

外20-38

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

コイルスプリングと粘弾性ダンパーを用いた
建物防振構法に関する研究

STUDY ON BUILDING VIBRATION ISOLATION SYSTEM
WITH SPRING AND VISCOELASTIC DAMPER

申 請 者

高木 政美

Masayoshi Takaki

2000 年 /2 月

人間は利便さ、豊かさを求めて技術革新を行ってきた。ところが、最近では、地球温暖化・酸性雨などの地球環境問題、工場などから排出される汚染物質による土壌汚染問題などの環境問題がクローズアップされている。これらより身近な生活環境に関する問題として、工場や建設工事あるいは鉄道、道路などから発生する騒音・振動や建物内外に設置される建築設備から発生する振動も環境問題の一つとして挙げられる。

近年、市街地では鉄道軌道や道路に近接して、戸建住宅、集合住宅、オフィスビル、ホテル、病院、音楽ホール、スタジオ等の建物が建設されるケースが増えている。ここで問題となるのは、鉄道軌道や道路から地盤を介して伝搬してくる振動が建物に入射され建物躯体を伝搬して、建物内で体感振動となったり、固体伝搬音として放射され、好ましくない振動・騒音の室内環境となることである。

これらの対策方法として、建物内部を防振装置で支持する浮き構造、基礎版重量を大きくして地盤からの振動伝搬による揺れを低減する重厚底盤工法や、地下階がある建物では山留め壁と地下階の外壁の間にスタイロフォームや防振ゴムを挿入した防振地下壁により地盤から地下階側面への振動の伝搬を低減する構法がある。しかし、浮き構造は、集合住宅やホテルの場合には、各居室に採用することが事実上できない。また、スタイロフォームでは低減効果が小さく、防振ゴムを用いた防振地下壁に重厚底盤工法を併用した場合でも基礎底面からの振動伝搬は十分に低減されない等、必ずしも十分な防振効果が得られるわけではない。

そこで、建物全体を防振できる構法を開発することが必要であると考えられる。本研究で対象とする構法は、建物全体をコイルスプリングと粘弾性液体ダンパーで支持する構法である。実際に建物全体をスプリングで支持する構法は欧米で実績があるが、我が国における適用例はほとんどない。広い適用を目指すためには、その防振効果を確認するとともに振動予測手法を確立する必要がある。さらに、我が国は地震国であることにより、その耐震安全性を十分に検証しておく必要がある。

以上の背景を踏まえ、本研究は、建物全体をコイルスプリングと粘弾性液体ダンパーで支持する防振建物構法を確立するために、本構法の防振効果、耐震性能を実験的、解析的に明らかにし、防振効果、耐震性能を評価する上で有効な解析モデルを提案することを目的としている。

はじめに、建物防振構法に用いるコイルスプリングと粘弾性液体ダンパーの力学的特性を要素試験で明らかにし、その力学モデルを構築する。次に、建物防振構法を適用した試験施設を対象に実施した起振機実験、鉄球落下試験、トラック走行試験時の振動測定結果から建物防振構法の振動特性を把握する。さらに、地盤と構造物の相互作用で用いられる動的サブストラクチャー法により解析的検討を行い、測定結果と比較することにより予測手法の妥当性を確認する。最後に、建物防振構法の耐震安全性を確認する。すなわち、模型試験体を用いた振動台実験

結果と力学モデルを用いて振動台実験結果をどの程度シミュレートできるかを示し、実建物に適用した場合に建物応答が基礎固定の場合に比べどのように変化するか、装置の応答は過大にならないかを地震応答解析により調べ、耐震安全性を確認する。

本論文は全6章から構成されている。以下に、各章の研究成果の概要を示す。

第1章では、本研究の目的、位置づけを明確にするとともに、関連研究の現状についてまとめている。

第2章では、本研究で提案している建物防振構法の構成要素であるスプリングの力学特性を明らかにし、力学モデルの構築を行っている。力学特性は、シングルスプリング単体ならびにシングルスプリング7本から構成されるスプリングユニットの静的水平繰返し載荷試験、静的上下繰返し載荷試験により把握した。大変形時のスプリングの水平剛性、上下剛性には水平・上下の連成効果があるため、水平繰返し載荷試験では上下方向のオフセット変位を、上下繰返し載荷試験では水平方向のオフセット変位をパラメータとした試験を行っている。これらの試験結果から得られた力学特性、すなわち上下変形、水平変形による水平剛性、上下剛性の変化を考慮できる力学モデルを構築した。

第3章では、構成要素のもう一つである粘弾性液体を用いたダンパーの力学特性を明らかにし、力学モデルの構築を行っている。力学特性の把握は、ランダムノイズ加振試験、正弦波加振試験、加振振動数を一定にして加振振幅を変動させるマルチサイクルビート加振試験により行った。これらの試験により、ダンパーの減衰特性の振動数依存性、振幅依存性、温度依存性を明らかにするとともに、大地震時のダンパーの性能を保証するために、地震時以上のエネルギーを吸収してもダンパーの減衰特性が変化しないことを確認した。これらの試験結果を基に振動数依存性、振幅依存性、温度依存性を考慮できる4要素モデルを力学モデルとして構築した。

第4章では、建物防振構法の防振効果の確認ならびに振動予測解析手法の確立を目的として、本防振構法を適用した建物の振動実験とそのシミュレーション解析を行った。対象とした建物は、8.3m×14.8mのコンクリート壁式構造の実験施設である。実験は防振支持方式を防振ゴム、スプリングのみ、スプリング+ダンパー（減衰定数10%、20%の2種類）の計4種類とし、起振機試験、鉄球落下試験、トラック走行試験を行っている。これらの試験から支持方式の違いによる防振効果を把握している。次に、地盤と建物の相互作用効果を考慮でき

る動的サブストラクチャー法を適用した振動解析手法により振動実験のシミュレーション解析を行い、解析手法の妥当性を検証した。

第5章では、防振建物構法の耐震安全性を確認することを目的として、防振建物模型の振動台実験とそのシミュレーション解析ならびに実建物に建物防振構法を適用した場合の地震応答解析を実施した。振動台実験では、地震応答解析を実施した防振構造建物と同様の振動性状を有する建物模型を作製し、3軸振動台を用いて正弦波ステップ加振、地震波加振を行った。これらの結果から、防振建物の振動性状、地震応答性状を把握した。次に、第2章、第3章で示したスプリングとダンパーの力学モデルを用いて振動台実験のシミュレーション解析を行い、力学モデルの妥当性ならびにこれらのモデルを用いた解析手法により防振建物の耐震安全性を論じて良いことを示した。最後に、建物防振構法を適用した実建物の地震応答解析を実施し、防振装置ならびに建物の応答量が許容範囲に収まることを調べ、耐震安全性を確認した。

第6章では、本論文の各章で得られた研究成果を要約している。

以上のように、本論文では、建物全体をコイルスプリングと粘弾性液体ダンパーで支持する防振建物構法を確立することを目的として、本構法の防振効果、耐震性能を実験的、解析的に明らかにしている。さらに、防振効果、耐震性能を評価する上で有効な解析モデルを示している。