

[別紙2]

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 倉田 成人

本論文は、『セミアクティブ構造制御システムの研究』と題して、新しい構造制御手法に関する基礎研究および応用実施例をまとめたものであり、以下の5章により構成される。

第1章『研究の背景と目的』では、構造制御に関する既往の研究を整理して、本研究の目的が述べられている。構造物の応答を制御する構造制御の手法には、アクティブ制御、セミアクティブ制御、パッシブ制御、免震などがあるが、これらを比較することにより、本研究で対象とするセミアクティブ制御の特長として、高性能、経済性、高信頼性、省エネルギー、省スペース、維持管理の容易さなどを指摘している。本研究の目的は、建築構造物を対象としたセミアクティブ構造制御に関して、1) 基本特性を明らかにすること、2) 多自由度構造物に対する多入力制御手法を提案して解析的及び実験的に制御性能を示すこと、3) 提案した手法を実建物に適用してその有効性を実証すること、としている。

第2章『セミアクティブ構造制御システムの基本特性』では、セミアクティブ構造制御システムを有する1自由度モデルにより基本特性を確認している。調和地動に対する定常応答倍率と1周期のサイン波入力に対する応答倍率を求め、セミアクティブ制御系の基本性能を確認するとともに、地震応答をスペクトル表現して任意の無制御系に対する制御効果を考察している。これらより、1) 変位応答の低減には大きなゲインが有効であるが、加速度応答の低減には適当な大きさのゲインが必要であること、2) 主系に対する付加系の剛性比が大きいほど制御性能が高くアクティブ制御の結果に近づく傾向があること、3) 最適に調整されたパッシブ制御に対してセミアクティブ制御ではさらに応答が低減されること、4) 地震応答スペクトル上で減衰効果が大きい共振周期域では定常応答と同様に応答低減効果が高く、逆に減衰効果が小さい周期域では1サイン波応答と同様に応答低減効果も小さくなること、5) したがって、あらゆる地震動に対する制御効果を保証することは難しいが、本制御手法により、通常の耐震設計手法やパッシブ制御手法よりも高い構造安全性を付与しうること、などを明らかにしている。

第3章『多自由度構造物に対する多入力セミアクティブ構造制御』では、構造制御手法を提案し、制御性能を解析的、実験的に確認している。多自由度系モデルに対して最適制御理論を応用した制御系設計手法を示し、これを振動台実験で用いる3層試験体モデルに適

用して、セミアクティブ制御時の地震応答解析を行い、以下のような制御性能を確認している。1) 制御力に対する重み係数を小さくしていくと大きなフィードバックゲインが得られ、試験体頂部で変位は単調に減少していくが、加速度は重み係数のある値より小さくすると逆に増加していく、2) 代表的なゲインを用いて制御した結果は無制御時と比較して、最大応答値分布、時刻歴波形などに関して高い応答低減効果が得られる、3) 各階のセミアクティブ制御装置の減衰力は最適制御力とよく一致しており、アクティブ制御と同等の高い制御性能が得られる、4) 応答低減効果はセミアクティブ制御装置の設置階が多いほど大きいが少ない場合もそれに応じた効果が得られる、5) 実際の剛性が設計より高い場合には制御効果は劣化するが失われることはなく、速度フィードバック制御のロバスト性により応答は低減される。さらに、模型セミアクティブダンパを設置した3層試験体を用いて、地震波入力に対して応答制御した震動実験により、十分実構造物に適用可能であること、試験体の応答、模型セミアクティブダンパの減衰力とも解析によって再現可能であることを確認している。

第4章『セミアクティブ構造制御システムの実建物への適用』では、セミアクティブ構造制御手法を5層実建物に適用し、大地震に本格的に対応した世界初の実施事例として、その有効性を実証した結果を報告している。建物の地震応答解析を行った結果、制御すべき応答により最適ゲインが異なるので、ベースシアー、層間変形、屋上階加速度の応答を目安に中心的に用いる代表ゲインを選定して、構造安全性および各種機能の健全性をともに確保しうることを確認している。また、地震応答履歴を想定したセミアクティブオイルダンパ単体の動的加力実験により、リリース荷重以下では減衰力指令に減衰力がよく一致することを確認している。さらに、セミアクティブオイルダンパと制御コンピュータ、速度センサから構成されるセミアクティブダンパシステムを建物に設置して、最大加振力 100 kN の起振機による加振実験を行って、セミアクティブオイルダンパの動作性能、無制御の場合と比較した制御効果、解析による減衰効果の定量的評価の妥当性などを確認している。

第5章『まとめ』では、本研究の結論として、建築構造物を対象としたセミアクティブ構造制御の基本特性を明らかにして、提案したセミアクティブ構造制御手法の制御性能を解析的、実験的に示し、さらに、実建物への適用を通じて制御手法の有効性を実証したことが述べられている。

以上のように、本研究は、新しい構造制御手法を基礎研究から始めて応用実施例にまで展開することによって、耐震工学および構造技術の発展に大きく貢献している。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。