

## 審査の結果の要旨

氏名 嶋崎 守

本論文は「固体アクチュエータを用いたスマート構造によるアクティブ振動制御に関する研究」と題し、6章から構成されている。

第1章「序論」では、まず、本研究の背景と目的を述べ、次に関連する既往の研究を詳細に分類して紹介している。そして、本研究の特長が、地上の大規模構造物や大型の機器のアクティブ振動制御など従来困難と考えられていた対象へのスマート構造の適用を目指したものにすることを述べ、最後に本論文の構成を示している。

第2章「スマート構造のための固体アクチュエータ」では、積層型 piezo アクチュエータおよび超磁わいアクチュエータの単体特性実験を行ない、両アクチュエータとも十分に速い応答速度を持っていること、単位長さあたりの最大発生変位は $0.4 \times 10^{-3} \sim 0.8 \times 10^{-3}$ 程度でほぼ同等であること、積層型 piezo アクチュエータの単位面積あたりの発生力は約 $26 \sim 48 \text{N/mm}^2$ で、超磁わいアクチュエータの約 $1.8 \sim 3.1 \text{N/mm}^2$ と比べ、はるかに大きいことなどを明らかにしている。この結果、大きな発生力が必要な場合や軽量・コンパクト性が必要な場合には積層型 piezo アクチュエータの方が有利であり、必ずしも大出力、コンパクトなアクチュエータが必要とされない場合はより頑強な超磁わいアクチュエータが有利であることを示している。

第3章「piezo アクチュエータを用いたスマート構造による建築構造物のアクティブ制振」では、柱に piezo アクチュエータを組込んだスマート構造により建築構造物をアクティブ制振する方法の、実大建物への適用可能性を検討している。そのため、まず、建物の柱に piezo アクチュエータを組込んだ際の発生力の解析方法を提案し、静的加力実験結果および振動実験結果と比較し、その妥当性を示し、従来困難であった制振性能の予測を可能にしている。次に、高さ31mの9階建て実大建物を対象に、スマート構造を適用した場合の制振性能の予測解析を行ない、アクティブ・マスダンパによる制振と比較して同等以上の制振性能を有することを示している。

第4章「piezo アクチュエータを用いたスマート構造による免震精密生産施設の総合的アクティブ微振動制御」では、半導体工場などの精密生産施設、特に、実用化が始まっている免震精密生産施設を対象として、ますます高度化する微振動低減要求に答えるためには機器を対象とした局所的なアクティブ微振動制御では今後対処しきれなくなるとの立場から、piezo アクチュエータを用いたスマート構造によって、製造フロア全体や建物全体をアクティブ微振動制御するシステムを検討している。総質量6.9tの建物モデルを用いた振動制御実験の結果、粘性せん断型ダンパを用いたパッシブ免震システムは水平方向の微振動に対してかなり有効であること、パッシブ免震に柱・はりへ piezo アクチュエータを組み込んだスマート

構造は水平方向の微振動に対して更に低減効果があること、また、鉛直方向にはパッシブ免震は対応できないので、スマート構造は非常に有効であることを示している。この結果より、より低コストで現実的なシステムは、粘性せん断型ダンパを用いたパッシブ免震に、制御対象床のほりに piezoアクチュエータを組み込んで上下動をアクティブ制御するシステムであることを示している。

第5章「超磁わいアクチュエータを用いたスマート構造による天井懸架型手術顕微鏡のアクティブ微振動制御」では、天井スラブの微振動が顕微鏡に伝わって手術に支障をきたす場合のある天井懸架型手術顕微鏡を対象として、超磁わいアクチュエータを用いた制御装置を介して顕微鏡を支持してアクティブ制御する方法を検討している。アクティブ微振動制御実験の結果、顕微鏡先端の振動（絶対）変位を最大約18%に低減することが可能であること、様々な姿勢において、同一の制御器で良好な制御性能を得られることを示している。さらに、制御系が不安定になるような外乱に対しては、開発したアクティブ・パッシブ切換え制御が有効であることを示している。

第6章「結論」は、以上の結果を総括したものである。

以上を要約すると、本論文は、建築構造物のアクティブ制振、免震精密生産施設のアクティブ微振動制御、天井懸架型手術顕微鏡のアクティブ微振動制御へのスマート構造の適用可能性について、固体アクチュエータと大型の建物モデルや実用の機器を用いたアクティブ振動制御実験および解析によって検討し、従来困難と考えられていた地上の大規模構造物や大型の機器のアクティブ振動制御へのスマート構造の適用可能性を示したものであり、振動工学・制御工学に寄与するところ大と思われる。

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。

