制御アルゴリズムによる振動制御の解析的検討

- 京都大学工学研究科 学生員 岸田 誠司 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

<u>1. はじめに</u>

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±15cm とした。

<u>3. 制御アルゴリズム</u>

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 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ー 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。

<u>5. 解析結果</u>

<u>5.1 制振効果</u>

セミアクティブ、TMD、無制御の場合において神戸波の最大加速度を 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 図.5構造物の変位応答の時刻歴 に比べ最大で約39%応答を低減できている。しかし、入力開始から8秒

key words:セミアクティブ、変位制約

〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 tel.(075)753-5088 fax.(075)753-5926



図.2 出力可能な制御力の範囲



図.3 制御ゲインと







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。 5.2 補助マスの変位の時刻歴

神戸波の最大加速度を 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を越える危険性があることが示されている。 5.3 ダンパーの制御力の時刻歴

神戸波の最大加速度を 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。

<u>5.4 減衰比の時刻歴</u>

神戸波の最大加速度を 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

スケーリングした神戸波の最大加速度を変化させたものを入 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。

<u>参考文献</u>

 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



図.9 入力レベルと最大変位振幅との関係