

## 審査の結果の要旨

氏名 栗野 治彦

本論文は建築構造物の地震に対する安全性を高めるセミアクティブ制震法をオイルダンパを用いて実現するための基礎理論と応用技術を論じたものである。本論文は、本文7章及び本文で用いた解析モデルと演算手法を解説した付録から構成されている。

第1章では、本研究の背景及び目的と本論文の構成について示してある。本研究が対象としているセミアクティブ型制震システムを他の制震システムすなわちアクティブ型及びパッシブ型と対比してその違いを述べ、さらに、セミアクティブダンパの力学特性が可変減衰要素と剛性要素が直列する Maxwell モデルで表され、その制御効果の物理的解釈と定量的評価を明確にすることをセミアクティブ制震システム開発の基本課題と位置付けている。

第2章では、制震装置に用いるオイルダンパの力学的性質についてまとめ、さらにセミアクティブ制御システムの基本モデルとなる Maxwell 型ダンパの制御効果について理論的に論じている。Maxwell 型ダンパの制御効果がダンパとフレームの剛性比により限界付けられること、リリーフ機構により荷重制限を受ける場合には付加減衰量がダンパとフレームの剛性比と耐力比を用いた関係式で評価できることを明らかにしている。

第3章では、1 質点系に設置されたセミアクティブダンパの振動制御能力及びその限界について考察している。Maxwell 型セミアクティブダンパには吸収可能なエネルギー量に上限が存在し、これは同じ剛性条件のパッシブ型の約 2.5 倍に相当すること、及び吸収エネルギー量が最大となる履歴ループは変位応答低減に対する最適解であるだけでなく、剛性比が 0.3 程度以下の範囲では加速度応答もパッシブ型より低減できることを示している。この履歴ループを実現するためのダンパの減衰係数は最大/最小の 2 段階に切り替えられるだけでよいことを明らかにし、ON/OFF 型オイルダンパによる制御則を提案している。

第4章では、第3章の結果を多質点系に拡張し、ON/OFF 型セミアクティブダンパのエネルギー吸収能力を活かした簡潔で信頼性の高い制御システムについて論じている。多質点系の場合には、層間速度に混在する高振動数成分によりダンパのエネルギー吸収効率が低下する場合があります、これを解消するには層間速度中の各モード成分の振幅を振動数に反比例させて低減した修正速度信号を制御に用いればよいことを明らかにし、その補償フィルタを設計している。これを用いた分散制御則は、建物全体の状態量を用いる集中制御法とほぼ同等の制御効果を発揮することを確認し、分散型に適した制御系内蔵型セミアクティ

ブオイルダンパの概念を提案している。この装置は、制御に必要な状態量を検出するためのセンサと制御用コントローラを全て装置に内蔵するため、パッシブ型と同等の施工性を確保できるとともに、センサや装置異常が及ぼす影響を最小範囲に留めることができるなど実用性が高いことが述べられている。

第5章では、第4章で提案された制御系内蔵型セミアクティブオイルダンパの概念を具現化した実システムについて論じている。開発したシステムは、ON/OFF型流量制御弁とセンサを組み込んだセミアクティブオイルダンパと制御用コントローラから構成されており、ダンパ本体やリリーフ弁などのハードウェアは既に実用化されているパッシブオイルダンパと共通とし、新規開発部分についてはロバスト性に配慮した設計を行っている。特に、停電や制御系の故障等が生じた場合にはオリフィス式パッシブダンパに自動的に切り替わるフェールセーフ機能を内蔵している。1.5MN型実大試作装置を用いて正弦波加力及び地震応答波加力実験を行い、制御ロジックの正常動作とパッシブの理論値を上回るエネルギー吸収能力を確認している。

第6章では、38階建て高層建物への適用事例について示し、ダンパの配置計画、効果予測法を示し、提案システムが有効に機能することを地震応答解析により明らかにしている。また、装置の故障を想定した応答解析を行いシステム全体の制御安定性について検討し、一部の装置が故障によりパッシブモードに切り替わっても残りの装置が制御を続けることにより全体としてエネルギー吸収が実行され、建物の応答低減が常に最小となるように機能する自律分散型制御システムの利点を示している。次に、本システムが適用された11階建て建物で実施された振動実験結果を基に考察を行い、装置の正常動作及びパッシブの理論限界値を上回る減衰付加能力が確認されている。

第7章では、論文全体のまとめと今後の課題が示されている。

以上のように、本論文はオイルダンパのON/OFF制御によるセミアクティブ制震により従来のパッシブ制震を超える応答制御能力を構造物に与えることができることを理論的に明らかにし、実際の建物に適用してその有効性を検証した点において画期的な成果を得ており、地震に強い建築構造物を構築する耐震設計技術に重要な知見をもたらすものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。