

自走式アクチュエータによる吊構造物の低域振動制御

長崎大学工学部 学生員○高木 真一郎

長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏

長崎大学大学院 学生員 山森 和博

1. はじめに

斜張橋や吊橋などの吊構造物の振動数は超低周波振動であるため、通常のアクチュエータでは制御力が発生することが困難である。そこで構造物の下面を自走式で重量のある走行体を移動させ、ストロークを長くと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。本研究では、吊構造模型と自走式アクチュエータを用いて低域振動制御の実験を行い、その有効性を検討したものである。

2. 振動制御モデルの概要

振動制御モデルとした吊構造模型は、図-1および写真-1のようにアクリルの板を橋体と考え、その下にアクチュエータを移動させるためのアクリルのチューブを付け、それを両端からワイヤーで吊ったものである。アクチュエータには鉄道模型の列車とレールを採用した。また模型を吊るために長さ100cm、高さ100cm、奥行25cmのフレームを用いた。

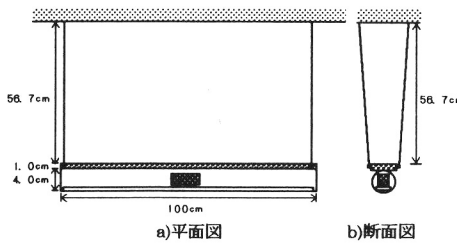


図-1 吊構造模型

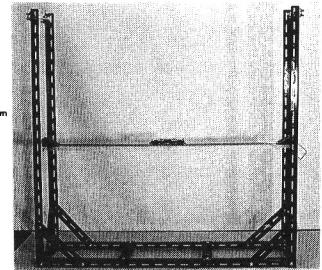


写真-1 吊構造模型

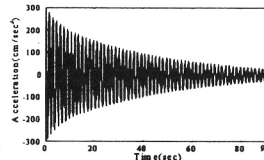


図-2 自由振動波形

表-1 模型の動特性

固有振動数 (Hz)	0.666
減衰定数 h	0.006

図-2にこの吊模型を自由振動させた場合の波形を示し、表-1にこれより求められた吊模型の動特性を示した。

3. アクティブ制御の理論

構造物の橋軸方向の変位を $x(t)$ とすると、線形化された方程式は次式で与えられる。

$$\ddot{x}(t) + 2h_1\omega_1\dot{x}(t) + \omega_1^2x(t) = f(t)/m + u(t)/m \quad (1)$$

ここに、 ω_1 は固有円振動数、 h_1 は減衰定数、 m は構造物とアクチュエータの総質量である。

(1) 式を状態空間表示すると、

$$\dot{X}(t) = AX(t) + B_1f(t) + B_2u(t) \quad (2)$$

ここに、 $X(t) = [x(t) \quad \dot{x}(t)]^T$ である。

制御力はフィードバック制御を考えると

$$u(t) = -KX(t) \quad (3)$$

で与えられる。最適ゲイン行列 K は次のリカッチ方程式より決められる。

$$J = \int_0^\infty [X(t)^T Q X(t) + u(t)^T R u(t)] dt \quad (4)$$

$$K = R^{-1}B_2^T P \quad (5)$$

$$RA + A^T P - PB_2R^{-1}B_2^T P + Q = 0 \quad (6)$$

4. 制御システムとアクチュエータ

本実験での制御システムを図-3と写真-2に示す。模型に設置した加速度計より検出された加速度信号を動ひずみ計を通

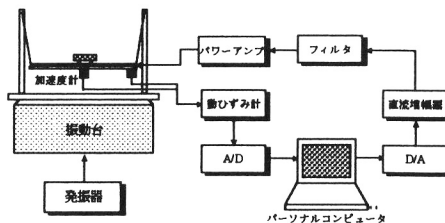


図-3 システム

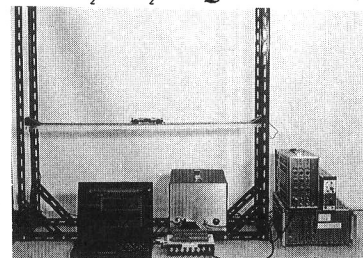


写真-2 システム

してA/D変換する。

その加速度信号をパーソナルコンピュータで速度信号に変換し、それに比例した力を計算させる。その出力

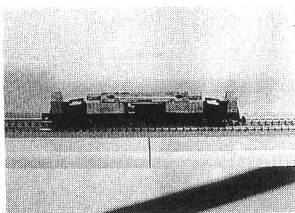


写真-3 アクチュエータ

信号をD/A変換し、直流増幅器とフィルタ、パワーアンプを通してレールに送り、アクチュエータが制御力を発生する。

また本実験で使用したアクチュエータを写真-3に示す。このアクチュエータの動特性を調べるために掃引試験を行った。その結果を図-4に示す。0.1(Hz)の場合はアクチュエータの移動量がレールを越えた。また0.8(Hz)以上では、位相遅れが発生する。よってこのアクチュエータの使用範囲は0.2~0.8(Hz)である。

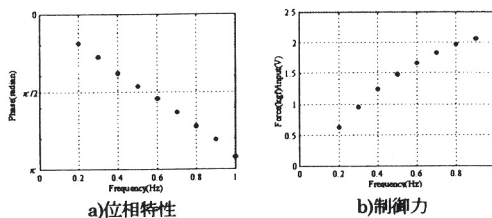


図-4 アクチュエータの動特性

5. 振動実験

振動制御の効果を検討するために、自由振動実験と定常振動実験を行った。自由振動実験では、模型を所定の位置まで移動させ、切り離すことにより振動させる。

表-2 レンジと減衰定数

レンジ	減衰定数 h_1
制御なし	0.0060
50	0.0160
100	0.0206
200	0.0618

図-5は自由振動実験による模型の加速度を示したものである。a)は制御なし、b)c)d)はそれぞれ制御力を強化した結果を示している。制御力を

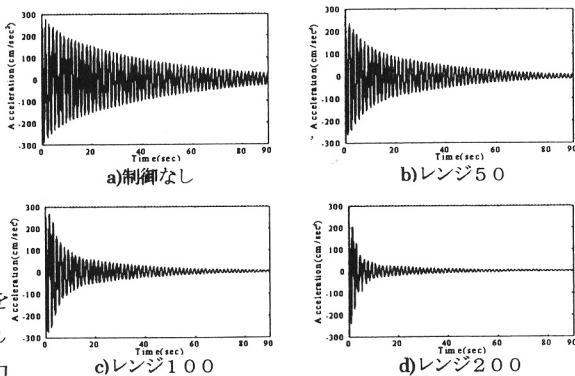


図-5 自由振動における制御

を変化させた場合の減衰定数を表-2に示した。明確な振動制御ができていることが確認できる。

表-3 レンジとレベル

レンジ	レベル(%)
制御なし	100.00
50	77.27
100	54.20
200	37.17

図-6は構造物にアクチュエータが設置された場合の固有

振動数0.666(Hz)で定常加振した場合の結果である。a)は制御なし、b)c)d)はそれぞれ前記の制御力で振動制御を行った場合である。表-3にそれぞれの場合の振動レベルをパーセントで示した。

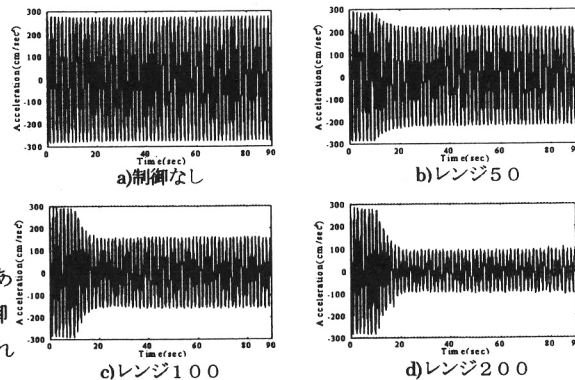


図-6 定常振動における制御

強制振動の場合においても効果的な振動制御が実現できる。

6. まとめ

本研究で吊模型レベルでの制御は顕著な効果が見られる。これに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の有効性が確認できた。この模型は簡単に製作することができ、振動制御の教材として活用することも可能である。

【参考文献】1) 白石昌武：入門現代制御理論，啓学出版，1987.11.