

I - 272 アクチュエータの能力制約を考慮した構造振動制御—実験による検証

東京大学地震研究所 学生員 池上 淳
東京大学地震研究所 正員 東原紘道

1. 序論

地震による構造物被害の例は数多く、様々な耐震設計法が考案されてきた。大まかに、受動的（passive）な方法と能動的（active）な方法とに分けることができる。アクティブコントロールとは、構造物の動きに応じて逆にアクチュエータによる制御力を与え、振動を打ち消そうというものである。実際には、構造物の運動をセンサーによって感知し、これに最適制御理論を用いて、構造物の振動を抑えるような制御力をコンピュータによってリアルタイムで計算し作用させる方法が考えられる。

そこで、一つの効率的な方法が提案されている。^{1) 2)} この方法では、アクチュエータの能力制約を明確に取り扱うことにより、巨大地震時にもアクチュエータは正常に作動することが、解析的には検証されている。次に、この方法を実験的に検証する必要がある、これが本研究のテーマである。

アクティブコントロールに最適制御理論を用いる際、最適レギュレータ理論による方法が既に研究されている。最適制御とは、目的関数と呼ばれる制御性能を評価する基準が与えられ、この目的関数を最小にする制御変数を求めることであるが、最適レギュレータ法では目的関数中に制御力の項が存在するため、アクチュエータの最大能力を効率的に利用することができるのはほんの僅かな時間だけであり、制御過程における多くの時間では、アクチュエータの能力は最大値からかけ離れている。そこで上記の手法では、より効率的な制御をするために、目的関数から制御力の項を除去し、代わりにアクチュエータの物理的な限界を表す拘束条件を導入する。これにより、アクチュエータの最大能力を常に利用できることが、シミュレーションによって証明されている。

2. 実験方法

モデルは単純な1自由度系モデルとする。これを振動台に乗せ、アクチュエータとしてリニアモーターを使用する。そのシステムを（図-1）に示す。ただし、制御のために、このモデルの質量、固有周期、減衰定数を前もって調べなければならない。そのために、このモデルによる自由振動実験を行い、それぞれ、3.123（kg）、0.4828（sec）、0.94%という結果を得た。

まず、振動台を加振せず、あらかじめ人力である程度の変位を与えた自由振動を制御することから始める。その際、序論で述べたようなアクチュエータの物理的な限界を表す拘束条件をコンピュータに入力する必要がある。これを満足し、かつ最適制御理論から得られる制御力を、D/Aコンバータにより、アクチュエータに伝える。振動が始まったら、モデルの運動を感知し、これを、A/Dコンバータによりコンピュータに伝え、それに応じた制御力を計算し、実際にアクチュエータから作用させる。

3. 実験結果

実験結果を非制御及び制御時の変位、速度、制御力の比較で示すと（図-2）のようになり、本手法による自由振動の制御が実証されている。つまり、実験開始後約0.8秒で制御はほぼ完了している。しかし、この結果を解析データと比較すると、制御初期段階である程度のズレが生じている。すなわち、変位の1回目のピークである最大変位では、実験値の方が解析値より16%程大きく、更に2回目のピークでは、変位差は約36%である。また、2回目と4回目のピーク間の変化の傾向も異なり、完全な制御をしたとは言い切れない。原因は、装置同士間の信号の伝達に問題があり、作用する制御力が不十分であるためと考えられる。

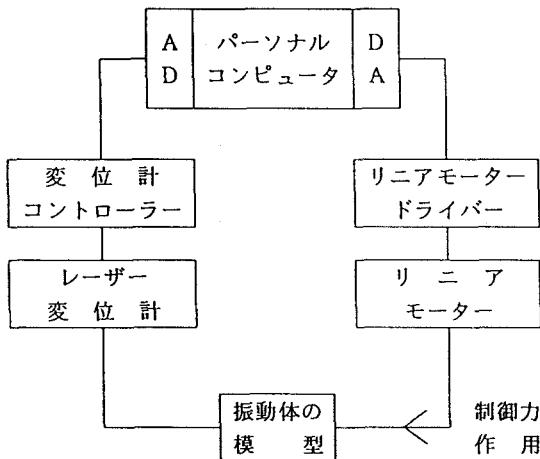


図-1 実験のシステム図

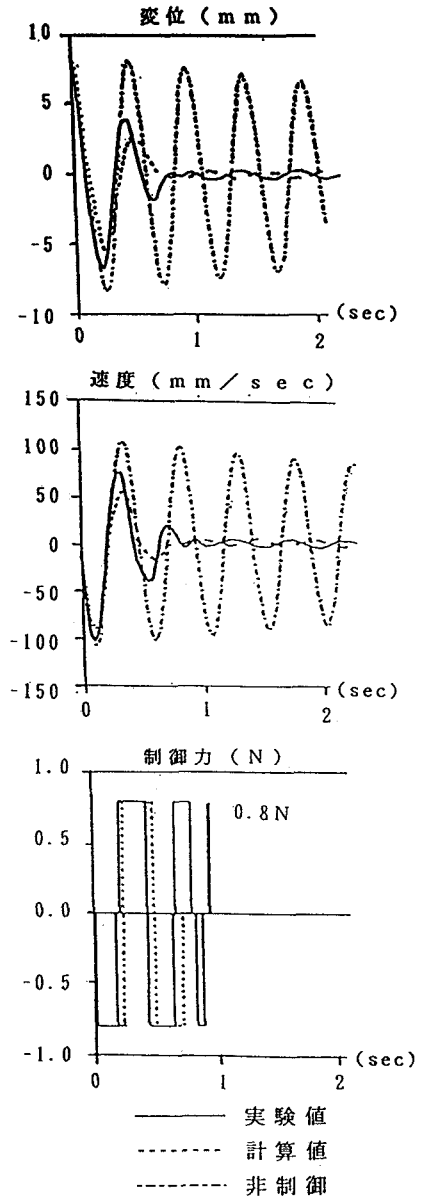


図-2 実験結果

4. 参考文献

1) Higashihara, H., and Indrawan, B.: Efficient Active Suppression of Vibration Based upon Explicit Treatment of Actuator Characteristics, Bull. Earth. Res. Inst., Univ. of Tokyo, 66, 517-552, 1991年6月

2) Benjamin Indrawan: Effisient Suppression of Vibrtion of Structures with Explicit Treatme nt of the Limit of Actuator、東京大学大学院土木工学専門課程 博士論文、1992年3月