

京都大学	博士 (工学)	氏名	佐分利 和宏
論文題目	建築構造物の機能性向上に資する TMD 免震機構と鉄骨有孔梁機構の開発		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文では、天井の損傷、什器の転倒や揺れに対する人の心理などが応答加速度に関係すること、応答加速度低減が期待される免震構造においても様々な制約条件下ではその実現が難しいことを背景に、免震構造の2次モードに同調させる TMD (Tuned Mass Damper) の制振効果を明らかにするとともに、最上階の構造架構を直接 TMD として活用する新しい構法を提案している。また提案する TMD システムに想定以上の地震動が作用した場合、TMD の一部をなす架構は大変形を引き起こし、部材の塑性化と損傷の進展が懸念されることを踏まえ、鋼梁に対する簡便な補強工法を提案している。本論文は下記に示す全 5 章から構成されている。</p> <p>第 1 章では序論として、本研究の背景と関連する既往の研究と現状の問題点、論文全体の構成について述べている。</p> <p>第 2 章では、2008～2012 年に設計された免震建物に関する公表情報から免震構造の特性を概説したうえで、調査全建物 184 件のうち 34 件において、上層階の最大床加速度応答が 3.0m/s^2 を越えていることを確認し、またその傾向は、高層免震建物に比べ中低層免震建物で顕著であり、鉄筋コンクリート構造より鉄骨構造での発生頻度が高く、建築用途として事務所が多いことを明らかにしている。さらに 5, 10, 15 質点系の基礎免震構造モデルを用いた地震応答解析により、免震構造の上層部加速度応答には、免震層の減衰量や免震層の初期剛性、2 次剛性比が大きく影響しており、特に 2 次モード成分の増加が大きな影響を与えることを確認している。</p> <p>第 3 章では、諸般の制約から上層部の加速度が大きくなる免震構造に対して上層階加速度応答の低減を目的に、屋上階の重量を利用したパッシブ型 TMD を利用したシステムを検討している。本章では、第 2 章において示した 5, 10, 15 質点系モデルを使い、免震層に粘性減衰系もしくは履歴減衰系を有する免震構造を模擬し、TMD を設置したときの応答性状を、TMD の同調周期、減衰定数等をパラメータとした時刻歴応答解析により明らかにしている。</p> <p>その結果、粘性減衰系免震構造に取り付く TMD には上層部最大加速動応答を低減する効果が高く、上層部最大加速動応答の低減に効果的な同調周期は、主架構の 1 次周期だけではなく 2 次周期付近にも存在することをみいだしている。履歴減衰系免震構造も同様で、TMD の固有周期に対して最上階最大加速度応答は変化し、主架構の固有周期付近に極小値を持つ。しかしその現象は粘性減衰系免震構造と異なり、2 次周期との同調において確認され、また低減効果は粘性減衰系免震構造の場合より大きくなることを確認している。</p> <p>1 次、2 次周期に同調させた場合の TMD の応答についても検討し、1 次周期に同調させた場合に比べ、2 次周期に同調させることで、TMD の速度・変位応答は大きく減少し、TMD として現実的に機能できることを、粘性減衰系、履歴減衰系免震構造の両者において検証している。その他、入力地震動をホワイトノイズとした場合の TMD 効果や最</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	佐分利 和宏
<p>適同調周期に関する考察を通じて、実設計される免震構造において TMD を用いた制振効果を得るためには、系の 2 次周期に同調させることが最も有効であることを示している。</p> <p>上記の結果を踏まえ、最上階の層剛性、層重量を意図的に調整し、系の 2 次周期と同調させた最上階 TMD 機構による加速度低減手法を提案し、その概略設計を通じて提案機構が実際上無理なく実現できることを検証している。</p> <p>第 4 章では、補強材としてフラットバー (FB) を貫通孔上下のウェブ面にフランジと平行に取り付けた補強 (FB 補強) を提案している。提案 FB 補強は、鉄骨梁の貫通孔によって生じた断面欠損や局部座屈の早期発現による梁耐力の低下に対して、FB やアングルを用いることで無開孔梁と同程度の塑性耐力を維持することを意図している。まず FB 補強に関する FEM 解析により、無開孔梁に相当する塑性耐力や変形性能を確保できる FB の寸法 (板厚, 幅, 余長), せん断スパンを同定するとともに、FB の代わりにアングルを使用した場合の効果についても検討している。</p> <p>さらに解析結果に基づいて設計した FB 補強試験体を多数製作し、これらへの準静的載荷実験から、提案 FB 補強では、無補強有孔梁に比べて塑性耐力は増大し、また無開孔梁と同程度の変形性能も確保できるなど、無開孔梁と同等の耐震性能が得られることを明らかにしている。また FB 補強された開孔部の応力状態を想定し、フィーレンディール作用を考慮した有孔部耐力の耐力予測式を構築し、同予測式によって得られた予測値と実験値は、適度な安全率を持ちつつ良い対応を示すこと実証している。</p> <p>第 5 章では、各章で得られた知見をまとめている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

地震時の床加速度応答は、天井などの 2 次部材の損傷や家具什器の転倒などに大きな影響を及ぼすが、その低減効果が期待される免震構造においても、さまざまな制約条件下ではその効果を十分に発揮することは難しい。本論文では、中低層免震建物の上階部分に TMD (Tuned Mass Damper) としての機能を内包させた機構と、その機構が想定外の地震を被った場合でも十分な塑性変形能力を維持できる鉄骨梁貫通孔補強機構を提案している。これら提案機構に対し、その力学的性状を解析的・実験的に検討した本論文は、次の点で際立っている。

- (1) 実設計された免震建物に関する公表情報から、中低層鉄骨免震建物の中には床加速度応答に対する低減効果が十分でないものがあること、解析的検討から免震層諸元と床加速度応答には相関があり、特に 2 次モードの励起によって床加速度応答の増大が生じていることを見いだした。
- (2) 免震層に粘性減衰系・履歴減衰系ダンパーを有する中低層免震建物モデルを対象に、頂部に TMD を設置したときの応答性状を、TMD の同調周期・減衰定数等を変数とした一連の時刻歴応答解析から検討した。その結果、履歴減衰系ダンパーが配置されている場合、免震建物に配置された TMD を系の 2 次周期に同調させることが、床加速度応答低減に最も有効であることを明らかにした。
- (3) TMD 同調周期が系の 2 次周期であるという特性を用いれば、屋上階の層重量や最上階の層剛性を積極的に利用した TMD が十分実現可能であることを、試設計を通じて確認した。
- (4) 補強材としてフラットバーを貫通孔上下のウェブ面にフランジと平行に取り付けた新たな補強方法を提案し、解析と実験を通じてその力学的特性を検討したうえで、補強開孔部の耐力評価式を構築した。

以上、大地震時における床加速度応答の低減を目的に中低層免震構造に TMD を適用したシステムと、鉄骨梁貫通孔にフラットバーを用いた実効性・汎用性のある補強工法を提案し、その妥当性と有効性を示した本論文は、免震構造の耐震性能向上に大いに寄与する内容である。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 28 年 8 月 6 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。