



SICE4

2009年度
学会

技術講演会
四国支部

2009年度



永久磁石の吸引力を利用した振動抑制

Vibration control using attractive force of permanent magnet

佐野明幸 (高知工科大学) 廣川悠太 (高知工科大学) 岡宏一 (高知工科大学)

Akiyuki SANO, Kochi University of Technology

Yuta HIROKAWA Kochi University of Technology

Koichi OKA, Kochi University of Technology

1. 緒言

薄板鋼板の圧延やメッキ工程では、搬送スピードが非常に速く、薄板鋼板は剛性が低いため、鋼板の搬送の際に生じる振動による接触が、損傷や変形の原因となりやすい。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も提案されている。しかし、この方法では電磁石の吸引力は距離の2乗に反比例するため、振動の制御範囲が狭くなるということと、大きな振動には対応できないという問題がある。また、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、耐久性などに問題がある。

本論文では対象物であ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、リニアアクチュエータの一種であるボイスコイルモータ(以下 VCM と表記する)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 によって対象抑振の可能性を検証するために Fig.1 に示すような実験装置を製作した。この装置は、Vibration body として表される弾性体で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制御するものである。概要は以下の通りである。装置の中心に2枚の燐青銅の板(190×50×0.2mm)でつり下げられた振動体を平行ばね支持し、その振動体が永久磁石の吸引力の影響を受ける位置に鉄板を貼り付ける。鉄板と向かい合うように、VCM を左右対称に設置する。それぞれの VCM に永久磁石(25×5mm)を連結させることで、左右に駆動させる。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る。

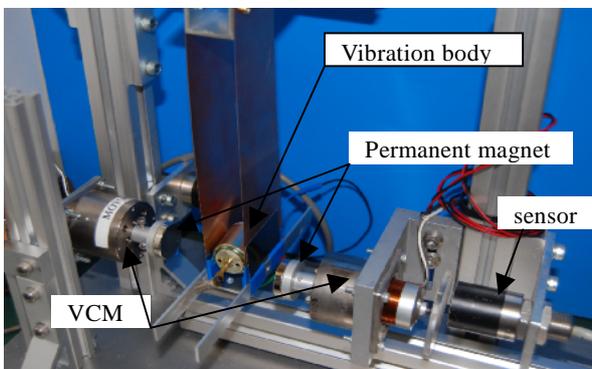


Fig.1 Experimental device of vibration control

2-2 制御方法

制御方法を Fig.2 に示す。まず、左の3枚の図のように振動体が右側に振れると、左の永久磁石を VCM の駆動に

より右側に動かす。すると、左側の永久磁石と振動体の距離(以下空隙距離と表記)が縮小し、左側の吸引力が右側の吸引力より強くなり振動体を左側に引き付ける。次に、右の3枚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縮小することで、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。この動作を繰り返し行うことで振動体の運動エネルギーを吸収し0に近づけることで、振動を抑制する。

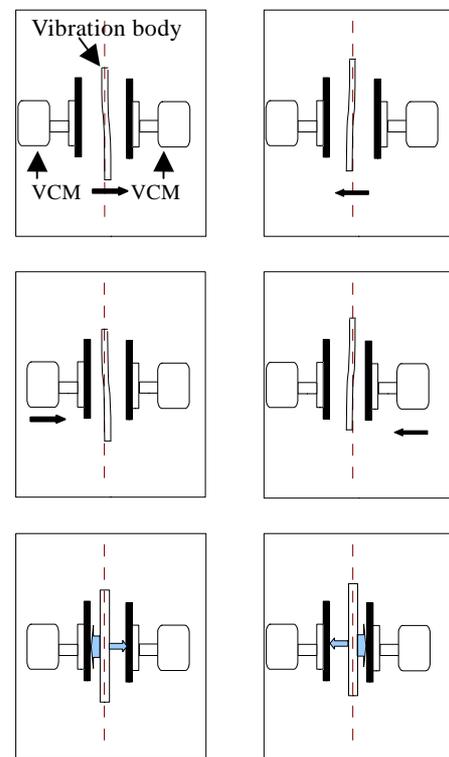


Fig.2 Method of controlling vibration

2-3 制御コントローラ

本実験装置における制御コントローラを Fig.3 に示す。振動体と二つの永久磁石の変位は実験装置に取り付けたセンサにより計測され、DSP ボードを介すことで AD 変換をし、PC に取り込まれる。取り込まれた値は MATLAB/Simulink というソフトウェアのプログラムによって計算処理を行い、処理された値は DSP ボードを介し DA 変換され、電圧として出力される。その値はアンプを介すことで VCM に適切な電源を供給する。Fig.3 は振動体の変位と二つの永久磁石の変位を PD (比例/微分) 制御したものの差により、目標値の0に近づけていることを示している。

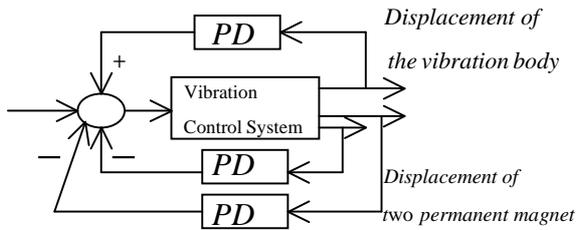


Fig.3 Block Diagram

3 モデル

3-1 モデル化

実験を行うにあたり、最適な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. 4 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、平衡状態のエアギャップを 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、左と右の吸引力定数をそれぞれ f_{ml}, f_{mr} 、左と右の VCM の駆動力をそれぞれ f_{al}, f_{ar} とし振動体の外乱を f_d とする。

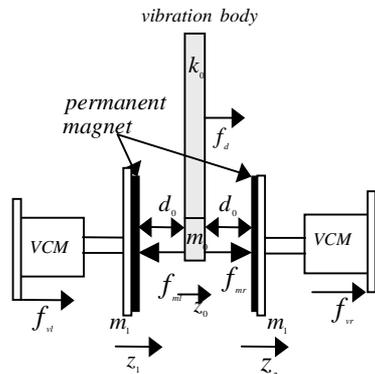


Fig.4 Modeling of System

5 運動方程式

左右の吸引力はそれぞれ式(1)(2)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それぞれ、

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

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

4 シミュレーション

本実験を行う前にモデル化した運動方程式とブロック線図を元に、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。振動体の振動は、初期変位 3mm を与えた自由振動と、周期的な力が発生するように Sin 波を使い、5Hz の強制振動でシミュレーションを行った。自由振動の、振動抑制を行わなかった場合と振動抑制を行った場合のシミュレーション結果を各々 Fig.5, Fig.6 に示す。グラフは横軸が時間(sec)、縦軸が変位(mm) である。このグラフからわかるように、振動抑制を行った場合の振動体の振動が収束する時間は、振動抑制を行わな

かった場合の時間を比べると短く、素早く振動を抑制している。

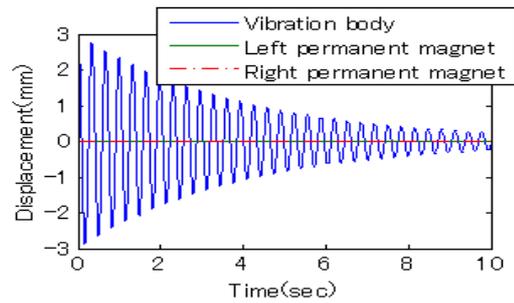


Fig.5 No vibration control

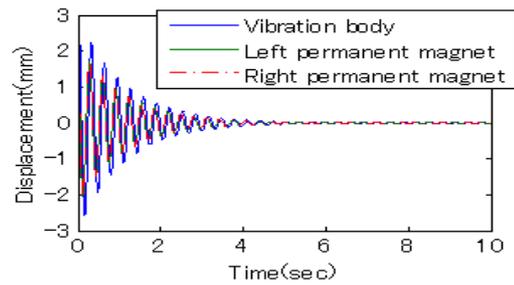


Fig.6 Vibration control

強制振動の振動抑制を行わなかった場合と振動抑制を行った場合のシミュレーション結果をそれぞれ Fig.7, Fig.8 に示す。振動抑制がない場合と振動抑制がある場合の結果を比較すると、振動体の周期に変化はなく、振幅もほぼ同じであり、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。

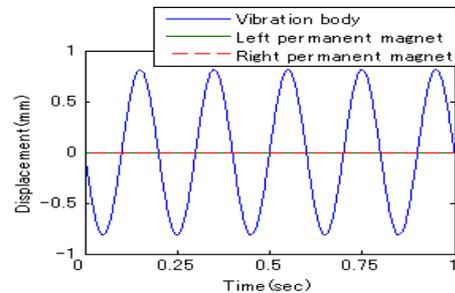


Fig.7 No vibration control of forced oscillation

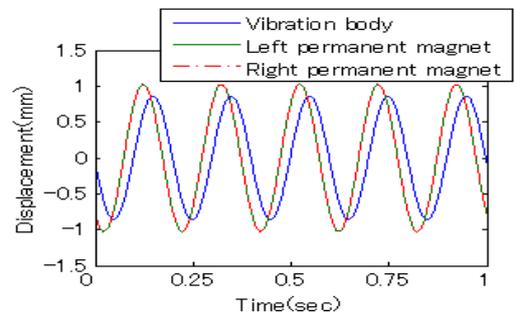


Fig.8 Vibration control of forced oscillation

5 結言

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