

氏 名	しらやま あつこ
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	工 博 第 2910 号
学位授与の日付	平 成 20 年 3 月 24 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 建 築 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	履歴減衰と粘性減衰を有する免・制震構造システムの地震応答と減衰効果

論文調査委員	(主 査) 教 授 鈴 木 祥 之	教 授 家 村 浩 和	教 授 林 康 裕
--------	----------------------	-------------	-----------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、履歴減衰と粘性減衰を有する免・制震構造システムを対象として、その地震応答について定量的な分析を行うとともに、履歴減衰と粘性減衰の減衰効果および効率について定性的に評価し、免・制震構造システムの効果的な設計法について提案したものであり、7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究に至る研究背景、既往の研究について述べるとともに、本論文の研究目的、位置づけを明確にし、さらに各章の構成について説明している。

第2章では、履歴系ダンパーと粘性系ダンパーを併用した免震層を建物の基礎あるいは中間層に設けた免震構造システムについて、「免震層に粘性減衰を単純に付加させたケース」と「履歴減衰と粘性減衰の量を調整・変化させたケース」の地震応答と減衰効果について検証を行った。免震層に粘性減衰を単純に付加させたケースでは、基礎免震建物ならびに中間層免震建物の免震層上層部での応答をあまり増大させずに、免震層の最大変形を抑制できる有効な設計法であることを示した。また、免震層の変形が同一となるよう履歴減衰と粘性減衰の量を調整・変化させたケースでは、免震層のみならず、基礎免震建物ならびに中間層免震建物の免震層上層部、免震層下層部において大幅な応答の低減が可能であることを明らかにした。

第3章では、地盤の粘性減衰を考慮した免震構造システムの地震応答と減衰効果について検討を行った。その結果、基礎免震構造システムは地盤の粘性減衰の影響をあまり受けないが、中間層免震構造システムにおける免震層下層部の応答は、地盤の粘性減衰の影響を大きく受け、中間層免震構造システムは、基礎免震構造システムとは異なり、周辺地盤に対する逸散減衰の影響を無視できない結果となり、通常設計した建物とは異なった地盤連成系を構成することを指摘した。さらに、弾性1次固有周期が長くなる構造システムは、免震層下層部だけでなく上層部の応答においても、地盤の粘性減衰の影響が生じることを示した。地盤の粘性減衰の相違による各免震構造モデルの減衰定数の変化は、中間層免震構造物と地盤との動的相互作用の影響を説明する上で最も密接に関連し、中間層免震構造物と地盤との動的相互作用の影響は免震層の累積塑性変形倍率（エネルギー吸収）という評価指標において現れることを明らかにした。

第4章では、履歴系ダンパーと粘性系ダンパーを併用した制震構造システムの地震応答と減衰効果について検証を行った。最大応答層せん断力係数、最大加速度応答の地震応答については、履歴減衰と粘性減衰を併用するモデルの粘性部材の総剛性の影響を大きく受けることがわかった。また、制震構造システムの層間変形が大きくなる応答状態では、粘性減衰よりも履歴減衰によるエネルギー吸収量が相対的に大きくなることを指摘し、履歴減衰と粘性減衰を効果的に配分することにより応答低減が可能であることを示した。また、累積塑性変形倍率の値について、履歴減衰の値が大きく、履歴減衰と粘性減衰を併用するモデルの粘性部材の総剛性が高い制震構造システムほど、粘性減衰の併用効果が履歴減衰の配分に応じて比例的に生じず、履歴減衰によるエネルギー吸収量が相対的に大きくなることを明らかにした。

第5章では、地盤の粘性減衰を考慮した制震構造システムの地震応答と減衰効果について検討を行った。構造物のせん断力応答に代表される通常地震応答解析で用いられる評価指標については、構造システムの履歴減衰による影響が大きくな

る場合、地盤との動的相互作用の効果は小さい傾向にあることを示した。また、地震入力エネルギーの消費分担割合を明らかにすることにより、エネルギー吸収性能が比較的高い制震構造モデルにおいても、地盤のせん断波速度の値が小さい軟弱地盤相当のケースが想定される場合には、地盤の粘性減衰効果が期待できることを示した。さらに、履歴減衰の値が比較的大きくなるような場合、地盤との動的相互作用の効果は、構造物の耐震安全性の評価指標である累積塑性変形倍率に現われ、高い履歴減衰をもつ制震構造システムにおいても、耐震安全性の向上に大きく寄与していることを明らかにした。

第6章では、木造建物の耐震補強用に開発された梯子状梁に粘弾性ダンパーを取り付けた場合の耐震補強効果について振動台実験により検討を行った。履歴減衰をもつ梯子状梁に粘弾性ダンパーを組み込むことにより、変位応答の低減効果を確認した。また、梯子状梁の等価粘性減衰定数が5%程度であるのに対し、梯子状梁に粘弾性ダンパーを組み込むことで、12%~18%程度の高い等価粘性減衰が得られることを示した。さらに、粘弾性ダンパーをもつ梯子状補強材を伝統木造軸組に取り付けた場合、軸組の変形増大にともなうかたちで、伝統木造軸組の耐力と剛性が増加するとともに、復元力特性のループ面積全体についても増大し、耐震補強材として有用であることを示した。

第7章は結論であり、第2章から第6までの各章で得られた知見について要約し、総括的な成果を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、履歴減衰と粘性減衰を有する免・制震構造システムを対象として、その地震応答について定量的な分析を行うとともに、履歴減衰と粘性減衰の減衰効果および効率について定性的に評価し、免・制震構造システムの効果的な設計法について提案したものであり、得られた成果は次の通りである。

- 1) 履歴系ダンパーと粘性系ダンパーを併用した免震層を建物の基礎あるいは中間層に設けた免震構造システムの地震応答と減衰効果について検証を行い、履歴減衰と粘性減衰の量を調整・変化させることにより、免震層のみならず、免震層上層部、免震層下層部において大幅な応答の低減が可能であることを明らかにした。
- 2) 地盤の粘性減衰を考慮した免震構造システムの地震応答と減衰効果について検討を行い、基礎免震構造システムは地盤の粘性減衰の影響をあまり受けないが、中間層免震構造システムにおける免震層下部の応答は、地盤の粘性減衰の影響を大きく受け、地盤に対する逸散減衰の影響を無視できないことを指摘した。また、構造システムの固有周期が長い場合、地盤の粘性減衰の影響は、免震層上部の応答、免震層の累積塑性変形倍率に現れることを明らかにした。
- 3) 履歴系ダンパーと粘性系ダンパーを併用した制震構造システムの地震応答と減衰効果について検証を行い、層間変形が大きくなる応答状態では、粘性減衰よりも履歴減衰によるエネルギー吸収量が相対的に大きくなることを指摘するとともに、履歴減衰と粘性減衰を効果的に配分することにより応答低減が可能であることを示した。
- 4) 地盤の粘性減衰を考慮した制震構造システムの地震応答と減衰効果について検討を行い、制震構造システムにおける地震入力エネルギーの消費分担を明らかにし、地盤のせん断波速度が小さい場合、制震構造システムにおいて地盤の粘性減衰効果が期待できることを示した。
- 5) 木造建物の耐震補強用に開発された梯子状梁に粘弾性ダンパーを取り付けた場合の耐震補強効果について振動台実験により検討を行い、履歴減衰をもつ梯子状梁に粘弾性ダンパーを組み込むことにより、15%程度の高い等価粘性減衰が得られ、変位応答の低減効果を確認し、耐震補強として有用であることを示した。

以上、本論文は、免・制震構造システムにおける履歴減衰と粘性減衰による減衰効果を適切に評価したものであり、免・制震構造システムの耐震設計法に大いに有用であることから、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あるものと認める。また、平成20年2月27日、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。