

氏 名	な 那 須 正
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3586 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	アクティブ制震構造における非共振制御方法に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 鈴 木 祥 之 教 授 井 上 一 朗 教 授 渡 邊 史 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、非定常かつ不確定な地震外乱に対する構造物の応答を制御装置を組み込んで低減せしめる制震技術において、大地震時における効果的な制御を可能ならしめるために、常に構造物と地震動との共振を避けることを目的とした非共振制御を適用した二つのアクティブ制震システムに関する研究を提示したものであり、10章から構成されている。

第1章では、制震構造及びそれを実現するために行われてきた既往研究について整理し、本研究の位置付けを明確にして、本論文の内容の概要を示している。

第2章では、アクティブ・マス・ドライバ・(AMD) システムを適用した三層試験体についての振動台実験結果とそのシミュレーション解析を通して、新たに提案した複合型制御の制御効果の高さと遅れ補償の可能性について示している。また、シミュレーション解析により、大地震時の制御効果に対する本システムの能力の限界について明らかにしている。

第3章では、可変剛性 (AVS) 制震システムにおける地震動分析器の構築方法を示し実証するとともに、無制御時各剛性タイプの応答を表現する地震動分析器を使用した非共振制御方法について提案し、さらに、この制御を実時間で実行するために必要な制御コンピュータ・システムの構成方法について提案している。

第4章では、可変剛性 (AVS) 制震システムの地震時挙動のメカニズムを解明するために行なった単層・三層試験体の振動台実験結果のシミュレーション解析について述べ、実験結果とシミュレーション解析結果の整合から、シミュレーション解析手法の妥当性を示している。次いで、実建物での加振実験結果の解析を試み、加振実験結果には建物二次部材の剛性に起因する非線形性が影響していることを示し、その影響を表現することが出来るシミュレーション解析手法を提示し、同建物での地震観測記録とそれに対する解析結果の整合から、実建物に対するシミュレーション解析手法の妥当性を示している。

第5章では、第4章で妥当性の検証されたシミュレーション解析方法を用いて、非共振制御方法における制御の諸定数が制御効果に与える影響について考察している。

第6章では、第4章での検討を通じて必要と考えられた地震動分析器では表現できない建物二次部材の非線形性を考慮することができる解析モデルを用いて、実時間にシミュレーション解析を行ない、その解析結果に基づく非共振制御を行なうリアルタイム・シミュレーションによる制御方法の構築について示し、その実証を実際の地震観測記録によって行なっている。

第7章では、本システムの適用性を検討するため、可変剛性 (AVS) 制震システムの適用対象として25層の高層建物を選び、可変剛性機構の設置方法を考察するとともに、可変剛性 (AVS) 制震システムのシミュレーション解析により、本システムが共振成分を多く含み、建物にとって最も不利に作用し、通常の耐震設計手法では対応が困難と考えられるような地震動に対しても優れた制御効果を発揮することを、各種地震動に対して考察している。なお、適用方法としては、耐震設計された建物に対する付加的な適用の場合と、本システム設置による制御効果を仮定し部材削減をねらった積極的適用の二つのケースを検討し、特に後者について、設置コストや風荷重時居住性といった点についても考察している。

第8章では、通常の免震構造での長周期地震動に対する共振を懸念して、可変剛性（AVS）制震システムの適用例の一つとして、これまでに検討した非共振制御方法を免震構造に適用したアクティブ免震システムを想定し、解析的に制御効果を検証している。

第9章では、実建物、高層建物あるいはアクティブ免震システムに対する考察で判明した非共振制御方法の不足点を補い、さらに発展させるために、新たな共振検知方法を提案し、第8章で検討したアクティブ免震システムに適用した場合のシミュレーション解析結果から、その有効性を検証している。

第10章では、本研究の成果を総括するとともに、今後の課題を指摘している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、構造物の大地震時における地震応答を低減するために、常に構造物と地震動との共振を避けることを目的とした非共振制御を適用した二つのアクティブ制震システムに関する研究をまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

- 1) アクティブ・マス・ドライバ（AMD）システムに関して、遅れ補償と制御効果の両立が図れる複合型制御を提案し、振動台実験を通じて非共振化が実現できることを示し、確立したシミュレーション解析手法を用いて、本システムの特性を明らかにした。
- 2) 大地震時にも対応可能な可変剛性（AVS）制震システムに関して、適用可能技術としての確立を主眼とした実証的研究として、共振を検知して避ける独自の非共振制御方法を提案し、実現に必要な地震動分析器を構築し、実時間制御を可能とする制御システムの構築方法を示した。
- 3) 可変剛性機構をシミュレートする解析手法を振動台実験や建物加振実験の検証によって確立し、適用された実建物での制御効果について考察した。
- 4) 制御の発展性を高めるためにリアルタイム・シミュレーションに基づく制御方法を実建物制御用に構築し、地震観測により検証し、実建物で必須である制御コンピュータ・システムの更新についての知見を得た。
- 5) 非共振制御方法の適用性について検討するために高層建物への適用について検討し、耐震構造への付加的な適用と、部材削減を含んだ積極的な適用の両方法が大地震に対して有効であることを示した。
- 6) 通常の免震構造での共振の可能性を示し、アクティブ免震システムの構築の可能性を解析的に明らかにし、これまでの知見を生かしてさらに制御効果を高めるための新たな共振検知方法を提案し、アクティブ免震システムへの適用でその制御効果の優位を検証した。

以上要するに、本論文は、建築構造物の非共振によって大地震時の応答を低減するアクティブ制震システムの提案と実建物への適用を行ったものであり、その成果は、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士（工学）の学位論文として価値があるものと認める。また、平成13年2月19日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。