

AMD を用いた振動制御に関する実験的基礎研究

埼玉大学 学生会員 近藤功一
埼玉大学 正会員 山口宏樹
埼玉大学 正会員 松本泰尚

1. はじめに

AMD を用いて構造物の振動を制御する場合、誤差を含んだモデルをもとに設計された制御系は、理論で期待されるほど有効でないため、モデル化誤差に対する配慮が必要である。そのため本研究では、構造物模型のモデル化誤差を明らかにし、実際に振動制御実験を行い制御性能を確認した上で、制御実験の一例として可変フィードバック制御実験を行なった。

2. 実験システムとモデル化・モデル化誤差

本研究で用いた実験システムは構造物、センサー、コントローラー、アクチュエーターから成る¹⁾。制御対象構造物としては三層構造模型を、構造物の状態を知るためのセンサーにはサーボ型速度計を、制御力を決定して命令を発するコントローラーとしては DSP ボードが組み込まれたパーソナルコンピュータをそれぞれ用いている。また、制御力を発生させるアクチュエーターは、モノキャリアと AC サーボモーターを組み合わせしており、AMD 質量の動きを計測するためサーボ型速度計を取り付けている。

解析モデルは 3 自由度集中質量系とし、まず強制振動実験を行って外力振動数－応答倍率関係から固有振動数を求め、模型の 1 次固有振動数とモデルの 1 次固有振動数が近接するように剛性マトリクスを同定した。模型と解析モデルの誤差は振動数応答関数として図 2 のように表わされる。また、模型の減衰比は自由振動実験により 1 次モード 0.00478、2 次モード 0.00753、3 次モード 0.00275 と求められ、これらの値を解析モデルでも用いている。

3. 最適フィードバック制御実験

アクティブ制御を行なうための制御則としては最適フィードバック制御則(以下最適 FB 制御)を適用した。フィードバックする構造物の応答として 3 層目の速度応答と、それを数値積分することで得られる変位応答を用いている。制御対象は、模型の 3 層目に与えた強制変位により生ずる 1 次モード自由振動であり、1 次モードだけに低次元化したモデルに対して、次式の制振指標を用いて制御設計を行なった。

$$J = \int_0^{\infty} [\dot{x}(t)^T Q \dot{x}(t) + R \{u(t)\}^2] dt \quad Q = a \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

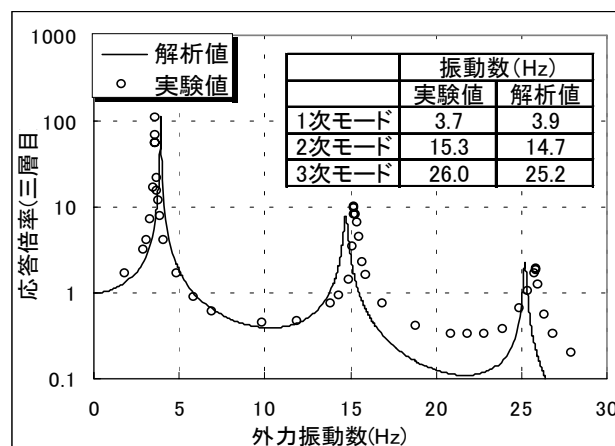


図 1 模型とモデルの誤差

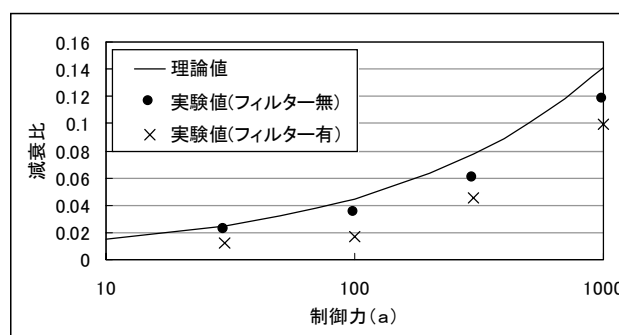


図 2 制御力－減衰比関係

キーワード：アクティブ振動制御・最適フィードバック制御・模型実験

連絡先：浦和市下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科構造研究室

制御力の大きさは制振指標に現われる重み係数 R を 1 とし、 Q の中の a により変化させている。

制御実験の結果得られた制御力ー減衰比関係を図 2 に示す。図より、制御力が大きい場合、実験値(フィルター無)に減衰比の減少が見られる。その理由の一つとして付加質量の動きの異常がある。図 3(上)の付加質量の速度応答を見ると、およそ 1.2 秒から一方向に動き続け 1.55 秒付近でストローク限界に達している。この原因としては、フィードバックする 3 層目の速度応答を観測する際に、速度計に微小なオフセットが生じているためであり、この微小なオフセットを内包したまま数値積分を行ない、制御力を計算していることによりドリフトが発生し、結果として計算上の付加質量の速度応答は図 3(上)のように軸から大きくずれている。これをもとに制御を行なっているため、付加質量の動きに問題が起きている。そこでセンサーのオフセットによるドリフトを防ぐため、ハイパスフィルターを用いた。その結果、付加質量の速度応答は図 3(下)のようになり、ドリフトは小さくなっている。しかし図 2 では、ハイパスフィルターを用いた場合、ハイパスフィルターが無いものと比較すると制御効果が落ちている。

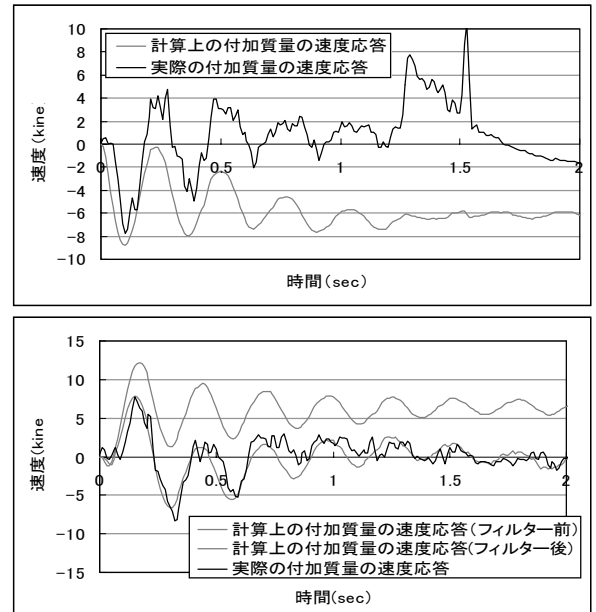


図 3 付加質量の速度応答
ハイパスフィルター無(上)
ハイパスフィルター有(下)

4. 可変フィードバック制御実験

構築した実験システムを用いることでさまざまな制御実験を行なうことが可能であるが、その一例として可変 FB 制御を取り上げ、制御実験をおこなった。可変 FB 制御とは AMD の状態等により制御中にフィードバックゲインの切り替えを行なう制御であり、その利点としては複数のゲインを用いることでさまざまな外乱に応じて制御装置の性能限界、ストローク限界の中で効率の良い制御が可能であるという点がある。実験における制御則としては最適 FB 制御を用い、フィードバックさせる応答として 3 層目の速度応答とそれを数値積分した変位応答を用いている。また、可変 FB 制御を行なう際のゲインは AMD の応答に応じて 3 段階に変化させることとし、そのゲインの大きさは試行錯誤的に決定した。制御対象は前の実験と同じように 1 次モード自由振動である。以上の条件で実験を行なったところ図 4 のような結果が得られた。可変 FB 制御では AMD をどんな大きさの振動に対しても出来るだけ大きく作動させるように設定しており、当然のことながら制御効果は高くなっている。このようにこの実験システムではさまざまな制御が行なえることを確認した。

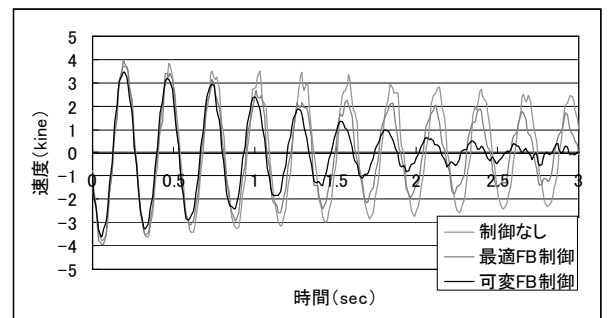


図 4 可変 FB 制御実験

5. まとめ

最適 FB 制御実験により、制御性能の確認を行なって種々考察を加えた。また、制御実験の一例として可変 FB 制御を行なった。しかしセンサーの微小なオフセットのために発生するドリフトにより、付加質量の動きに問題があること、また、ドリフト防止のハイパスフィルターを用いた場合、制御効果が減少していることなど問題点が挙げられる。このことに対してはまだ改善を行なうには至っていないため、今後は改善を行ない、さまざまな制御実験を行なう予定である。

【参考文献】 1) 山本忠広他：DSPを用いたアクティブ制御実験、土木学会第 53 回年次学術講演会概要集 I pp946-947,1998

2) 山口宏樹：構造振動・制御、共立出版