

アクティブ振動制御実験のためのシミュレータ装置

長崎大学工学部 学生員○石津宗隆

長崎大学工学部 正 員 岡林隆敏

長崎大学工学部 学生員 山本 実

1. はじめに

パーソナルコンピュータの性能の向上、各種の演算・処理ボードの開発に伴って、構造物の振動制御のためのコントローラ設計の環境が整いつつある。特に、振動制御の研究の進歩によって、実時間で解析を行なうことが必要になってきた。本研究は、パーソナルコンピュータを実時間の解析に適用した場合、その有効性について検討したものである。そこで、構造物の振動実験の処理と振動のシミュレーションを、同一のパーソナルコンピュータで表示するシステムを構成した。

2. シミュレータ装置の構成

シミュレータ装置の概要を図-1に示した。この装置は、次の部分から構成されている。①加振用の波形の保存と合成を行なう部分、②実験結果を収録する部分、③シミュレーションを行なう部分、④画像を表示する部分である。

①では、代表的な地震波形、任意のパワースペクトル密度を有する不規則波形を合成し、D/A変換を行ない、コンピュータから出力させる。

②では、実験より得られた各種の波形をA/D変換によりコンピュータの中に取り込む。この場合、変位から速度あるいは、逆の変換をコンピュータの中で実行する。

③では、数値シミュレーションを実時間で実行する。構造物モデルあるいは、微分方程式の解法のためのアルゴリズムにより、パーソナルコンピュータでは限界がある部分である。

④では、実験の結果及び解析の結果を実時間で表示する。コンピュータの画面描画性能により影響される。

これらの考え方を実現したものが、図-2の装置である。

これらの考え方を実現したものが、図-2の装置である。5層の骨組構造を対象にして、大型加振機による実験と、3自由度系にモデル化した構造モデルを同期させたいと考えている。パーソナルコンピュータは、32bitのNEC 9801RAに数値演算プロセッサを付けている。

3. 対象構造物とそのモデル化

この装置の対象とした構造物は、図-3の5層の骨組構造である。これを5質点系の離散モデルに約縮し、3次振動までを対象とした。この構造物の振動特性を表-1に示した。3次振動は、12.7Hzであり、シミュレーションでは、計算速度が問題になる可能性がある。

4. 構造物の応答解析

構造物の応答解析には、無条件安定なPade⁽¹⁾近似を採用する。構造系には、モーダル解析を適用する。構造系の基準座標を $q_i(t)$ とす

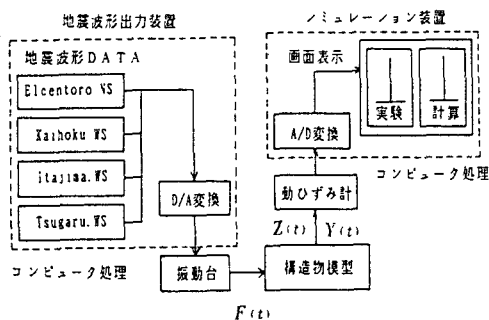


図-1 実験装置の概要

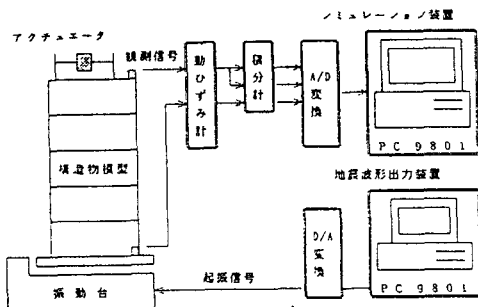


図-2 シミュレータ装置のシステム

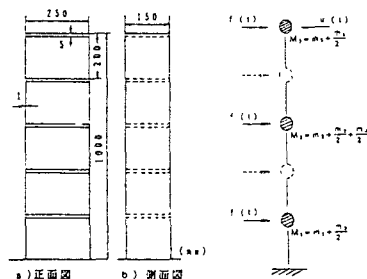


図-3 構造物模型と3質点系モデル

ると、外力をうける構造物の方程式は、

$$\dot{X}(t) = AX(t) + F(t)$$

$$Y(t) = CX(t)$$

で与えられる。ここに、 $X(t)$ は、

$$X(t) = [q_1(t) \dot{q}_1(t) \cdots q_n(t) \dot{q}_n(t)]^T$$

で与えられる状態変数であり、 C は、モード行列から構成される観測マトリックスである。

Pade近似では、(1)式の状態遷移行列を、次の2次の式で近似する。

$$e^{(A\Delta t)} = (I - A\Delta t/2)^{-1} (I + A\Delta t/2) \quad (4)$$

このような式を用いると、(1)式は次のように差分化できる。

$$(I - A\Delta t/2) X_{n+1} = (I + A\Delta t/2) X_n + (F_{n+1} + F_n) \Delta t/2 \quad (5)$$

この差分式を、実験におけるA/D・D/A変換と同期させて計算をする。

5. 数値計算と考察

ここでは、まず最も基礎となる構造物の応答について、実験結果と計算結果を示した。入力波形は、El Centro地震波形を用いるのであるが、模型には、振動台の加速度が作用しているので、振動台上の加速度波形を観測し、シミュレーションにもこれを用いている。加速度波形を図-4に示した。

図-5は、模型最上部の変位、速度および加速度の計算結果と実験結果を示したものである。実験では、加速度波形を電氣的に積分して、変位及び速度を得ている。図では、実験値が点線で、解析が実線で示されている。実験と計算を比べると、波形の全体の形状は、良く一致していると考えられるが、変位、速度、加速度とも実験値の方が大きな値を示していることがわかる。この原因については、現在検討中である。このような実験に対応して、構造物のアニメーションを行なっている。これらの点については、講演時に報告する予定である。

6. まとめ

この研究では、デジタル量とアナログ変換量を相互にA/D・D/A変換を使って変換する方法と、シミュレーションと実験的処理を組み合わせた振動実験のためのシミュレーション装置の開発を試みた。パーソナルコンピュータの計算速度が現在では鍵になっている。トランスピュータやDSPを使って、今後これらの点を改善したいと考えている。

[参考文献]

- 1) D.M.Trujillo :The Direct Numerical Integration of Linear Matrix Differential Equations using Pade Approximations, Int. Jour. for Numerical Method in Engineering, Vol. 9, pp. 259-270, 1975.

表-1 対象モデルの振動特性

(2) 振動次数	固有振動数 (Hz)			減衰定数
	有限要素法	5質点系	実測値	
(3) 1次	2.369	2.430	2.39	0.0064
2次	7.247	7.290	7.52	0.0050
3次	11.98	12.01	12.7	0.0045
4次	15.90	15.92		
5次	18.47	18.48		

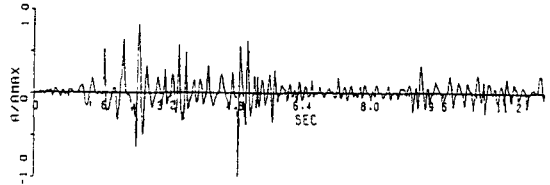
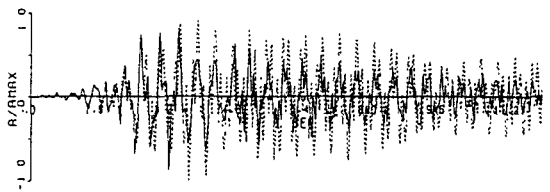
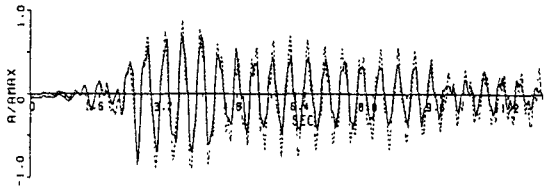


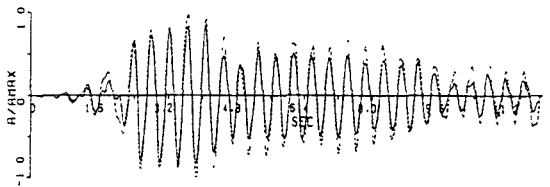
図-4 振動台の加速度応答



(a) 加速度応答



(b) 速度応答



(c) 変位応答

図-5 実験と計算による5層の応答