

I-B 25 ハイブリッド震動制御シミュレーターの開発

中部電力 正 員 ○佐藤 誠
 京都大学 防災研究所 正 員 佐藤忠信

1. 概説 近年土木構造物にアクティブ震動制御の技術が実用段階を迎え、様々な構造物に対する制震構法が採用されるようになるものと考えられる。これに伴ない様々な構造物や制御則、地動加速度レベルを自由に設定できる汎用性の高い簡便な実験法が望まれる。そこで、実物大の制震装置についても、非定常な動的加力能力試験を簡便に行え、かつ様々な構造物に対して震動制御効果を調べることでできる汎用性の高い実験システムとして、ハイブリッド震動制御シミュレーターを構築したので、その概要を説明する。

2. ハイブリッド震動制御シミュレーターの概要 図1にこのシステムの全体構成を示す。図に示されるように任意波発生ユニット、構造系応答解析ユニット、コントローラーユニット、デジタルフィルタユニット、制御装置模型の合計5つのユニットにより構成される。この実験システムの特徴は、通常の模型実験において作成される構造物や制震装置の模型の全てあるいは一部の運動を、高速演算能力を有するDSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)によってリアルタイムにシミュレートし、DSPで構成される制御シグナル発生装と模型とを相互に連結し組み合わせて行うハイブリッド実験を可能にした点にある。DSPでは構造物などの運動をリアルタイムに計算できるため、従来の計算機では困難であった計算機相互での信号の伝達・受信のシンクロナイズが可能であり、模型構造物の全てを作成しなくとも、震動制御実験を模擬的に実行できる。このように模型構造物や震動制御装置の準備状況に応じ、適宜これらの模型の運動をDSPに代用させることが可能であり、また個々のユニットの組み合わせ方により様々な実験状況を再現することも可能となる。

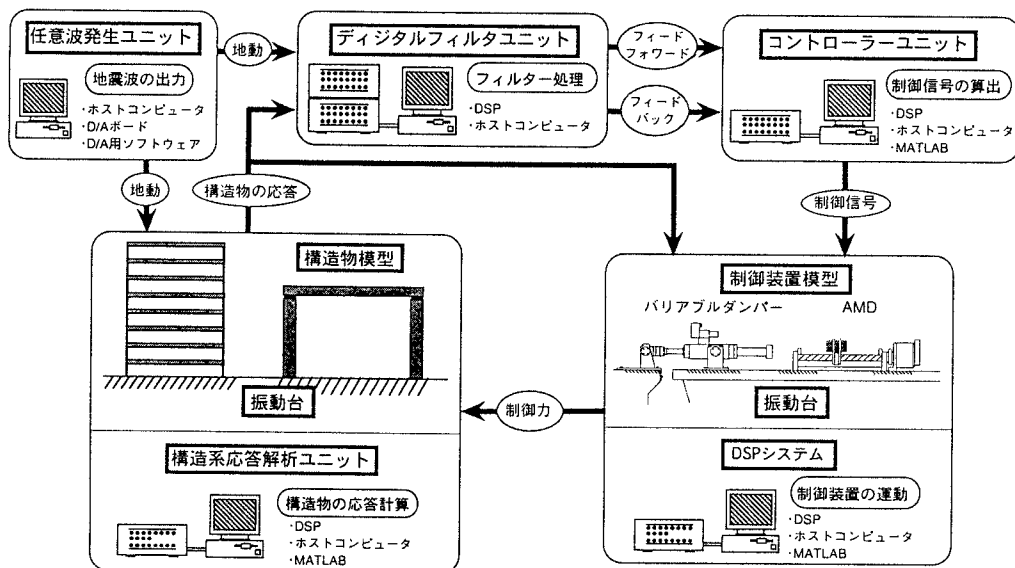


図1 ハイブリッド震動制御シミュレーターの全体構成図

このシステムでは、模型の運動を完全に再現することには限界があるものの、リアルタイムに数値演算するため、信号の伝達等に要する時間遅れなどについては忠実に再現することができる。また、構造物の設定はDSP内でのプログラムにより行われるため、振動台上への設置が困難な大型構造物も想定することが可能となり、また入力地震動についても任意のものを設定することが可能になる。

3. ハイブリッド震動制御シミュレーターによるシミュレーション この実験システムの適用性を検討す

るため、AMDを用いた構造物の震動制御に関する模型実験を対象とし、模型を用いた実験、通常の計算機による数値解析、ならびにハイブリッド震動制御シミュレーターによるシミュレーション結果の比較を行う。模型実験に用いた模型構造物は図2に示すAMDを最上部に装着した8自由度構造物模型であり、可動マスの質量は構造物全体の質量の約1%である。この模型実験のリアルタイムシミュレーションを行うため、ここでは任意波発生ユニット、構造系応答解析ユニット、コントローラーユニットの計3つのユニットを図3の様に構成し、実際のAMD模型を用いないDSPのみを組み合わせたシステム構成とした。実際のAMD模型を組み合わせて実験を行う場合には、AMD模型を振動台上に固定し、構造物の最上階の応答を再現するように振動台を駆動させた状態でAMDの運動を制御し、可動マスの運動加速度から制御力を算出し、構造系応答解析ユニットへの制御入力とする。

図4に最大加速度を50galとしたEl Centro波形を入力した場合の非制御状態の応答変位時刻歴曲線を示す。この図より3つの時刻歴は非常によく似た結果となっており、モデル化が適切であったことが確認できる。図5は佐藤等¹⁾が定式化した閉ループ制御を行った場合の結果を比較したものである。制御アルゴリズムや設定したパラメーターなどの詳細については紙面の都合上割愛するが、ハイブリッド震動制御シミュレーターによるリアルタイムシミュレーション結果が模型実験結果をよく再現していることが分かる。非制御状態での応答がよく一致していたことを考慮に入ると、ハイブリッド震動制御シミュレーターに実際のAMD模型を組み合わせたハイブリッド実験を行うことにより、通常の模型構造物を用いる実験をより忠実に再現可能であると考えられる。

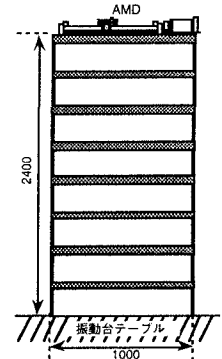


図2 模型構造物

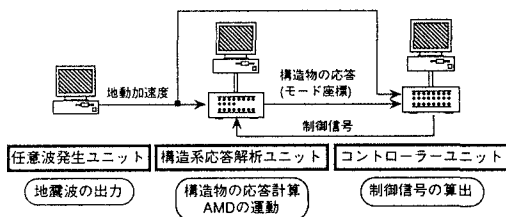


図3 ハイブリッド震動制御シミュレーターのシステム構成

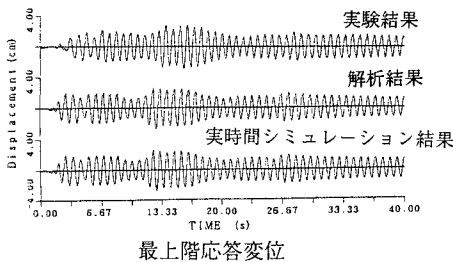
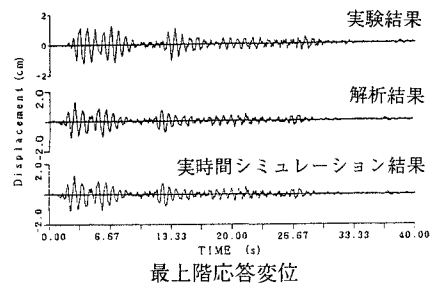
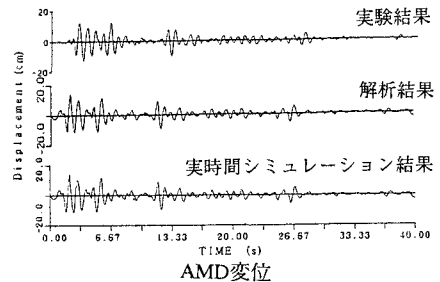


図4 シミュレーション結果の比較(非制御時)

図5 シミュレーション結果の比較
(閉ループ制御時)

4. 結論 ここでは機材の関係上AMD模型とDSPとを組み合わせたハイブリッド実験は行っていないが、今回の結果より、ハイブリッド震動制御シミュレーターによるハイブリッド実験は種々の構造物・制振機構に対し、通常の模型実験によって得られる結果を高い精度で再現することを可能にするものであると期待される。

参考文献 1) 佐藤忠信・土岐憲三・望月俊弘：可動質量型制振装置を用いた構造物の閉ループ制御，土木学会論文集，pp.201-211，第525号／I-33，1995-10。