

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 程 春

審査委員会は、上記論文提出者が提出した博士学位請求論文「Hybrid Seismic Retrofit Systems Using TMD and Soft-first Story Principle (同調マスダンパーとソフトファーストストーリーを用いた制振改修法に関する研究)」に対し、提出約 1 年前の予備審査、本論文と提出者が審査委員に対し個別に行った説明、及びその時の質疑応答、論文発表会(口頭による最終試験)とその時の質疑応答及び指摘事項に対する提出者の応答、論文発表会後に開催した審査委員会での審議を通し、当該論文の審査を行った。その審査結果を下記にまとめる。

本論文は、主に、2011 年の東日本大震災時の鋼構造建物が、構造的被害はなくとも非常に大きな応答を発生したことなどに着目し、このような既存建物の大きな応答を軽減する方法として、ソフトファーストストーリーと同調マスダンパー(TMD)を組み合わせた制震改修方法を提案し、その効果について詳細に調査したものである。数値解析と振動台実験を行い、その提案と理論の整合性を検証している。また、お天気カメラ等を用いた大地震時の建物の挙動計測方法についても併せて提案している。

第 1 章では、2011 年 3 月 11 日の東日本大震災等の過去の地震による被害を中心に、鋼構造建物の応答の大きさについて述べ、ソフトファーストストーリー工法の現状や TMD の応用事例について整理している。ついで、ソフトファーストストーリーと TMD を組み合わせたハイブリッド型制震改修法について提案し、その利点について述べている。

第 2 章では、提案するハイブリッド型制震法とその仮想質量比の考え方、この方法を用いた場合の改修のバリエーションについて述べている。

第 3 章では、既往の TMD とその最適化理論について述べ、さらに、第 1 層に TMD を設けるという本論文での提案手法の利点を利用し、地上と TMD をダンパーで結ぶ、新型 TMD(Non-traditional TMD) についても提案、簡単なモデルによる振動台実験も行い、新型 TMD の有効性を評価している。

第 4 章では、主に数値計算を用いて、提案しているハイブリッド型制震法の有効性について調査している。6 種類の数値解析モデルに対しモード分析と地震応答解析による分析を行った結果、1 階部分の層間変形角は増加するが、最上階

の加速度応答が減るなど、提案手法の有効性を確認している。

第 5 章では、第 4 章で調査した、ハイブリッド型制震法についてスケールモデルを用いた実験を行い有効性を確認している。実験は相似則を考慮し、既往のベンチマークモデルに従っている。ダンパーとして空気ダンパーや摩擦ダンパーを用い、ソフトファーストストーリーの実現の方法として、単純に 1 層の剛性を弱めるものと、上階の剛性を相対的に強めるものなどのモデルを設定している。

第 6 章では、応用上の考察として、新型 TMD と地面との間をさらにバネで結合した場合の性質やシステムのロバスト性、初期変位法の応用などについて数値計算によって考察している。

第 7 章では、お天気カメラや監視カメラなどの固定カメラ映像に基づいた建造物の動的挙動計測法について述べている。振動台実験も行い、また、東日本大震災時のお天気カメラの映像を基に行った分析結果についても述べている。

第 8 章では、以上の研究成果についてまとめている。主な成果として、ソフトファーストストーリーと TMD を組み合わせた新しい制震改修法を提案し、その効果について調査した点、1 層を柔らかくするだけでなく、1 層に質量があることを利用してこれを地面と結合する新型 TMD 工法を提案し、その有効性について調査した点、固定カメラ映像に基づいた新しい建造物の動的計測を提案し、実測や振動台実験で有効性を確かめた点、等を挙げている。

さらに、今後の課題として、第 1 層の  $P-\delta$  効果の影響に関する詳細な調査、地盤周期の影響、想定外の地震の影響とそれに対する対処、画像測定に用いるカメラの面外の動きの調査、等を挙げている。

以上、ソフトファーストストーリーと TMD を用いた新しい制震改修法の提案、地面と TMD を直接結ぶ新型 TMD の提案、固定カメラの画像を利用した建物の測定法の提案、そしてそれらの効果について数値解析及び実験に依って確認していることなど、本論文で示している一連の研究成果は研究上の新規性もあり一定の学術的水準をもって調査研究がなされており、工学的な有用性も有していると同時に、今後の設計などへの応用の可能性をも示唆していると評価できる。

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。