

# 連続的な振動系の粘性変化による学生の物理量概念把握への影響

三重大学工学部工学研究科技術部

澤井秀樹

sawai@ss.mach.mie-u.ac.jp

## 1. 学生実験におけるの力学的概念の把握

機械振動学で扱う簡単な線形振動系の運動方程式では一般的に3つの項に分け“慣性項、粘性項、復元力項”で成り立っている。しかし、多くの『学生実験』受講生の理解は、その3つの項が、変位の“2回微分項、1回微分項、比例項”という数学的な理解に留まっているようである。

したがって、3年で行っている学生実験（機械工学実験）に於いて、学生たちの物理量概念の把握を最も重要な課題として加える事にした。

なかでも粘性（粘性減衰力）は認識する機会も少なく、把握する事が難しいので以下のような“装置と教え方”を試みている。

## 2. 実験装置の概要

提案した実験装置を図 1 に示す。

本学生実験では、デン・ハルトックの動吸振器理論に沿って吸振器の受動要素パラメータを変化させ制振効果の変化を調べている。したがって、粘性減衰の制御に関する要素以外のものが多く含まれているが、都合により本報告ではその他のものは簡略化する。

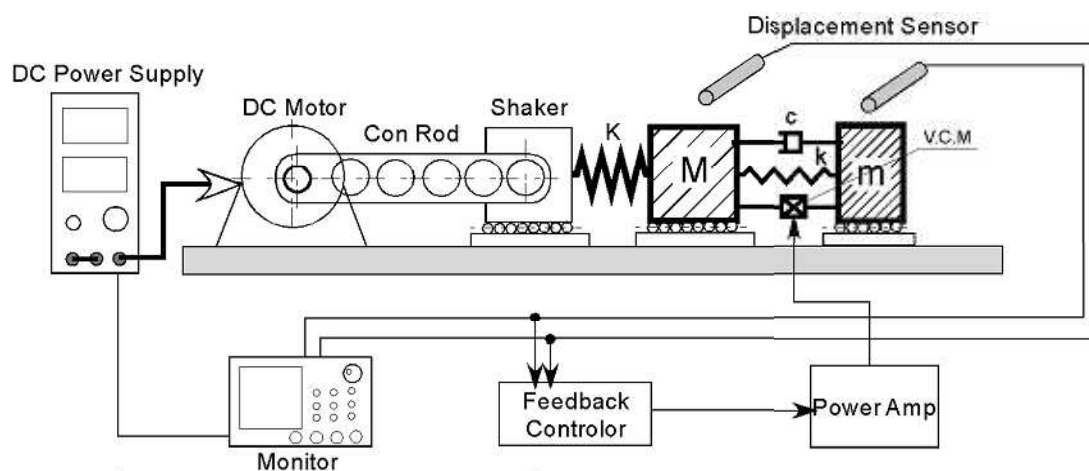


図 1. 2自由度機械振動系とそのフィードバック制御系

同図のように主質量（ $M$  . 1.5N）と負荷質量（ $m$  . 0.5）はばね（ $k$ ）で伝達されている。

そのばねと並列な位置にボイスコイルモータ（VCM）を用いてあり、それ自体が常に大きな粘性減衰を与える受動要素である。

## 3. 動吸振器のPDフィードバック制御と計測

前述の粘性要素としてのVCMをアクチュエーターとするフィードバック制御系を構成し、機械系に生じる粘性減衰の大きさを連続的に変化できるものとした。

二つの質量につけた渦電流式変位センサーは、それぞれの変位をモニターするとともに、両センサー出力の差を採りPDフィードバック制御回路に入力する。

P 制御による制御力はばね復元力になり、機械ばね  $k$  と並列に作用するのでそのゲインの調整により動吸振器の固有振動数の精確なチューニングが可能になり、デン・ハルトックの最適設計へのチューニングも短時間で行えるようにした。

D 制御回路も可変ゲインであると共に、出力が反転できるため、振動系から見ると負の減衰制御を与える事も出来る。

このことは無減衰に近い振動系が安定して供給できるようになり、学ぼうとする学生たちにとっては多自由度振動系の理解に役立ったようである。

また、これにより幾つかの粘性の大きさの違いによる減衰特性の変化も観ることが出来るようになった。

なお、ここで用いた VCM を図 2 に示す。

上下対称位置に 2 枚の板状のネオジウム磁石を配し、両方の磁石は共に中央の磁路を通して循環する形式である。

また、ボビンが無いコイルを試作し、無駄なエアギャップの減少と可動部の軽量化・空冷による冷却効果のなどお改善した。

このアクチュエータの能力は  $3\text{N/A}$  である。



図 2 ボイスコイルモータ

#### 4. 過渡応答特性の計測方法の変更

過渡応答を求める際、従来は機械系に与える初期外力は、VCM を含むオープンループを用いてステップ外力を与えていたが、この方法から、学生が直接小さなハンマーで軽い打撃を与え方法様に変更した。

前者は再現性のよさから採用していた精確な方法であったが、後者の方に変更した事で学生たちは粘性の変化を直感的に捉えることが出来るようになった。研究の場合の精確で再現性がある試験方法であっても、学生実験に適しているとは限らない。

なお、直感的に粘性減衰力を捉えることができた学生たちのからは「減衰力を上げると、打撃が重くなり粘性の意味が分かった気がする」「速度に比例した力を制御していると粘っこくなる事が・・・」などの所感が届いている。