

氏 名	アフシン カラントリ Afshin Kalantari
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2563 号
学位授与の日付	平 成 17 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 土 木 シ ス テ ム 工 学 専 攻
学位論文題目	Artificially Generated Nonlinear Structural System by Smart Seismic Isolation Using Variable Dampers (可変ダンパーによる高機能免震技術を用いた人工非線形構造システム)
論文調査委員	(主 査) 教 授 家 村 浩 和 教 授 松 久 寛 助教授 五 十 嵐 晃

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、地震応答のセミアクティブな制御技術を活用することにより、高度な耐震性能を有する新しい構造システムを実現するための方策として、免震システムと可変ダンパとを組み合わせた高機能免震手法の開発を目的としたものである。高いエネルギー吸収性能と加速度応答の低減効果が得られる非線形履歴復元力特性を人工的に与える制御法を検討するとともに、液体貯蔵タンクや基準建物に適用し、従来型のパッシブあるいはアクティブな制御法との比較を行って、その有効性を検討している。本論文は6章より構成されており、その内容の要旨は、次に示す通りである。

第1章では、まず従来よりの免震システムが、積層ゴムによる低剛性と、粘性、塑性、摩擦などによるエネルギー吸収機構とにより構成されること、およびそれらの問題を新しいセミアクティブ制御により克服しようとする、本研究の目的について述べている。その後、本論文の構成を紹介している。

第2章においては、新しい高機能(Smart)免震システムとして、可変ダンパをセミアクティブに制御して利用する手法を提案している。制御アルゴリズムとしては、効果的な免震効果が得られるように、変位—復元力の履歴特性を規定する手法を提案している。これに基づいて、構造系全体の復元力特性が、人工的に完全弾塑性型に近いヒステリシスを示す新しい制御アルゴリズムを開発している。種々の数値モデル計算に基づき、擬似負剛性制御、スカイフック制御などの従来よりの手法との比較・得失に関する検討を行い、提案手法の有効性を示している。

第3章では、可変ダンパが、前章において提案したセミアクティブ制御アルゴリズムに従って作動し、目標とする制御力を発生することが可能か否かの実験的検証を目的とした研究を実施している。試験装置としては、大質量を有する単純振動系を加振機により振動させ、その振動を利用して変位、速度、荷重を発生させる慣性力型ダンパ載荷装置を利用している。実験より得られた可変ダンパの発生荷重データは、理論における目標荷重と良好な一致を示しており、本研究で採用した可変ダンパの提案アルゴリズムによるセミアクティブ制御が、実現可能であることを示している。

第4章においては、本研究で開発した高機能免震システムの液体貯蔵タンクへの適用について検討している。まず液体貯蔵タンクに特徴的なバルジングやスロッシングといった動特性に着目し、さらに貯蔵液体やタンクに発生する応答を具体的に検討している。入力地震波としては3種を採用するとともに、計算モデルとしては、従来のパッシブな免震システムに本研究の提案システムを加えた6種のケースを対象としている。その結果、従来の単純な免震装置では対策が困難であるスロッシング応答を、本研究で開発した高機能免震システムにより、効果的に低減できることを示している。

第5章では、パッシブ、セミアクティブ、純アクティブの各種の地震応答制御装置による構造物の応答低減効果を合理的に比較するために、米国において提案されている基準(ベンチマーク)建物を対象に、本研究で提案する高機能免震システムを適用し、従来の受動的制御よりも高機能であるのみならず、大きな外部エネルギーを必要とする純アクティブ制御にも匹敵する性能が得られることを示している。

第6章では、上記の各章で得られた結果を要約するとともに、総合的な結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本研究は、セミアクティブ震動応答制御技術を活用することにより高度な耐震性能を持つ構造システムを実現するための方策として、免震システムと可変ダンパを組み合わせた Smart 免震手法に着目し、高いエネルギー吸収性能と動的応答低減効果が得られる非線形履歴復元力特性を人工的に与える制御法を検討するとともに、液体貯蔵タンクなどの構造物に導入した場合について、標準的な受動的あるいはアクティブ制御手法を導入したケースとの比較を通じてその有効性を示したものである。得られた結論は次の通りである。

1. Smart 免震システムにおける可変ダンパに適用するセミアクティブ制御アルゴリズムについて検討し、効果的な Smart 免震効果を得るように変位 - 復元力履歴特性を規定してこれに基づいて人工非線形復元力を発生させる新たな制御アルゴリズムを提案した。種々の数値モデル計算に基づき擬似負剛性制御、スカイフック制御等の従来の手法との比較・得失に関する検討を行い、提案手法の有効性を示した。
2. 提案アルゴリズムの実現性を実証するとともに、具体的なダンパによる性能の検証を目的として、提案制御アルゴリズムを可変ダンパに実装し、慣性力型ダンパ载荷装置を用いた動的载荷試験を行った。実験的に得られた可変ダンパの発生荷重データは理論における目標荷重と良好な一致を示しており、提案アルゴリズムに基づくセミアクティブ制御が実現可能であることを確認した。
3. 液体貯蔵タンクへの Smart 免震システムの適用について検討した。液体貯蔵タンクに特徴的な動特性に着目しながら貯蔵液体やタンクに生じる地震時応答を具体的に検討し、単純な免震装置では対策が困難であるスロッシング応答を効果的に低減できる事を示した。
4. 各種の地震応答制御装置による応答低減効果を合理的に比較するために提案されている基準建物を対象に、本研究で提案する Smart 免震システムを適用し、受動的制御よりも高性能であるのみならず、標準的なアクティブ制御法にも匹敵する性能が得られることを示した。

以上のように、本論文は、地震応答を制御する新しい手法として、可変ダンパをセミアクティブ制御して得られる人工非線形構造システムの基礎概念を構築するとともに、これを応用した高機能免震システムを提唱し、液体貯蔵タンクや建物に適用して、その有効性を立証したものである。学術上、實際上寄与するところが少なくなく、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成17年8月11日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。