

アクチュエータの能力制約を考慮した構造振動制御の実験的研究

静岡県 正会員 池上 淳
東京大学地震研究所 正会員 東原紘道

1. 序論

構造物の制振方法として、パッシブな方法とアクティブな方法とが考えられるが、本研究は後者にとって基本的な問題の一つであるアクチュエータの能力制約を考察するものである。

本研究の基礎となる理論及び制御規範は既に確立しており、一つの効率的な方法が提案されている。^{1) 2)} 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制御に対する陽な制約を与えない場合、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。本手法では、アクチュエータの物理的限界の最大値（または最小値）のみで制御を行うことになり、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。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、解析的に検証されている。

この手法を用いて、曲げに対する1自由度系モデルの自由振動制御実験は既になされており、自由振動に対しては一応の制振効果を示している。しかし、解析値と実験値との間には、値の不一致が認められた。この原因を探るために実験をより詳細に検討する必要がある、これが本研究の目的となる。アクティブコントロールに関する数値的な研究は数多いが、実験的な研究はそれほど多くない。しかし、制御理論を物理的に実証しようとする、机上の検討では考えられなかった問題点が表れる可能性がある、実験的研究は重要である。実験を行うために、まず、本実験システムに関する各装置の特性を詳細にし、問題点がどこにあるかをはっきりさせる。次に、問題のあるものについては改良し、可能な限り正確な物理的実証を試みる。更に動的外力下での振動制御実験へと発展させる。

2. 実験方法

モデルは振動台上に設置され、アクチュエータとしては、作動速度の速い直流リニアモーターを使用する。実験に先立ち、各システムに対して検定を行った結果、①ADコンバータ、②リニアモーターとドライバー、に問題のあることが認められた。①に関しては、参考文献2)の実験によると、実験値の方が解析値よりも早く制御を行うという不可解な現象を生じていた。また、検定において、変換後のデータに異常なブレを引き起こす場合があった。これは、信号取得方法を工夫するとともに、以前の非絶縁型ボードから、誤差を含みにくい絶縁型のものに取り替えることにより問題を解決した。②に関しては、ドライバーは一定入力値に対しても、パルスを含む、約20(kHz)の高周波によって信号を制御しており、良い作動速度を得るためにかなり複雑な作用がなされている。本実験で使用する入出力範囲では、入力に対して期待される出力よりやや少な目の値が得られることも認められた。

3. 実験結果

自由振動制御の実験結果を図-1に示す。順番にモデルの変位、速度を示している。また、グラフ中では、非制御時の値、計算値、実験値をそれぞれ比較した。この図から、制御時間調整により、解析値と実験値との時間的なズレは解消されていることが確認できる。また、制御効率の差は依然として残るが、これは検定で確かめられた制御系の問題の影響であると考えられる。

加振時の振動制御実験についても、同様の制御時間調整を行うことにより、一応の振動制御の実行に成功した。この結果を図-2に示す。加振した場合には、モデルは約 ± 7 (mm)の変位を伴っていたが、制御時には ± 0.5 (mm)以下の変位に抑えており、制御の妥当性が確認される。

なお、モデルの物性パラメータとして、質量、固有周期、減衰定数が必要であり、自由振動実験から各々、 11 (kg)、 1.3 (sec)、 0.99 (%)と求まった。また、加振は約 0.75 (Hz)のsin関数で行った。

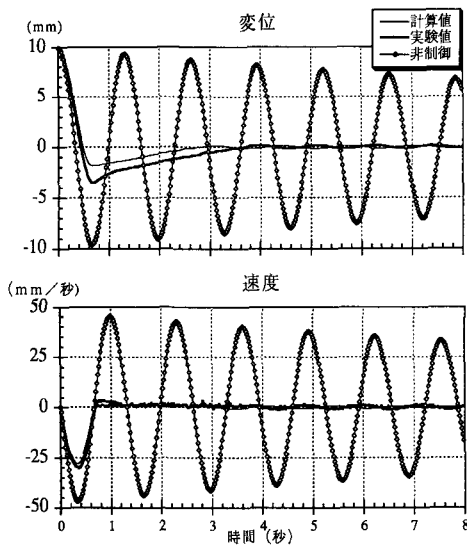


図-1 自由振動制御実験結果

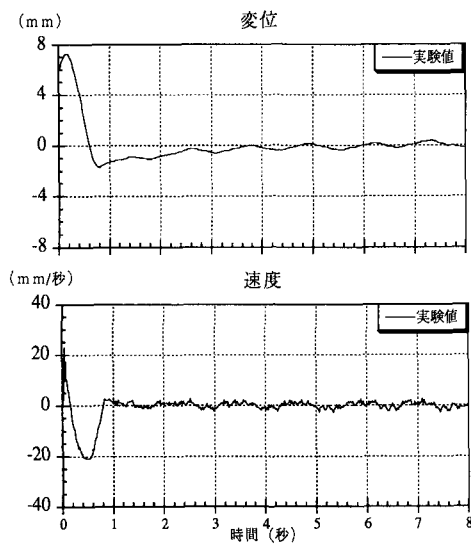


図-2 加振時の振動制御実験結果

4. 今後の課題

①制御系のモデル化を精密にし、制御信号出力システムを簡略化すること、②A/Dコンバータの時間調整を、現在の方法を改良し、信号取得に定時制を持たせ、より正確な時間調整を行うこと、が挙げられる。

5. 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: Efficient Suppression of Vibration of Structures with Explicit Treatment 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9月