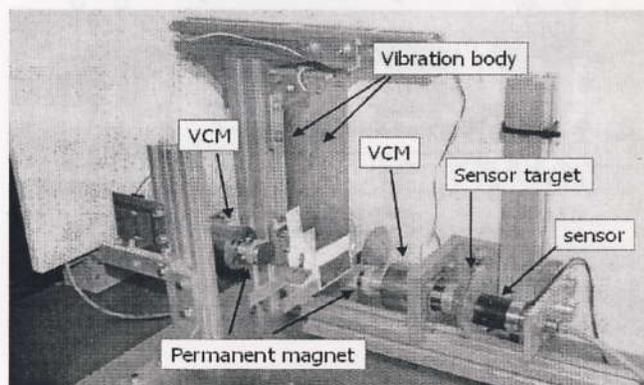


Fig.1 Experimental device of vibration control

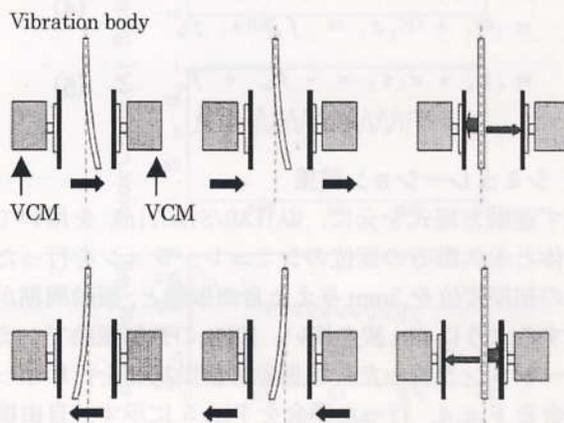


Fig.2 Method of controlling vibration

### 3. シミュレーション

#### 3.1 モデル化

実験を行うにあたり、制御値を得るためにシステムのモデル化を行った。モデル化の際に使用した図を Fig. 3 に示す。振動体と左右の永久磁石の変位をそれぞれ  $z_0, z_1, z_2$  とし、平衡状態の空隙距離を  $d_0$  とする。振動体先端の質量を  $m_0$  とし、永久磁石の質量と VCM のコイルの質量を  $m_1$  とする。振動体、モータの減衰定数はそれぞれ  $c_0, c_1$  とする。また、振動体のばね定数を  $k_0$  とし、磁石定数を  $k$  とする。そして、左右の吸引力定数をそれぞれ  $f_{ml}, f_{mr}$ 、左右の VCM の駆動力をそれぞれ  $f_{vl}, f_{vr}$  とし振動体の外乱を  $f_d$  とする。

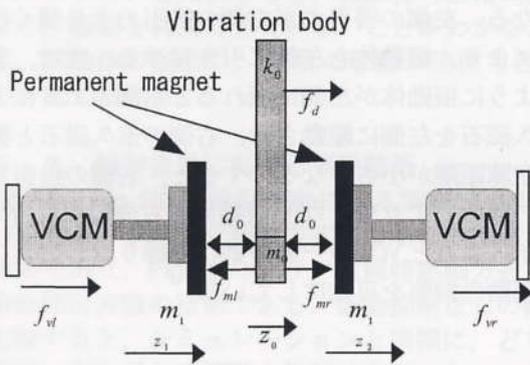


Fig. 3 Modeling of System

#### 3.2 運動方程式

左右の永久磁石の吸引力は、以下のように仮定する。

$$f_{ml} = \frac{k}{(d_0 + z_1 - z_0)^2} \quad (1)$$

$$f_{mr} = \frac{k}{(d_0 - z_1 + z_2)^2} \quad (2)$$

振動体の運動方程式は、

$$m_0 \ddot{z}_0 + c_0 \dot{z}_0 + k_0 z_0 = -f_{ml} + f_{mr} + f_d \quad (3)$$

左右の永久磁石の運動方程式は、

$$m_1 \ddot{z}_1 + c_1 \dot{z}_1 = f_{ml} + f_{vl} \quad (4)$$

$$m_1 \ddot{z}_2 + c_1 \dot{z}_2 = -f_{mr} + f_{vr} \quad (5)$$

#### 3.3 シミュレーション結果

まず運動方程式を元に、MATLAB/Simulink を用いて振動体と永久磁石の変位のシミュレーションを行った。振動の初期変位を 3mm とした自由振動と、振動周期が発生するように sin 波を使い、10Hz の強制振動でシミュレーションを行った。由振動の振動抑制を行わなかった場合を Fig. 4、行った場合を Fig. 5 に示す。自由振動での振動抑制を行った場合の方が、振動抑制を行わなかった場合に比べ、振動の収束時間が短く、振動を

早く抑制していることがわかる。強制振動の振動抑制を行わなかった場合と、行った場合のシミュレーション結果をそれぞれ、Fig. 6, Fig. 7 に示す。結果を比較すると、振動体の周期に変化はなく、振幅も同じであり、永久磁石による振動抑制効果が得られていないことがわかる。

#### 4. 結言

実験では、VCM を用いた永久磁石の磁力を利用した振動抑制原理について述べた。強制振動のシミュレーション結果では、振動の抑制効果が得られなかった。今後は、試作装置を用いて実験を行い、有効性の検証を行う。

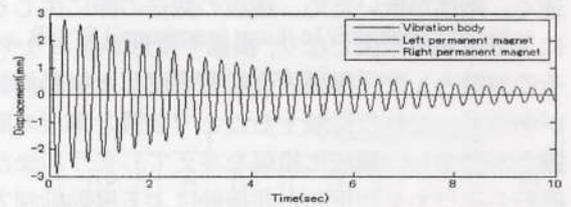


Fig. 4 No vibration control

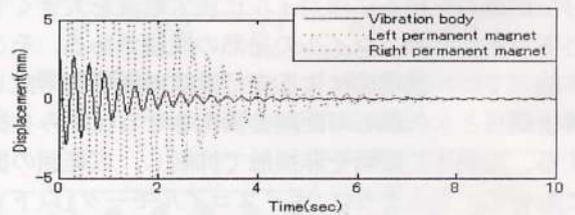


Fig. 5 vibration control

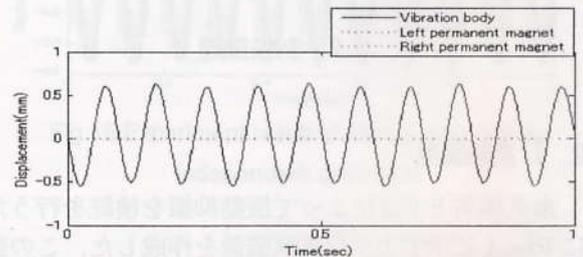


Fig. 6 No vibration control of forced oscillation

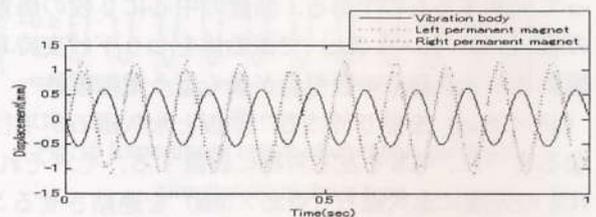


Fig. 7 Vibration control of forced oscillation

#### 参考文献

1) [http://www.shinko-elec.co.jp/NewsRelease/new\\_18.htm](http://www.shinko-elec.co.jp/NewsRelease/new_18.htm)