

地域貢献を目的とした振動実験装置の開発

樋上 磨

釧路工業高等専門学校 教育研究支援センター 建設・生産グループ

1. はじめに

筆者が所属する釧路高専機械力学研究室では、地域貢献事業として出前授業や公開講座などを行っている。振動実験によく用いられる加振機は大型なものが多く、また高額であり外部に持ち出すには適していない。そこで、持ち運びに便利でかつ安価な加振機を製作し、振動実験モデルの開発をすることとした。

2. 実験装置

実験装置概略を図1に、構成を図2に示す。ファンクションジェネレータ①で矩形パルスが発生させ、モータドライバ②に送りステッピングモータを回転させる。ステッピングモータの回転運動は今回新たに製作したクランク機構③によって並進運動へと変換され調波振動波形を発生し、加振対象を振動させる。図3にクランク機構の詳細を示す。クランク機構は、モータ軸と同心円上に接続されたカップリング a と返信カップリング b、連結ピン c、リンクアーム d、加振アーム e から構成されている。

加振に当たっては加振アームで対象物を振幅 1mm で加振させる。また、振動モードの伏で加振するとモードが現れないためモードの腹を加振する。

ステッピングモータはハーフステップモードを使用し、ステップ角 0.9° で回転させる。最大加振周波数は 65Hz で、これ以上周波数を上げるとリンクアームが共振することで負荷トルクが発生しモータが脱調する。

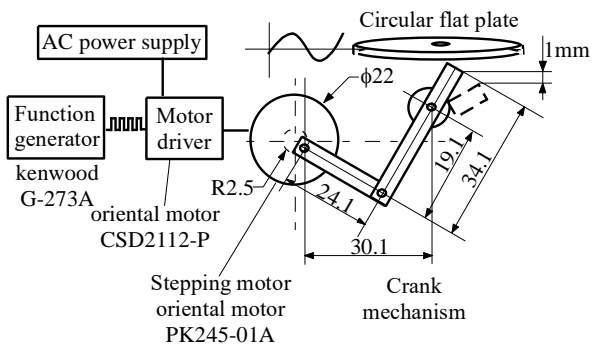


図1 加振装置概要

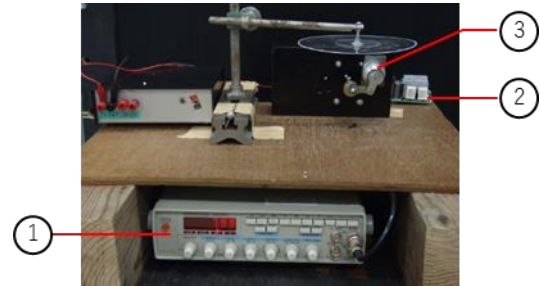


図2 加振実験構成

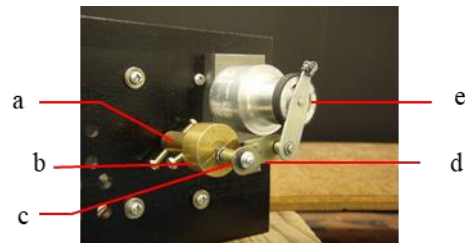


図3 クランク機構

4. 振動モデル

製作した加振機を用いて振動観察実験を行うモデルの選定を行った。振動現象がわかりやすく、また興味が持てる振動として、2自由度系モデル、はりモデル、長方形平板モデルを選定した。

4.1 2自由度系モデル

一般に振動モデルは1自由度系で代表とすることができる。1自由度の m 、 c 、 k モデルにおいて振動現象の一般的な説明は可能である。しかし、一般的な機械構造は複数のパーツから構成されているので多自由度系である。2自由度系振動モデルは多自由度系のもっとも単純な振動系であるため、理論展開や振動模型製作が容易である。

図4に製作した2自由度系モデルを示す。質点として2個のスーパーボール、2つの引張コイルバネ、軸(糸)、メスシリンダで構成されている。2自由度系を垂直方向のみに振動させるため軸を通し、横ブレを軽減させている。



図4 2自由度系振動モデル

$$f_i = \alpha_i \frac{t}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{E}{(1-\nu^2)\rho}} \quad \dots (2)$$

表2 長方形平板の固有振動数 ($\alpha=2$)

	計算値[Hz]	実験値[Hz]	誤差[%]
1st	2.71	3.17	16.9
2nd	11.7	12.4	5.9
3rd	16.8	18.9	11.9
4th	39.4	37.9	3.83

4.2 はりモデル

連続体であるはりの固有振動モード観察の様子を図5、表1に示す。はりの材質は加振機の最大加振周波数65Hz以下で3次の振動モードが観察できるよう塩化ビニール製とした。式(1)は針の固有振動数を求める理論式である。支持条件は片持ちとした。

$$f_i = \frac{\lambda_i^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad \dots (1)$$

表1 はりの固有振動数

	計算値[Hz]	実験値[Hz]	誤差[%]
1st	4.66	5.25	12.7
2nd	29.2	30.3	3.73
3rd	46.3	47.3	1.94

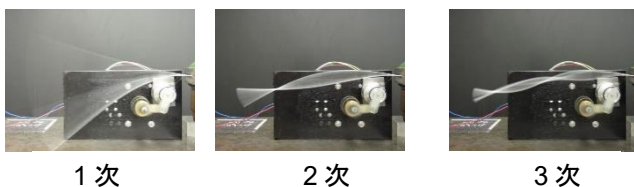


図5 はりの振動モード

はりの振動実験結果であるが自由たわみがあるもののモードの形がよく確認できた。固有振動数の誤差は1次では大きくなった。

4.3 長方形平板モデル

平板ははりの振動モードのほかに長手と直交方向にも振動モードが現れる。平板の振動モード実験結果を図6、表2に示す。式(2)は平板の固有振動数を求める理論式である。 α_i は平板のアスペクト比($\alpha=a/b$)とモードにより異なる係数である。今回は $\alpha=2$ の平板を対象とした。支持条件ははりと同様に片持ちとした。材質もはりと同様である。

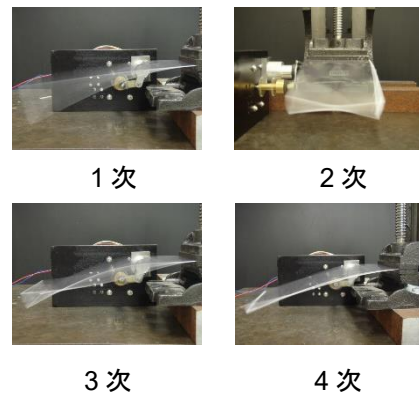


図6 長方形平板の振動モード

実験結果から、2次と4次のモードは長手方向と直交方向にも節が現れるねじれモードであり、振動モードがよく確認できた。ねじれモードでは固有振動数の誤差が比較的小さかったが、1次と3次のモードでは誤差が大きくなった。

5. さいごに

出前授業や公開講座で使用するため持ち運びに適した加振機の製作を行った。今回開発した実験テーマは2自由度系振動モデル、はりモデル、平板モデルであるが2自由度モデルは2次振動モードが観察できなかったため改良が必要である。はりモデル・平板モデルでは固有振動数は理論値と若干の誤差はあるが振動モードがよく現れた。今後は今回製作した加振機を用いて円板や三角形平板などの平板でクラドニ図形の観察ができる実験装置を開発していく予定である。参考までに本研究室で実験を行ったクラドニ図形観察実験を図7に示す。



図7 正三角形、正方形のクラドニ図形