

I - B 474 可変減衰装置を用いた構造物の実時間ハイブリッド震動制御実験

三菱重工業 正員 田中 悟
 京都大学防災研究所 正員 佐藤忠信

1. はじめに

可変減衰装置は準能動型の制御装置であり (1)制御エネルギーをほとんど必要としない。(2)アクティブに制御できない時にはパッシブ制御装置として稼動する。(3)制御対象を加振することはないので、構造物を不安定化する恐れがない。以上のような理由から経済性、安全性に優れているといえる。本研究ではオイル型と増速機付 DC モータを利用した電磁型の 2 種類の可変減衰装置を試作し、これまでに様々な性能実験を試みてきた。その上で加振機に設置した可変減衰装置と複数の DSP(デジタル・シグナル・プロセッサ)を組み合わせた実時間ハイブリッド震動制御実験を実施して、可変減衰装置の実用性を検証した。

2. ハイブリッド実験の概要

ハイブリッド実験は計算機による数値解析と縮小模型を用いた振動台実験の中間に位置し、きわめて汎用性の高い実験システムである。本実験系の構成を図 1 に示すが、この図に即して実験手順を示すと次の通りである。(1)構造系応答解析ユニットで構造物に地震波が加わった際の振動解析を行い、可変減衰装置の稼動変位を加振機に再現させ、(2)同時にコントローラユニットで算出した制御信号を可変減衰装置に送り、(3)制御された可変減衰装置の発生する減衰力をロードセルにより計測し、(4)再び構造系応答解析ユニットで地震波および制御力を入力として振動解析を行い、加振機に変位信号を送る。以上の過程を高速に繰り返す事によって実時間で、制御装置と計算機を組み合わせたハイブリッド実験を行う。なお計算時間間隔は構造系応答解析ユニットでは 10msec、コントローラユニットでは 1msec で行った。

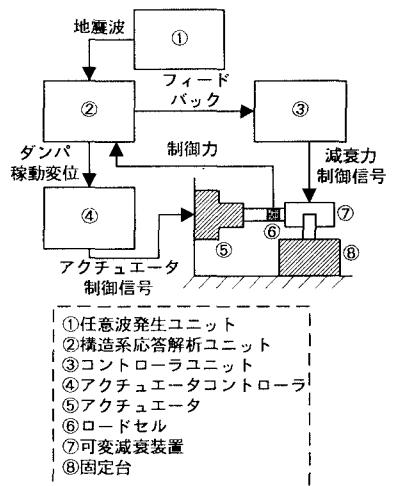


図1 ハイブリッド実験の構成

3. 構造モデルおよび制御則

可変減衰装置を用いて震動制御を行う対象として免震構造物を採用した(図 2)。免震層をモデル化するには汎用性のある versatile 型の非線形履歴モデルを用いており、免震支承の特性を良く再現できる。免震層での変位応答を軽減することを主目的として補助的にダンパを免震層に設ける。また可変減衰装置による制御効果の比較を行う上で線形減衰を持つダンパ(パッシブダンパ)を考える。ダンパの減衰係数は地震波最大速度 50kine 入力時に最大減衰力が構造物の総重量の 3 ～4% になるように設定した。その時の構造系の減衰定数は 15cm 振幅時に等価線形化手法を用いて算出すると 35% 程度である。

3.1 半摩擦型ダンパによる制御

この制御方法では制御力に上限を設け摩擦型ダンパの履歴を描くように可変減衰装置をコントロールする。ただし小振幅時には摩擦力を高く設定していると、等価剛性が高くなるため同時に固有周期も高くなり免震効果が薄れてくる。そこで小振幅時には比較的高い減衰定数を持つ線形減衰ダンパとして働き、設定値で頭打ちになるように減衰力をコントロールする。これにより過度の剛性の変化を回避することができ、効果的にダンパとして地震入力エネルギーの吸収が行える

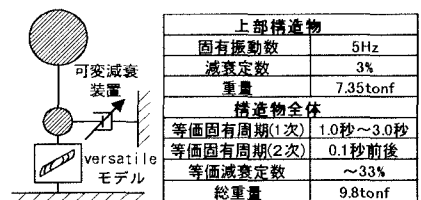


図2 免震構造モデル

キーワード：可変減衰装置、セミアクティブ制御、実時間ハイブリッド震動制御実験

連絡先(宇治市五ヶ庄京都大学防災研究所・電話 0774-38-4065・FAX 0774-38-4070)

3.2 絶対速度比例型制御

この制御方法では制御対象構造物を一自由度系とみなし、絶対速度応答に比例するように減衰力を制御する。いわば構造物と絶対座標系における固定点の間にダンパを設けるといものである。ただしダンパには構造物の加振能力がないので、ダンパの稼働方向と制御力が同じ向きになる場合は制御力を 0 にする。絶対速度のみに減衰を付加した時の地動に対する建物の絶対応答の周波数応答関数を図 3 に示す。

これらの制御効果の比較を図 4 に示す。最大応答変位、最大減衰力およびベースシア係数は線形減衰ダンパによる応答値を 1 として基準化している。いずれの制御方法も無制御に対して最大応答変位を 3 分の 2 程度に軽減することができている。さらに半摩擦型制御では最大減衰力を、絶対速度比例型ではベースシア係数をパッシブダンパによる制御に比べ大幅に低減しており、それぞれアクティブ制御の長所が発揮されている。

4. ハイブリッド実験結果

オイル型可変減衰装置を用いて半摩擦型制御および絶対速度比例型制御を行ったハイブリッド実験結果を図5に示す。入力として八戸の地震観測記録(1968, NS)の最大速度を 50kine に修正した地震波形を使用している。

解析結果と減衰力の履歴曲線を比較してもわかるようにうまく減衰力をコントロールでき、また構造物の応答変位や加速度応答も良い一致を見せている。試作した可変減衰装置が構造物に設置された場合にも減衰力をコントロールできることが確認でき、ハイブリッド実験の有用性を示すことができた。

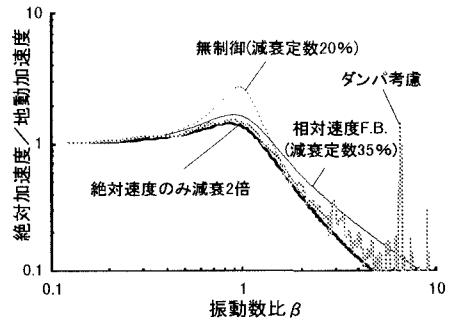


図 3 周波数応答関数

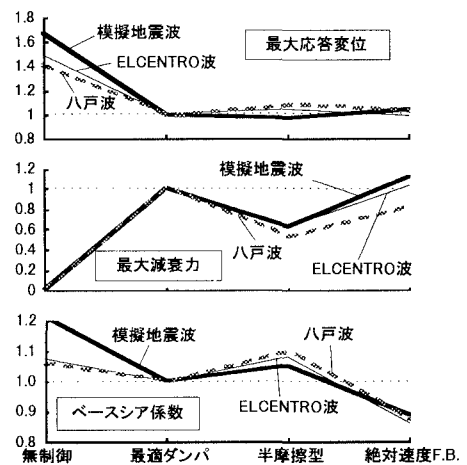


図 4 制御効果の比較

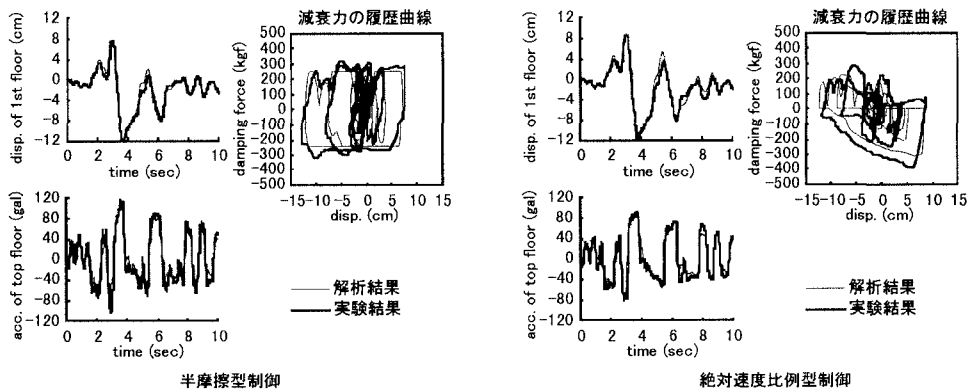


図 5 ハイブリッド実験結果（入力：八戸波 50kine）

5. 結論

オイル型可変減衰装置に関してはハイブリッド実験を通して発生減衰力の制御が可能であることを示すことができたが、電磁型可変減衰装置については良い実験結果が得られなかった。しかし電磁型可変減衰装置はオイル型に比べ多くの長所を持っており、実用化できる装置を製作するための課題を克服していく方法を現在のところ考案している段階である。