

DSP を用いた橋梁振動制御のための制御器の設計

長崎大学工学部 学生員○山森 和博

長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏

オリエンタル建設(株) 正 員 角本 周

1. はじめに

橋梁振動に対するアクティブ振動制御の開発が進められる中で、実用的かつ高性能な制御器の設計が必要となってきた。近年、パーソナルコンピュータや周辺装置、さらにソフトウェアの性能向上が著しく、これらを用いて制御器の設計を行うことが可能になってきた。本研究では、優れた高速信号処理能力を有している DSP (Digital Signal Processor) と専用ソフトウェアを用いて、橋梁振動制御のための制御器の設計を行った。さらに歩道橋の振動を制御するためのアクチュエータを製作した。これらのシステムを実橋に適用し、DSP を用いた制御器とアクチュエータの有効性を検討したものである。

2. 振動制御のための制御器について

橋梁振動制御を実時間で処理するために、制御器のハードウェアの構成とソフトウェアの設計が必要になる。図-1 にハードウェアの構成を示し、図-2 に使用するソフトウェアの構成を示した。

1) ハードウェアの構成

制御器の中核となるパーソナルコンピュータには、DSP が組み込まれている。DSP は、高速信号処理を目的として開発されたプロセッサである。本研究では、A/D 変換、D/A 変換機能を搭載した DSP ボード (MTT 社製)⁽¹⁾ を使用した。サンプリング周波数は 1 KHz 以上可能である。

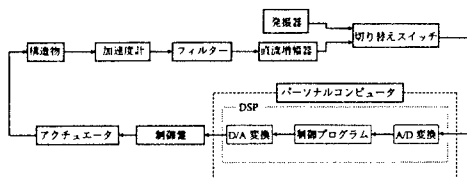


図-1 ハードウェアの構成

2) ソフトウェアの構成

制御プログラムは、MATLAB のオプションとして用意されている SIMULINK によりブロック線図プログラムとして構成する。さらに、Real-Time Workshop を利用して、このプログラムを C 言語に変換する。次に、これを DSP にダウンロードする。DSP の実行は、 μ -Pass/C31⁽²⁾ により行う。 μ -Pass/C31 は DSP 専用ソフトウェアである。これにより、制御プログラムの実行、任意の制御データの数値表示、さらに時系列でグラフィック表示を行うことが可能になる。

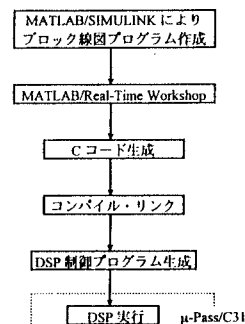


図-2 ソフトウェアの構成

3. アクチュエータの設計

本研究で設計したアクチュエータの構造を図-3 に示した。パーソナルコンピュータの指令信号をアクチュエータ上部に設置したモーターに伝達することにより、モーターが駆動する。モーターの駆動により、重錘が上下し、制御力が発生する構造形式となっている。

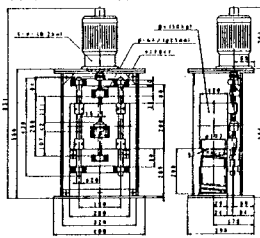


図-3 アクチュエータ図

このアクチュエータの加速度動特性を調べたものが、図-4 と図-5 である。振幅特性では、大きな出力加速度は得られていない。位相特性については、7.0(Hz)付近で約 90 度位相遅れが生じる。

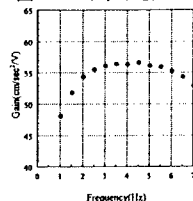


図-4 振幅特性

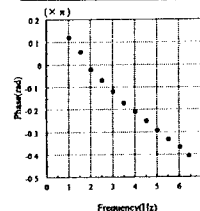


図-5 位相特性

表-1 アクチュエータの諸元

入力電圧	200 V
出力	0.2 kw
重錘	50 kg

4. 振動制御対象構造物

振動制御の有効性を確認するために、振動制御実験を平成7年12月に実施した。対象とした橋梁は、大分県院内町の香下ダム内に架けられている図-6に示すような歩道橋である。この橋梁は、橋長139.0m、吊支間長2@62.5mのPC吊床版橋である。橋梁の諸元を表-2に示した。

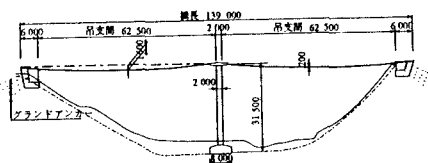


図-6 香下ダム吊橋一般図

表-2 橋梁諸元

橋名	香下ダム吊橋
構造形式	2径間連続PC吊床版橋
橋長	139.0 m
吊支間	62.5 m
基本サグ	1.6 m

5. 振動制御実験の概要

本実験では、単純フィードバック制御を用いた振動制御を行った。実験システムを図-7に示す。加速度計（3/4L(L=62.5m)点）で検出された速度を直流増幅器に取り込む。出力信号がパーソナルコンピュータ内でA/D変換され、制御力を計算しその出力信号がD/A変換され、制御盤に指令信号として入力される。その指令信号をアクチュエータに送り、アクチュエータが制御力を発生する。制御力は、観測点の速度に比例した力として、フィードバックさせた。実験は次のような手順で行った。①2次振動の固有振動数(1.172Hz)で発振器により、3/4L点に設置したアクチュエータを定常加振する。②定常加振後、自由減衰を行う。③次に、同様な定常加振を行った後アクチュエータを加振器から制御器へ切り替え、速度フィードバックを行う。

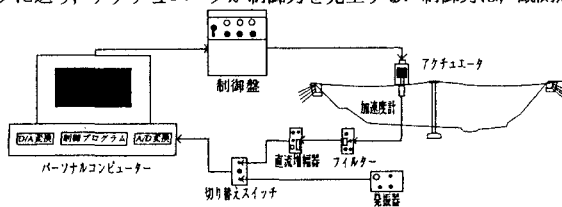


図-7 実験システム図

この時の減衰効果を制御のない場合と比較する。

構造物の基準座標の方程式は次のようになる。

$$\ddot{q}(t) + H\dot{q}(t) + \Omega q(t) = bf(t) + du(t) \quad (1)$$

(1)式を状態空間表示すると、次式を得る。

$$x(t) = \begin{bmatrix} q(t) & \dot{q}(t) \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bf(t) + Du(t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases} \quad (3)$$

制御力は $u(t) = -Kx(t)$ で与えられる。最適ゲインベクトル K は、一般に最適レギュレータより決定される。

6. 実験結果

図-8、図-9は1/4L点のそれぞれ制御無し、制御有りの場合の加速度である。制御を行った場合、制御無しと比べ減衰は明らかに大きくなっている。減衰定数は制御無しで0.0051であったものが、制御有りで0.0172となった。この場合の制御力としては、最大22kg程度である。

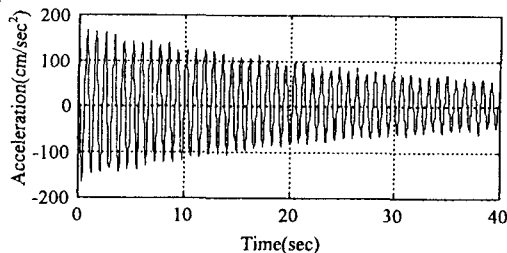


図-8 制御無しの加速度応答

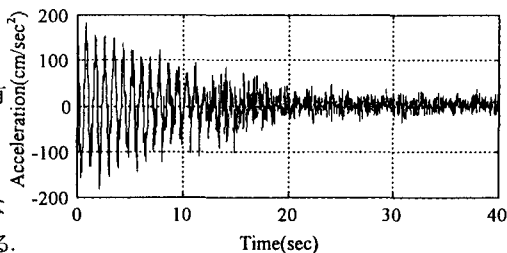


図-9 制御有りの加速度応答

7. まとめ

構造物の振動制御では、実時間に効果的な制御が可能な制御器の設計が必要である。本研究では、DSPを用いた制御器により、橋梁振動制御が可能であることが確認できた。しかし、様々な条件の下での実験が行われていないし、最適な制御則も求まっていない。これらのことが今後の課題である。

【参考文献】(1) HERON WING/DSP6031 ハードマニュアル，MTT(株)

(2) μ -Pass/C31 取扱説明書，マイクロシグナル(株)