機械システムの特性や性能を評価する方法の一つに, 時間的に応答が速い"動特性"がある. 今回は, 振動現象のモデル化と数学的取り扱い方法, 振動の計測方法, 機械構造の振動挙動, FFTアナライザを用いた振動解析方法の内容を理解し, 加えてこれらの内容から動特性を理解することを目的とする.

\section{圧電素子式の加速度センサの特性}

\subsection{目的}

圧電素子式の加速度センサに与えた振動(入力)と得られた信号(出力)の関係を明らかにする.

\subsection{実験装置、計測機器および解析装置}

画像

\subsection{実験の手順}

1. あらかじめ振動ヘッドに加速度センサが取り付けられてある加振器から振動を与えた.
2. 剛体に直接取り付けられている加速度センサからの出力信号を増幅器で増幅し, オシロスコープのCH2に入力し, 波形を観察した. この時, 時間軸スケールは0.125s, 電圧軸スケールは0.04472Vとした.
3. 加振器の周波数を20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz, 100Hzに変化させ, 1. 2.の操作をそれぞれ行った.

\subsection{結果}

画像

\subsection{考察}

\subsubsection{入力信号[力]の周波数が変化すると、出力信号[電圧]にはどのような関係や特徴があったのか? }

20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz, 100Hzと入力信号の周波数を変化させ, 出力信号の代償を比較すると, 20Hz < 40Hz > 60Hz > 80Hz > 100Hz となった. 40Hz までは周波数の上昇とともに電圧も上昇したが, その後は電圧が下がる一方となった. この現象は, 加振器自体に応答性があるため, 高い周波数では入力信号通りに上下振動せず, 減衰するためである.

\subsubsection{この圧電素子の与えられた力と発生する電圧の変換係数はいくらと判定できるか? }

ヒント: ただし、加速度センサ内の質量mは1.5(g)とし、加振器の振幅は、振動部に取り付けた鉛筆の動きを紙に転写して、大体の大きさ2hを求めてください。

圧電素子の与えられた最大の力は以下のように表される.

F=-mhω^2sin(ωt)

m=1.5×10^-3[kg] f=20Hzでの方振幅h=2.5×10^-4[m]として代入すると,

|F|=1.5×10^-3×2.5×10^-4×125.66^2=0.005921...≒5.92×10^-3 [N]

となる.

また変換係数Gは

G＝15.52×10^-3/(5.921×10^-3)=2.621...≒2.62 [V/N]

となった.

\section{1自由度の強制振動系の挙動 }

\subsection{目的}

1自由度のばね-質量系の振動を計測し, 共振周波数からばね係数を推定する. さらに, 静的荷重による変形から求めたばね係数との比較・考察をする.

\subsection{実験装置、計測機器および解析装置}

画像

\subsection{実験の手順}

加速度センサからの出力信号を増幅器で増幅し, オシロスコープで観察できるように

1. あらかじめ振動ヘッドに加速度センサ付1自由度のばね-質量系が取り付けられてある加振器から振動を与えた.
2. 加速度センサからの出力信号を増幅器で増幅し, オシロスコープのCH2に入力し, 波形を観察した. この時, 時間軸スケールは0.125s, 電圧軸スケールは0.1414Vとした.
3. 加振器の周波数を20Hz, 40Hz, 60Hz, 80Hz, 100Hzに変化させ, 1. 2.の操作をそれぞれ行った.

\subsection{結果}

画像

\subsection{考察}

\subsubsection{このばね振動系の質量は何g であったか(装置に書いてある)?}

今回用いたばね振動系の質量は84.3[g]であった.

\subsubsection{得られた共振周波数からばね係数はいくらと推定できるか? }

1自由度の強制振動系の振動挙動の観察で得られた振幅(出力)を圧電素子式の加速度センサの特性の実験で得られた振幅(入力)で割った伝達関数をそれぞれの周波数ごとに求めたところ, 60Hzで最大となったため, 共振周波数は60Hzであると推測した.

ばね定数kは

k=m(2πf)^2

であるから, これにm=0.0843, f=60を代入すると,

k=0.0843×(2π×60)^2=1.1968...×10^4

以上よりばね定数kは　1.20×10^4[N/m] と推定できる.

\subsubsection{静的な荷重から求めたばね係数と共振周波数から推定したばね係数がどれくらい違いがあり、その理由はどのようなことが考えられるか? }\noindent

ヒント1: もちろん測定の誤差もありますが、ばね自体の質量を考慮した１自由度の振動系を考えることも必要ですね。\\\*

ヒント2: 静的なばね定数の測定実験による結果をグラフにすると特性が非線形であることがわかります。実際の振動現象が原点付近の0.25mm程度の範囲で起こっていることを考えると静的なばね定数をいくらとすべきであるか?

静的なばね定数の測定実験による結果をグラフにすると特性が非線形となることがわかるが, 実際の振動は0.25mm付近で起こっていることを考慮すると, 変位が0.25mmの時, 荷重が295gである線形なグラフに近似できる. よって, 静的なばね定数kは

k=F/x=0.295×9.8/(2.5×10^-4)=1.1564...×10^4≒1.16×10^4 [N/m]

となる.

加振器での実験から求めたばね定数はk=1.20×10^4であり, 誤差を求めると-3.4%となっている事から, 60Hzを共振周波数とした仮定が正しかったと思われる. 誤差を生んだ要因としては, 静的なばね定数の測定実験による結果を読みとる際の読み取り誤差が考えられる.

\subsubsection{<実験データA>は各周波数での加振器の振動、<実験データB>は各周波数での機械振動系の振動であり、これらを比較して、どのような事が言えるか?}

実験データBによって得られた波形の方が実験データAによって得られる波形よりも周期が長く, 振幅差もはっきりしているため, 読み取る際の信頼性は実験データBの方が高いと考えられる. \section{1自由度振動系のインパルス応答のFFT 解析}

\subsection{目的}

これまでの実験で用いた1自由度の振動機械系にインパルス入力を与えて, この時の挙動を加速度センサで検出し, FFTアナライザで解析し, パワースペクトルや周波数応答関数の意味を理解する.

\subsection{実験装置、計測機器および解析装置}

画像

\subsection{実験の手順}

1. 加速度センサ付1自由度振動系をバイスにしっかりと挟んで固定した.
2. 機械振動系に取り付けた加速度センサの信号をアンプで増幅し, FFTアナライザのCH2に入れた.
3. インパクトハンマーからの信号をアンプで増幅し, FFTアナライザのCH1に入れた.
4. FFTアナライザの画面に, 上部にはインパクトハンマーからの信号の時間軸応答波形, 下部には振動系の加速度センサーからの時間軸応答波形が表示されるようにした. この時, CH1の縦軸を0.04472V, CH2の縦軸を1.414Vに設定した. また, 時間軸は1KHzにセットした.
5. [MAIN]>[INPUT]>[TRIGGER]>[TRIGGER VIEW]を選択し, [POSITION]ボタンを押して-1028と入力した. さらに[LEVEL]を押し, 1と入力した.
6. 綺麗なインパルス入力信号と機械振動波形が得られるまで操作を繰り返し波形を保存した.
7. 画面の上にインパクトハンマーから得られた信号Gxのパワースペクトル(横軸:周波数, 縦軸:強度), 下に1自由度振動系に取り付けた加速度センサからの信号Gyのパワースペクトルが表示されるようにし, 波形を保存した.
8. 伝達関数 H=Gy/Gx(周波数領域における入出力比)のグラフが表示し保存した.

\subsection{結果}

\begin{itemize}

\item インパクトハンマーの信号と振動系の加速度センサー信号の時間軸波形(データ011.bmp)

\item インパクトハンマーから得られた信号Gxのパワースペクトルと1自由度振動系に取りつけた加速度センサからの信号Gyのパワースペクトル(データ　013.bmp)

\item 伝達関数H = Gy/Gxの周波数応答スペクトル(周波数領域における入出力比)のグラフ(データ　015.bmp)

\item (これらのデータをUSBメモリに記録し、WORDなどで編集し、データの内容を説明し、PDF1ページで提出すること)

\end{itemize}

\subsection{考察}

1. 横軸は周波数, 縦軸はインパクトハンマーからの入力を電圧に変換した値を表している.
2. コンプライアンスの逆数は動剛性であり、周波数領域において、どの程度の剛性なのかを意味します。つまりどこの周波数で機械系が硬くなるかです。実験では加速度センサの信号を入力しているので、厳密な意味では正しくありませんが、sinの2回積分はやはりsinであり、係数だけが異なるので、加速度信号を利用しています。

コンプライアンスの逆数は力/変位と表され, 周波数領域において, どの程度の剛性なのかを意味する.

1. 図29のグラフでは瞬間的に波形が上下している事から, インパルスハンマーによってインパルス入力しているのがわかる. 図30のグラフからは, 56.250Hzがピークであり共振点となっていることがわかる.図31では伝達関数の周波数応答スペクトルが60Hzにおいて最も大きくなっている事から, 60Hzがこのばねの共振周波数であることがわかる. また, ピーク前では傾きが急なのに対し, ピーク後は比較的なだらかになっている. これは動特性によるものと思われる.

(4)前の実験では60Hzが共振周波数であると推察され, インパクトハンマーによる実験でも60Hzが共振周波数であると推察されるため, 今回用いたばねの共振周波数は60Hzであると結論づけられた. また, 前の実験では周波数を加振器コントローラによって調節してしらみつぶしにしていかなければならなかったが, 今回の実験では, インパルス入力を加えることで, 動特性を利用し, より容易に共振周波数を求めることに成功した.

\subsubsection{この圧電素子の与えられた力と発生する電圧の変換係数はいくらと判定できるか? }

ヒント: ただし、加速度センサ内の質量mは1.5(g)とし、加振器の振幅は、振動部に取り付けた鉛筆の動きを紙に転写して、大体の大きさ2hを求めてくだ