

京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和
 京都大学工学部 学生員 ○岸田 誠司

1. はじめに

本研究では、非定常な外乱に対しての補助マスの反応性を高め、変位制約を考慮するために提案されている可変減衰型セミアクティブマスダンパーによる構造物の振動制御手法を検討した。可変減衰マスダンパーの減衰は、構造物の応答によって補助マスが可動範囲内で最大限の変位振幅で運動することを目標として制御される。本研究では、可変ゲイン制御理論に基づいた制御アルゴリズムを適用した場合に着目した。

2. 可変減衰型マスダンパー装置

本研究では、可変減衰型マスダンパー装置として、図 1 に示す電磁ダンパーとばねから構成された装置を想定したモデル化および解析を行った。電磁ダンパーの減衰はコイル部に流す電流によって、最大減衰比 $h_{\max}=22.62\%$ 、最小減衰比 $h_{\min}=5.55\%$ の範囲で制御できるものとする。ダンパーの制御力は、補助マスの相対速度とダンパーの減衰係数との積により決定されるため、ダンパーの出力可能な制御力は制御力-相対速度平面上で表せば図 2 の斜線部分で示される領域となる。補助マスの可動範囲は $\pm 15\text{cm}$ とした。

3. 制御アルゴリズム

ダンパーの減衰を制御するアルゴリズムを可変ゲイン制御理論¹⁾に基づき作成した。可変ゲイン制御理論は変位制約を考慮した非線形制御理論であり、補助マスの速度を算出するための制御ゲイン β は構造物の振動エネルギー E の関数として図 3 のように決定される。こうして算出された制御力に最も近い減衰力を発生するようなダンパー減衰を前節図 2 の制約条件を満足するように与える。

4. 解析モデル

図 4 に示すようにマスダンパー装置を 1 自由度系の構造物に取り付けたモデルを想定して解析を行った。構造物とダンパーに関するパラメータとして、質量比 5%、振動数同調比 0.99、減衰定数 2%を設定している。

5. 解析結果

5.1 制振効果

セミアクティブ、TMD、無制御の場合において El-Centro 波の最大加速度を 100gal にスケーリングしたものを入力したときの制振効果について調べた。構造物の変位応答の時刻歴を図 5 に示す。セミアクティブの方が TMD に比べ最大で約 36% 応答を低減できている。しかし、入力開始から 5 秒後程度までは制振効果の改善は小さなものに留まっている。

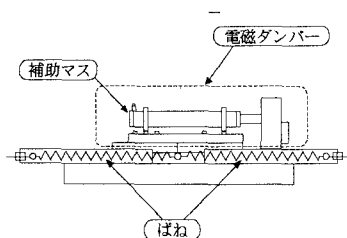


図1 マスダンパーの概略図

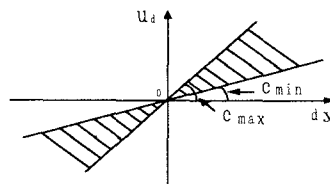


図2 出力可能な制御力の範囲

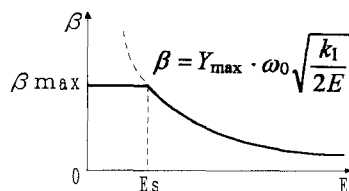


図3 制御ゲインと振動エネルギーの関係

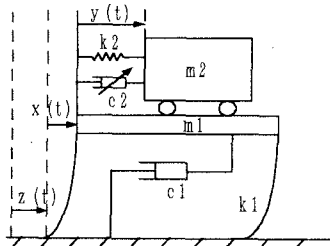


図4 解析モデル

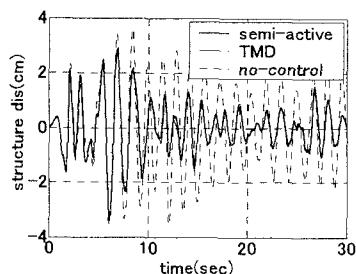


図5 構造物の変位応答の時刻歴

5.2 補助マスの変位の時刻歴

El-Centro 波の最大加速度を 100gal にスケーリングしたものとスケーリングを行っていないものを入力したときの補助マスの変位の時刻歴を図 6 に示す。セミアクティブの場合は TMD に比べ、入力直後から大きな振幅で動作しており、また入力が大きくなっても可動範囲として設定した 15cm を超えることなく動作していることがわかる。それに対して、TMD の場合は入力が大きくなると 15cm を大幅に越えてしまうことが示されている。

5.3 ダンパーの制御力の時刻歴

El-Centro 波の最大加速度を 100gal にスケーリングしたものをを入力したときのダンパーの制御力を図 7 に示す。セミアクティブの場合、TMD よりも入力直後から大きな制御力を発生していることがわかる。しかし、入力初期の段階においては大きな補助マスの振幅を得るために減衰係数は小さくなり、大きな制御力が出力される時間が短い。この段階において制振効果に大きな違いが現れにくいのは、この理由によるものと考えられる。

5.4 減衰比の時刻歴

El-Centro 波の最大加速度を 100gal にスケーリングしたものをを入力したときのダンパーに与えられた減衰比の時刻歴を図 8 に示す。このグラフより、可変減衰は制約条件内で主に最小値と最大値の 2 値の切り替えに近い状態で制御されていることがわかる。

5.5 入力レベルと補助マスの最大振幅との関係

スケーリングした El-Centro 波の最大加速度を変化させたものをを入力したときの補助マスの最大変位振幅を図 9 に示した。入力レベルが小さいときはセミアクティブの場合の方が TMD よりも大きな変位振幅で動作し、入力レベルが大きくなるにしたがって TMD の場合は線形的に増加していくのに対し、セミアクティブの場合は可動範囲内に収まるように制御されている。

6. 結論

どのような振幅の入力に対しても補助マスは可動範囲内で動作するように制御されていることが確認できた。また、非定常性の強い地震波においても入力直後から大きな制御力を出力できており、TMD の問題点である、変位制約と非定常入力に対する反応性が改善できていることが示された。これにより、提案されたセミアクティブ制御は有効であると言える。

参考文献

1) 五十嵐晃・家村浩和・塩見豪；AMD の可動質量変位制約を考慮した非線形制御則、第 3 回 振動制御コロキウム PART B 講演論文集、1995 年

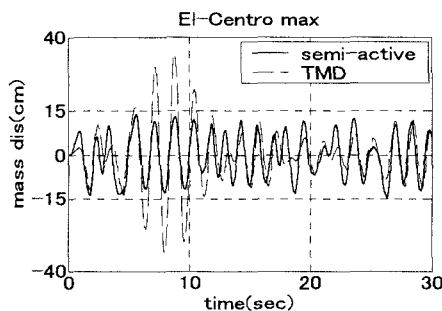
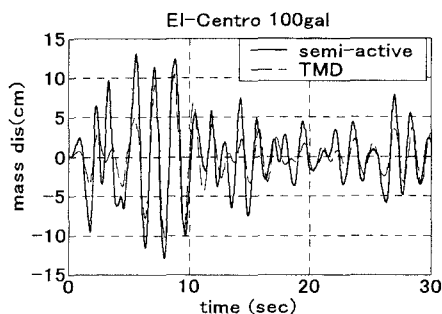


図6 補助マスの変位の時刻歴

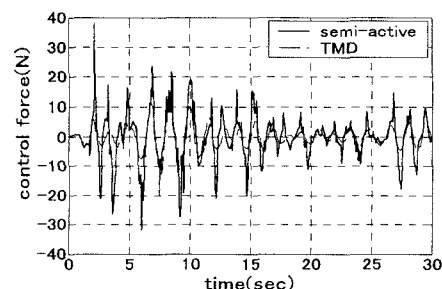


図7 ダンパーの制御力の時刻歴

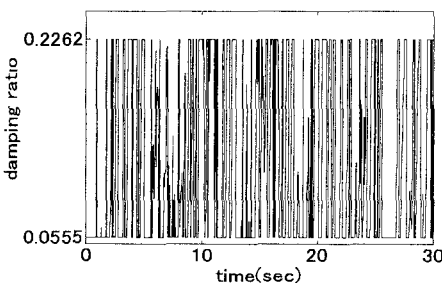


図8 減衰比の時刻歴

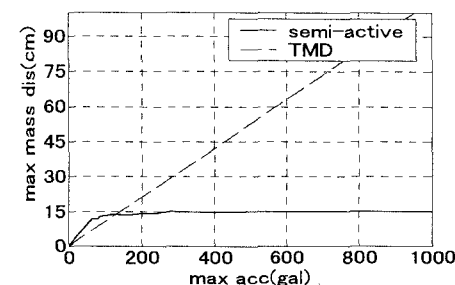


図9 入力レベルと最大変位振幅との関係