

自走式アクチュエータによる吊構造物の極低域振動制御に関する実験的研究

EXPERIMENTAL STUDY OF VIBRATION CONTROL FOR THE SUSPENDED STRUCTURE WITH LOWER NATURAL FREQUENCIES BY THE SELF-MOVING ACTUATOR

岡林隆敏*, 高木真一郎**, 山森和博***, 下田郁夫****

Takatoshi Okabayashi, Shinichiro Takagi, Kazuhiro Yamamori and Ikuo Shimoda

*工博 長崎大学助教授 工学部社会開発工学科 (〒852 長崎市文教町1番14号)

**長崎大学大学院 工学研究科社会開発工学専攻 (〒852 長崎市文教町1番14号)

***長崎大学大学院 工学研究科社会開発工学専攻 (〒852 長崎市文教町1番14号)

****工博 オイレス工業(株) 技術第2部 (〒252 藤沢市桐原町8番)

In the case of vibration control of the suspended structure with lower natural frequencies, it is difficult to generate the control force by the usual actuator. Therefore, we designed the self-moving actuator capable of controlling lower frequencies which moves toward the vibration of the suspended structure.

The purpose of this paper is to develop the lower vibration control system for the suspended structure and to verify system by experiment. We made a model of suspended structure and designed the controller. By the experiment using this system, we confirmed effectiveness of the active vibration control of the suspended structure with lower natural frequencies.

Key Words: suspended structure, vibration, active vibration control, experiment, actuator

1. はじめに

土木構造物では吊橋や斜張橋などまた、建築構造物などの吊構造物は、剛性が極めて低いために、1Hz以下の極低域の振動が発生する。とくに、吊橋や斜張橋に地震外力や風、交通荷重が作用した場合、橋梁全体が橋軸方向に振動する遊動円木振動¹⁾と呼ばれる極低域の振動が発生することが知られている。このような低域の振動制御を、動吸振器(TMD)やアクティブマスを用いたアクティブTMD制御により実施する場合、困難な問題が生じる。このような方法で構造物の低域の振動を制御することを考えると、質量体の移動による慣性力で制御力を発生させるために、質量体の加速度が小さいので、質量体の質量を大きくすることにより慣性力を大きくしなければならない。他方、アクティブ制御の場合は、駆動質量の加速度を大きくする方法が考えられるが、制御対象の振動数が低い場合、駆動質量を比較的に長い距離を移動させる必要がある²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾。しかし、電動機・機械機構や油圧機構により質量体を駆動する従来のアクチュエータ⁶⁾⁷⁾では、質量体の移動距離を長くし、さらに質量体を加速することは限界がある。そこで、低域振動制御の

ための制御力を発生させるアクチュエータの製作は多くの問題を持っている。

本論文は、極低域振動を制御する自走式のアクチュエータを提案し、模型実験によりその有効性を検証したものである。さらに、この模型実験装置の振動制御用教材としての有効性を提案した。

本研究では、駆動質量体による慣性力を効果的に発生させるために、駆動質量体の移動距離を長くして、駆動質量体を高速で自走させ、この時発生した慣性力の反力を制御力として利用するアクチュエータを考えた。このようなアクチュエータをここでは、自走式アクチュエータと称している。このようなアクチュエータは自走するために、従来のアクチュエータと比べて、質量体の移動距離を長くすることができる特徴を持っている。制御対象としての吊構造物として、アクリル製の板をワイヤーで吊った吊形式の構造物模型を製作した。本論文では、これらの装置に基づいて、制御システムを構成し、自走式アクチュエータによる、極低域振動の振動制御の有効性を実験的に検証した。さらに、振動制御模型システムは、安価に作製できるため、振動制御のための教材として有効に活用できることを示した。

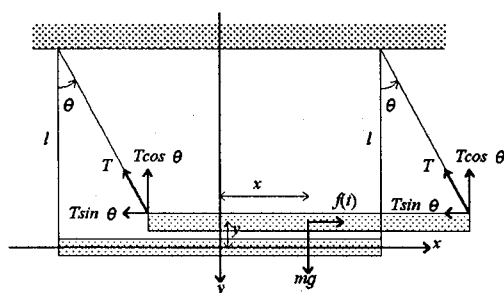


図-1 吊構造物のモデル化

2. 吊構造物のモデル化

図-1に吊構造物の模型の概要を示した。構造物を吊るためのワイヤーの長さが l で、質量 m の吊構造物が支持構造により鉛直に吊られている。この時、吊構造物の中心から水平方向に x 軸を、鉛直下方向に y 軸をとり、原点を吊構造物の中心にとる。この吊構造物が静止時からの振れ角を θ とすると、 θ だけ移動している状態を考える。この時のケーブルの張力を T 、重力加速度を g とする。 x 軸方向の変位を x 、 y 軸方向の変位を y とすると、それぞれの変位は次のようになる。

$$x = l \sin \theta, \quad y = -l + l \cos \theta \quad (1)$$

次に、物体の重心の x 軸方向に働く力と y 軸方向に働く力を F_x 、 F_y とすると、

$$F_x = -2T \sin \theta + u(t) + f(t), \quad F_y = mg - 2T \cos \theta \quad (2)$$

となる。ここに $f(t)$ と $u(t)$ はそれぞれ、 x 軸方向に作用する外力と制御力である。これらの関係より x 、 y 方向の運動方程式は

$$m\ddot{x} = -2T \sin \theta + u(t) + f(t) \quad (3)$$

$$m\ddot{y} = mg - 2T \cos \theta \quad (4)$$

となる。 y 軸方向の加速度は微小であるために、 $mg - 2T \cos \theta = 0$ と仮定すると

$$2T = mg / \cos \theta \quad (5)$$

となる。ここで、 θ が小さい場合には $\tan \theta \approx x/l$ と近似できる。 $k = mg/l$ として、さらに減衰力を考慮すると x 軸方向の運動方程式は、

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = u(t) + f(t) \quad (6)$$

となり、これは1自由度系の方程式となる。ここに、 c 、 k は減衰係数、バネ定数である。この系の固有円振動数は $\omega^2 = g/l$ で与えられるので、この吊構造物の固有振動数 f は次式となる。

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \quad (7)$$

3. 吊構造模型の設計と振動特性

3.1 吊構造模型の設計

本研究で、自走式アクチュエータによる低域振動制御の有効性を調べるために、制御対象として、写真-1のような吊構造模型を製作した。この吊構造模型の寸法を図-2に示した。この吊構造模型はアクリルの板を橋体、ワ

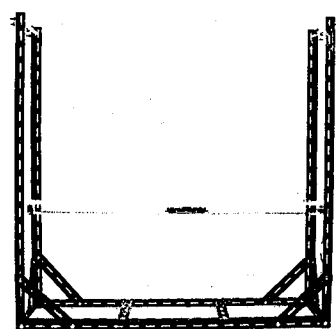


写真-1 吊構造模型

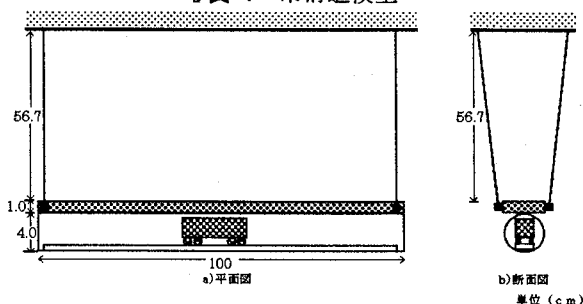


図-2 吊構造模型の全体図

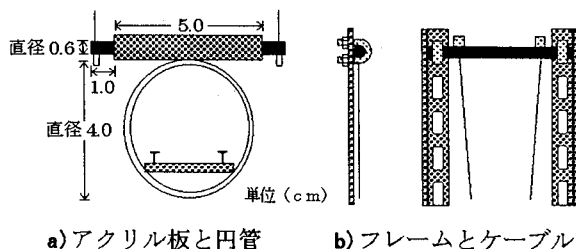


図-3 吊構造模型の詳細図

イヤーをケーブルと考え、アクリルの板の下にアクチュエータを移動させるための円筒形のアクリルを取り付けた構造になっている。模型はフレームから計4本のワイヤーで吊り下げられている。円筒形のアクリルの中にはアクチュエータを移動させるためのレールを固定させ、その両端にはアクチュエータが落下しないようにストッパーを付けた。アクリルの板とワイヤーの接合部は、図-3のa)のように減衰を少なくするように固定した。ここで、本研究では低域振動制御を目的とするため、吊構造模型が1.0Hz以下の低い振動数で振動するようにワイヤーの長さを調節した。また、吊構造模型を振動させた時、ねじれ振動が生じないように構造になるように工夫した。この吊構造模型の質量は0.965kgである。

製作した吊構造模型を吊るための鋼製のフレームは長さ100cm、高さ100cm、幅25cmの構造になっている。このフレームとワイヤーの接合部を図-3のb)に示す。この時、吊構造模型に橋軸方向以外の振動を発生しにくくするためにワイヤーを斜めに張っている。

3.2 振動特性

製作した吊構造模型の振動特性を調べるために自由振動試験を行った。すなわち、吊構造模型に小型の加速度

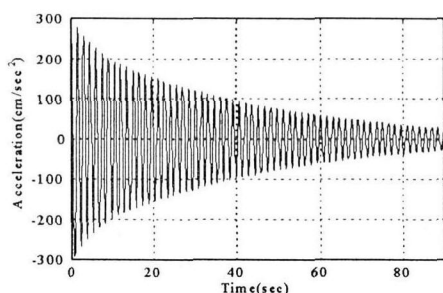


図-4 自由振動による加速度応答

表-1 吊構造物の振動特性

固有振動数 (Hz)	0.666
減衰定数 h	0.006

計を設置し、自由振動させる方法である。吊構造模型から得られた出力電圧を測定し、単位入力電圧あたりの加速度を算出する。それに非線形最小二乗法による曲線適合させ、固有振動数と減衰定数を求める。図-4に自由振動による吊構造物の加速度の波形を示す。また、試験結果を表-1に示す。また、(7)式より求めた吊構造模型の固有振動数は、ワイヤーの長さを $l=0.567(\text{m})$ とすると、 $f=0.6617(\text{Hz})$ となり、実験値と良い一致を示している。

4. 自走式アクチュエータの構造と動特性

4.1 自走式アクチュエータ

斜張橋や吊橋などの吊構造物に生じる振動は極低周波振動であるため、AMD(Active Mass Damper)制御システムなどのアクチュエータでは十分な制御力を発生することが困難である。そこで、構造物の下面に自走式で重量のある走行体を移動させ、そのストロークを数 10～100cm と長くすることにより低周波数の制御力を発生させ、吊構造物の低域振動制御を行うことを考えた。実際の場合、自走式アクチュエータの構造としては、電気や空気エネルギーなどの外部から移動するためのエネルギーを供給する場合とガソリンエンジンや蓄電池などの蓄えたエネルギーで移動する場合が考えられる。

本研究では、自走式アクチュエータとして鉄道模型の機関車を採用した。このアクチュエータを写真-2、図-5に示す。このアクチュエータは、外部からのエネルギーとしてレールに電流を供給し、車輪を通してモーターを駆動させ移動するものである。モーターは(株)TOMY製の鉄道模型用モーターで M-5(3極)を使用している。模型機関車の質量は 0.07382kg である。

4.2 振動特性

アクチュエータの振動特性を調べるために掃引試験を行った。

(1) 試験方法

試験は、次の手順で行う。

- ①アクチュエータに小型の加速度計を設置する。

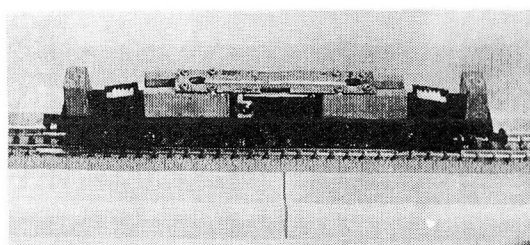


写真-2 自走式アクチュエータ

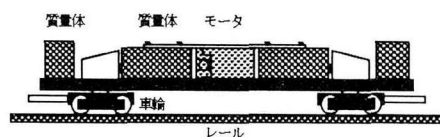


図-5 自走式アクチュエータの構造

- ②発振器の出力を一定に保ち、正弦波信号を各周波数ごとにアクチュエータに入力する。この際、試験周波数は 0.1Hz 刻みで 0.1Hz から 1.0Hz まで行った。
- ③各周波数ごとに対して得られるアクチュエータに設置した加速度計の出力電圧を測定する。
- ④単位入力電圧あたりの出力電圧を求め、さらに単位電圧あたりの加速度を算出し、グラフ上にプロットする。
- ⑤非線形最小二乗法による曲線適合で振幅特性と位相特性を求める。

(2) データの処理について

測定データの最小二乗法による曲線適合は、(8)式を用いて、MATLAB (サイバネット (株))⁹⁾¹⁰⁾ 中の関数である非線形最小二乗法により行う。

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n \left\{ A \sin(\omega t_i + \varphi) - D_i \right\}^2 \quad (8)$$

ここで、 A :振幅、 ω :固有円振動数、 φ :位相差、 D_i :測定データ、 n :データ数である。

計算方法は、測定データを適当な範囲で切り出し、その範囲内で加速度の一般解と測定データとの差の二乗の総和 ε を最小にするように、推定値(A, ω, φ)を変化させて繰り返し計算する。

4.3 試験結果

図-6に得られたアクチュエータの周波数特性を示す。a)が制御力、b)が位相特性である。図-6の a), b)は、横軸は共に周波数を表し、縦軸は、制御力の場合は単位入力電圧に対する力を表しており、位相特性は rad で示した。入力電圧を一定とした本掃引実験では、0.1(Hz)の場合において、アクチュエータの移動量がレールの長さを超えたため、計測不可能であった。制御力に関しては、設定周波数が高くなるにつれ、ほぼ直線的に増加している。位相特性に関しては、入力電圧に対し、アクチュエータの応答加速度は約 1.0(Hz)付近で約 πrad (180°) の位相遅れが生じている。

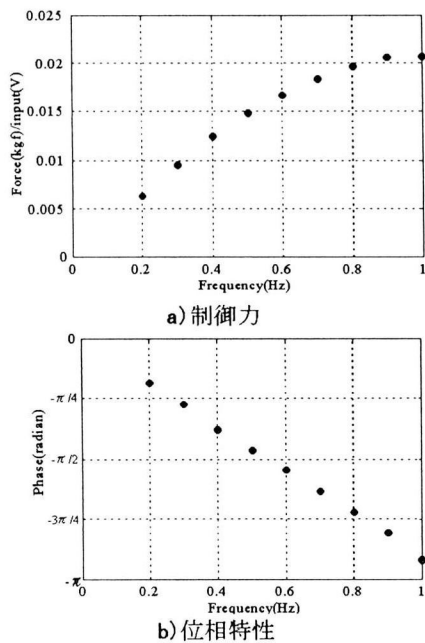


図-6 アクチュエータの周波数特性

このアクチュエータの振動特性を調べた結果、次のことが確認できた。

- ① 入力電圧を一定とした本掃引実験では、0.1(Hz)の場合において、アクチュエータの移動量がレールの長さを超えたため、アクチュエータの使用範囲は0.1(Hz)以上とする。
- ② 入力される周波数に対して、制御力は一定とはならない。
- ③ このアクチュエータは、入力電圧に対して位相遅れが生じる。これはアクチュエータのモーターの構造上の影響である。位相遅れによって、1Hz以上の振動に対して、不安定になる可能性がある。

アクチュエータの特性は駆動用のモーターの特性に依存する。ここでは、サーボモーター^⑦を使用しないので、通常の鉄道模型用のモーターを使用したために、このような周波数特性になっている。性能の良いモーターを使用することにより、周波数特性を改善することは可能である。

5. 振動制御実験の概要

製作した吊構造模型の自走式アクチュエータによる低域振動制御の有効性を確認するために、自由振動と定常振動による振動制御実験を行った。制御則には、単純速度フィードバック制御を適用した。本実験の実験システムを写真-3に示し、システムの構成を図-7に示した。

①の加速度計は、速度フィードバックするための吊構造模型の振動状態を観測する観測点である。②の加速度計は、吊構造模型の振動状態を検出するための着目点である。

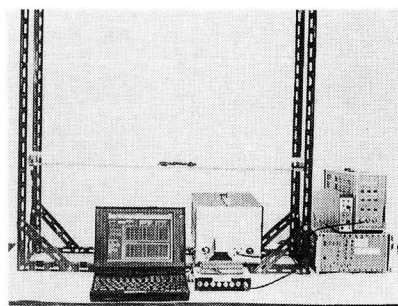


写真-3 実験システム

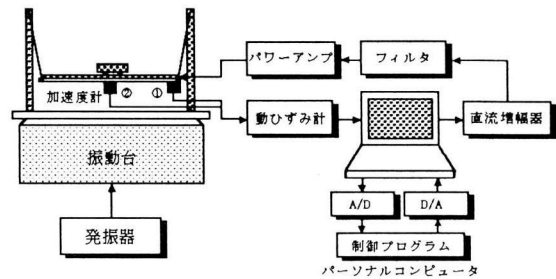


図-7 実験システムの構成

表-2 制御システムの構成

制御機器	型式
加速度計	AS-2GB ((株) 共和電業製)
動ひずみ計	MCC-6・8・16A ((株) 共和電業製)
AD/DA コンバータ	DAQCard-1200 (ナショナルインスツルメンツ製)
コンピュータ	ThinkPad 345D (IBM 製)
直流増幅器	DA-510B ((株) 共和電業製)
フィルタ	MS-521 (NF CORPORATION 製)
パワーアンプ	自作

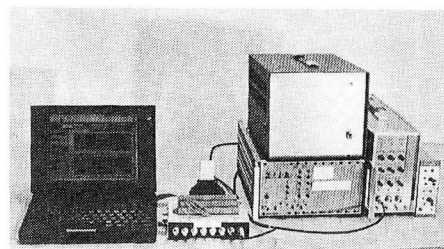


写真-4 制御器の構成

5.1 制御器のハードウェア

制御用コンピュータにはIBM製のThinkPad 345Dを用いている。これには入力信号をA/D変換するためのA/Dコンバータと出力信号をD/A変換するためのD/Aコンバータを搭載したPCMCIAカードであるDAQCard-1200(ナショナルインスツルメンツ社製)を組み込んでいる。また、動ひずみ計は入力信号を加速度相当の電圧に変換、フィルタは直流成分の除去、直流増幅器は制御力信号の増幅を行うものである。表-2に制御システムの構成を示す。

5.2 制御器のソフトウェア

制御力の計算や吊構造模型の振動状態を計測をするためのソフトウェアとしてナショナルインスツルメンツ社製の仮想計測装置ソフトウェアLabVIEW^⑪を用いた。

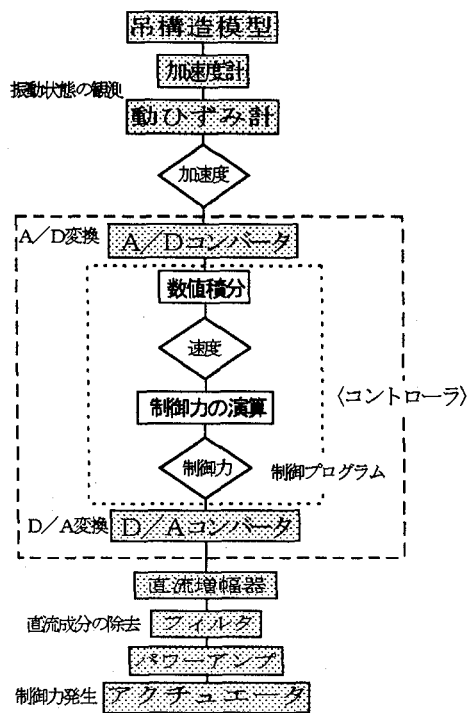


図-8 フィードバックシステム

このソフトウェアは、プログラムを簡単に組むことができ、データの計測と解析を同時に行うことができる。これらの制御器を写真-4に示す。

5.3 フィードバック方法

図-8にフィードバックの構成を示す。吊構造模型の①に設置した動ひずみ型加速度計より検出された加速度信号を動ひずみ計に取り込む。その入力信号をパーソナルコンピュータ内でA/D変換を行い、数値積分を行うことにより速度信号を算出し、その出力信号をD/A変換する。この出力信号を直流増幅器とフィルタ、パワーアンプを通してレールに伝達することで、アクチュエータのモーターが駆動し、制御力を発生させる。制御力は、数値積分により算出した速度に対して、直流増幅器のゲインを変化させることにより、単純に比例した負の力として、フィードバックさせた。

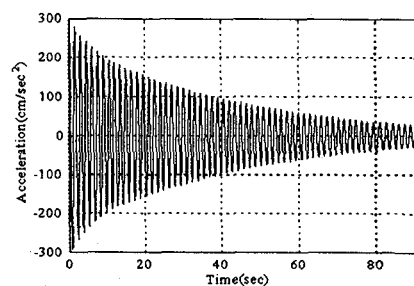
6. 振動制御の実験による有効性の検証

6.1 自由振動の制御

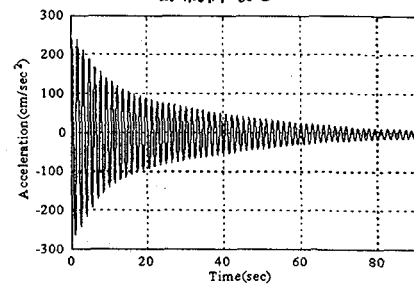
(1) 実験方法

実験は、次の手順で行った。

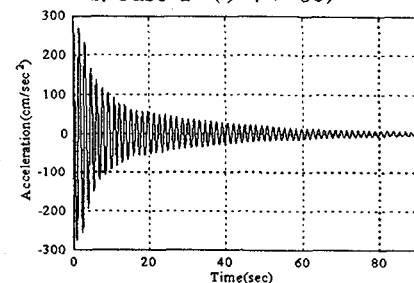
- ① 直流増幅器のゲインを50, 100, 200, 500のようにに設定する。
- ② 吊構造模型を所定の位置までゆっくり移動させ、切り放すことにより振動させる。同時に速度フィードバックを行い、振動制御を開始する。



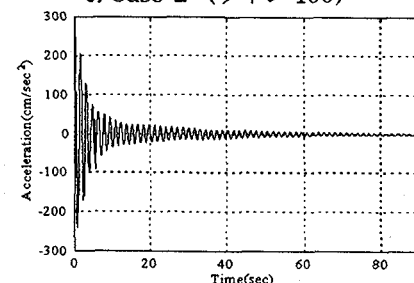
a) 制御なし



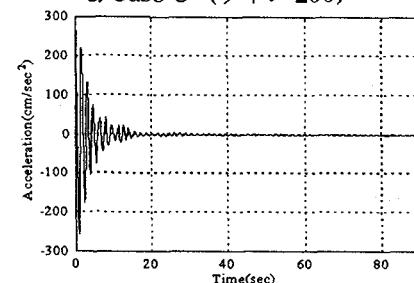
b) Case 1 (ゲイン 50)



c) Case 2 (ゲイン 100)



d) Case 3 (ゲイン 200)



e) Case 4 (ゲイン 500)

図-9 自由振動の制御

表-3 直流増幅器のフィードバックゲインと減衰定数

実験例	ゲイン	減衰定数
制御なし	0	0.0060
Case1	50	0.0160
Case2	100	0.0206
Case3	200	0.0618
Case4	500	0.0732

③振動波形より、着目点における各設定ゲインでの制御効果を比較検討する。

(2) 実験結果

振動実験から得た実験結果を図-9に示した。a)は制御なし、b)からe)は制御力のフィードバックゲインを増加させた場合のそれぞれの加速度応答である。Case1からCase4にかけて、ゲインを50,100,200,500と増加させた。この波形を見ると、ゲインの増加による制御力の強化に伴って、減衰が大きくなっている。表-3にそれぞれのゲインに対応する減衰定数を示した。この減衰定数は最小二乗法による曲線適合で求めたものである。これを見ると、ゲインの増加に伴って、減衰定数も増加している。しかし、Case4の場合のようにゲインがある値より大きくなると、減衰定数はあまり大きくならない。これは、アクチュエータの速度が速くなり、レールと車輪の間にスリップが生じるために、フィードバック電圧に比例した制御力が発生しないためであると考えられる。また、Case2やCase3に見られるように微小振動が制御できていない。これは、小さいフィードバック電圧にモーターが反応しないためであると考えられる。

以上の結果から、自由振動に対して、振動制御の効果が確認できた。

6.2 定常振動の制御

(1) 実験方法

実験は次の手順で行った。

- ①吊構造模型の固有振動数(0.666Hz)で振動台を正弦波振動させ、吊構造模型を定常加振させる。
- ②十分に定常状態になったところで直流増幅器のゲインを50,100,200および500のいずれかに設定し、振動制御を行う。
- ③振動波形より、着目点における各設定ゲインでの制御効果を比較検討する。

(2) 実験結果

振動制御実験から得た実験結果を図-10に示した。a)は制御なし、b)からe)は自由振動の場合と同様に制御力のゲインを増加させた場合のそれぞれの加速度応答である。この波形を見ると、ゲインの増加により振動振幅のレベルが低下していることがわかる。表-4はそれぞれの振幅レベルをパーセント表示したものである。これを見ると、ゲインが増加するにつれ、振幅レベルが低下し、特にCase4の場合は制御なしに比べると約80%の加速度の減少が見られる。しかし、Case4の場合のようにゲインがある値より大きくなると振幅レベルはあまり減少しない。これは自由振動の場合と同様に、レールと車輪の間にスリップが生じるため、フィードバック電圧に比例した制御力が発生しないためであると考えられる。

これらの結果より定常振動に対して、振動制御の効果が確認できた。

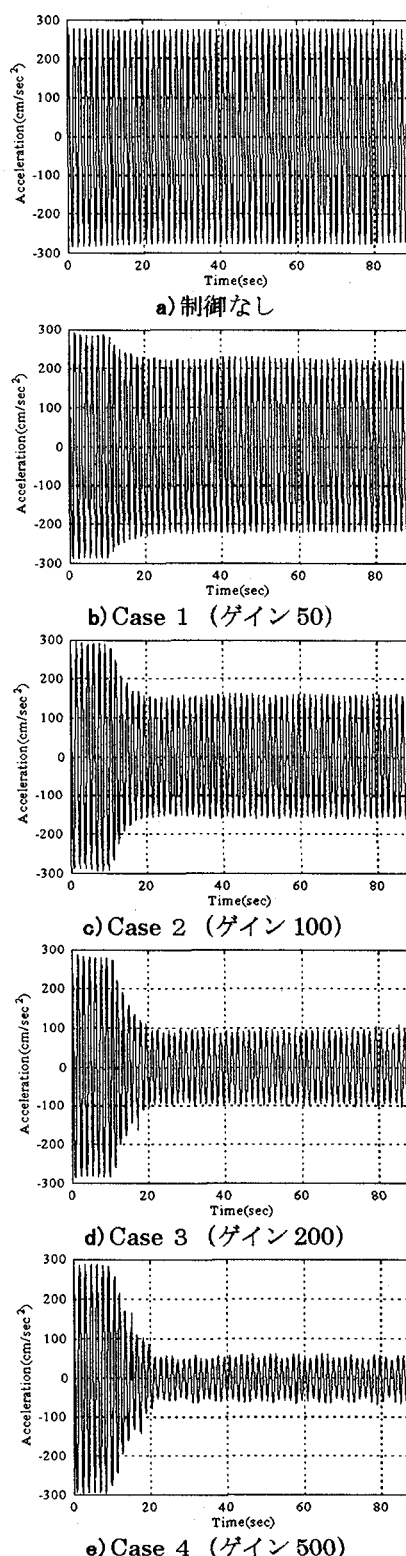


図-10 定常振動の制御

表-4 直流増幅器のフィードバックゲインと振幅レベル

実験例	ゲイン	レベル (%)
制御なし	0	100.00
Case1	50	77.27
Case2	100	54.20
Case3	200	37.17
Case4	500	22.16

7. シミュレーションによる振動制御の検証

7.1 フィードバックゲインのパラメータについて

通常、最適フィードバックゲイン K は、理論的に設定される。しかし、本研究の実験では、直流増幅器、動ひずみ増幅器、パワー増幅器およびアクチュエータのモーターなどの電気機器を多く使用しているため、いくつかの変換係数を設定しなければならない。そこで、自由振動実験から逆算して、実験のフィードバックゲインを同定した。

アクティブ制御された吊り構造模型の運動方程式は(6)式である。

制御力は状態フィードバックを考えている。

$$u(t) = -Kx(t) = -\begin{bmatrix} k_1 & k_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) \\ \dot{x}(t) \end{bmatrix} \quad (9)$$

(10)式を(7)式に代入して整理すると、

$$\ddot{x}(t) + (2h\omega + k_2)\dot{x}(t) + (\omega^2 + k_1)x(t) = 0 \quad (10)$$

となる。これより、自由振動における加速度は次式で与えられる。

$$\ddot{x}(t) = x_0(a^2 + n^2) \sqrt{1 + \frac{a^2}{n^2}} e^{-at} \sin(nt + \alpha'') \quad (11)$$

ここに、 $a = \frac{2h\omega + k_2}{2}$ 、 $n = \frac{\sqrt{4(\omega^2 + k_1) - (2h\omega + k_2)^2}}{2}$ 、 x_0 は初期変位である。

この式を用いて実験結果の加速度応答との最小二乗法による曲線適合を行い、フィードバックゲイン K を求める。この時、速度フィードバックを仮定した場合を考えて、 $k_1=0$ として k_2 のみを求めた。得られたフィードバックゲインの結果を表-5に示す。

7.2 シミュレーション結果と実験結果との比較

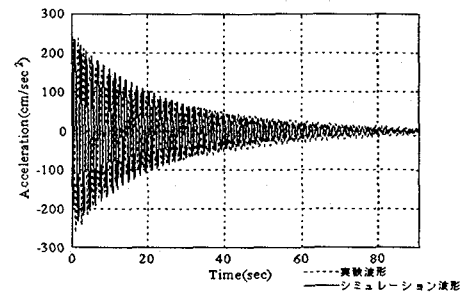
求めたフィードバックゲインを用いてシミュレーションを行った。その結果を図-11に示す。これを見ると、Case1やCase4の場合において、実験波形とシミュレーション波形は良い一致を示しているが、Case2やCase3の場合は途中から実験波形が大きくなっている。この誤差は次のような理由と考えられる。すなわち、サーボモーターを使用していないアクチュエータが模型の微小振動で生じた小さいフィードバック電圧に反応しない。よって、アクチュエータがフィードバック電圧に比例した制御力が発生しないためであると考えられる。これらの問題を考慮すると、推定したフィードバックゲインを用いることにより、模型の振動制御の挙動を説明することができる。なお、シミュレーションではアクチュエータの位相特性を考慮していない。

8. まとめ

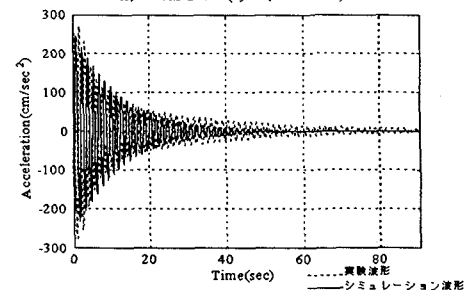
本研究では、吊橋や斜張橋に生じる遊動円木振動を制御するために、吊構造模型を製作し、自走式アクチュエータを用いて振動制御実験を行い、その制御の効果を調べ、

表-5 直流増幅器のフィードバックゲインに対応する k_2 の値

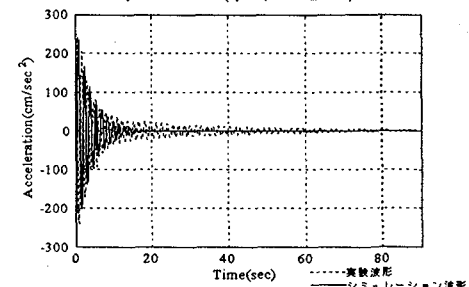
ゲイン	k_2
50	0.0350
100	0.1180
200	0.4411
500	0.6228



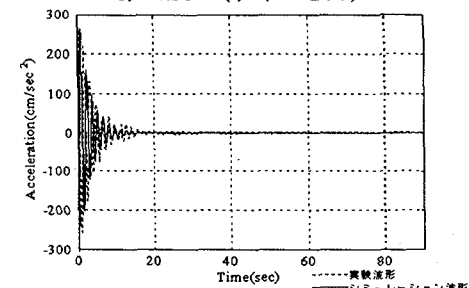
a) Case1 (ゲイン 50)



b) Case2 (ゲイン 100)



c) Case3 (ゲイン 200)



d) Case4 (ゲイン 500)

図-11 シミュレーションの結果

自走式アクチュエータの有効性を検討した。

本研究において、得られた結果を要約すると次のようになる。

(1) 模型実験による振動制御は顕著な効果が見られる。これより自走式アクチュエータによる吊構造物の低域振動制御が有効であると確認した。

(2) 低い振動数を発生させるためには、アクチュエー

タの移動距離を長くとる必要がある。高い周波数に対しては周波数特性が劣化する。そこで本実験では、0.1(Hz)～1.0Hzの区間であれば使用可能であることが確認できた。

(3) アクチュエータについては、周波数に対し動特性を持つことを確認した。したがって、制御力の位相が制御対象としている構造物の振動数において極端にずれないようにする必要がある。

(4) 正確な制御力を発生するためにアクチュエータのモーターを精度の良いものにする必要がある。

(5) 制御器を設計するための最適フィードバックゲインは、応答に曲線適合させることにより求めた。このパラメータで振動制御の実現が可能であることが確認できた。

(6) 本研究で実験対象とした吊構造模型は簡単に製作することができ、自走式アクチュエータとして使用した鉄道模型の列車も安価であるため、振動制御の教材として活用することも可能である。

振動制御実験を行うためには、まずアクチュエータを設計製作する必要があるが、規模が小さい場合でも高価であるために、振動制御実験を学校や企業で試行することの妨げになっている。本論文で提案したシステムは、アクチュエータの価格が安価であり、さらにアクチュエータの動きを視覚化できるために、振動制御の教材として有効な模型である。本論文で示した振動制御模型システムは重要な情報であると考えている。

この実験で使用した吊構造模型や自走式アクチュエータには改良すべき点は多くあるが、自走式アクチュエータによる振動制御が模型とはいえ、有効であることが確認できた。今後は、地震波における振動制御実験や吊構造模型を多自由度に改良して実験を行うことを検討している。

参考文献

- 1) 米田昌弘：斜張橋の遊動円木振動数特性とその実用算定法に関する研究，土木学会論文集，第422号/I-14，pp285-294.1990.10.
- 2) 日本建築学会関東支部構造部会：制振構造の現状－高層建物の制振－，1989.12.
- 3) 土木学会構造工学委員会振動制御小委員会：構造物の振動制御 PART A 6章制御事例，振動制御コロキウム，pp102-172.1991.7.
- 4) 小堀鐸二：制震構造 理論と実際，鹿島出版会，1993.9.
- 5) 日本溶接協会：構造動態の制御，1994.11.
- 6) 岡田養二・長坂長彦：サーボアクチュエータとその制御，コロナ社，1985.11.
- 7) 武藤高義：アクチュエータの駆動と制御，コロナ社，1992.9.
- 8) The MATH WORKS Inc.：MATLAB（基本モジュール）ユーザーズガイド，サイバーネットシステム株式会社
- 9) The MATH WORKS Inc.：Control System TOOLBOX，ユーザーズガイド，サイバーネットシステム株式会社
- 10) The MATH WORKS Inc.：最適化ツールボックス，日本語ユーザーズガイド，サイバーネットシステム株式会社
- 11) National Instruments：LabVIEW User Manual for Windows，1994.5.

(1997年9月26日受付)