

27. ポータブル振動台を用いた建築振動実験教材の開発に関する研究

1110920130 津田史華
指導教員 藤井大地 教授

防災教材 振動教材 卓上振動台 振動模型 2軸加振

1. はじめに

日本は世界でも有数の地震大国であり、過去、地震が発生する度に多大な被害を受けてきた。2020年東京でのオリンピック開催が決定し、近い将来起こることが予想されている南海トラフ地震や首都直下型地震などの巨大地震に対する問題が危惧される中、日本における建築振動（耐震）工学の重要性が高まっている。

しかしながら、日本では、近年の建築振動工学の重要性の高まりとは裏腹に理系離れの進行に伴う建築技術者の減少が顕著であり、伝統的な耐震工法を受け継ぐ人材が不足するおそれがある。地震災害を軽減するには耐震工学を熟知した人材の育成が重要であり、そのためには耐震性の重要性を伝える効果的な教材をつくること大切である。これにより、建物の耐震への意識改革と耐震化対策の推進が可能となる。

本研究の目的は、ポータブル振動台を用いた模型振動実験を取り入れた建築振動工学の講義を展開し、建築振動工学に対する理解度や講義方法などを改善していくことにより、教育効果の高い教材の開発を目指すことにある。

2. 実験概要

2.1 実験模型の概要

本研究では、図1に示すような3種の振動模型を開発した。左は建物の高さによって揺れが異なる共振現象を説明するもので、中央と右は、耐震、制震、免震の原理を説明する立体骨組模型である。ただし、中央の模型は柱と床をゴムの張力で接合し、右の模型は磁石の磁力で接合している。また、図2に示すように、耐震にはヒノキ棒の筋交いを用い、制震にはヒノキ棒同士が擦れ合う手作り模型ダンパーを用いた。また、免震には、箱にビーズを敷き詰めた転がり型免震基礎を作成した。

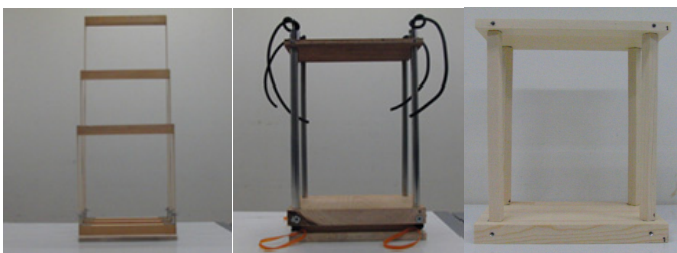


図1 実験模型

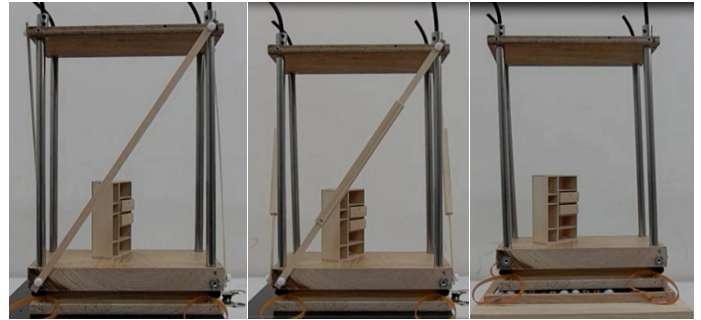


図2 耐震・制震・免震の模型への応用

2.2 実験方法

まず、ポータブル振動台を揺らすために、地震加速度のデータを入手する必要があるが、本研究では、K-NETと呼ばれる防災科学研究所により整備・運用されている強震観測網からインターネットを通じてデータを入手した。そして、パソコンと制御ボックスをUSBケーブルで繋ぎ、『Note shaker』というソフトを使用し、地震波を入力する。最後に実験模型を振動台の上に設置し、実験を開始する。

2.3 実験結果

本研究では、まだ記憶に新しい東北地方太平洋沖地震の宮城県で観測された地震波（MYG006）を用いた。ただし、振動台の設定は、変位倍率4.0倍、タイムスケール250Hz、時間スキップ10秒とした。

図3は、ゴム接合の模型をこの地震波で振動させた時の耐震構造、制震構造、免震構造の揺れの様子を示したものである。

実験では、まず、固定基礎で、筋交い、ダンパーを付けない状態で振動させた。この場合、立体骨組模型は層崩壊を起こし、振動台から崩れ落ちた。このような現象で、耐震を施さない建物がいかに脆いかが体感できた。

次に、耐震構造では、X方向一面のみに筋交いを配置した場合、崩壊はしないもののY方向に大きく揺れる現象が見られた。また、X方向一面、Y方向一面に筋交いを配置した場合は、ねじれ現象が見られた。そして、X方向一面とY方向二面に筋交いを配置した場合は、両方

向の揺れが抑えられ、家具は倒れてしまうが、建物の構造は頑丈で揺れない現象が見られた。

次に、制震構造では、X 方向一面、Y 方向一面に配置した場合、ねじれが緩和される現象が見られた。X 方向一面、Y 方向二面に配置した場合は、建物はかなり揺れるが、建物は倒壊せず、揺れながら地震エネルギーを吸収する様子が見られた。また、設置した家具は、耐震構造同様に倒れた。

最後に、免震構造では、ビー玉を建物模型の下に敷き詰めた転がり免震基礎を設置して振動させた。ただし、建物には、耐震、制震を行っていない状態のものを用いている。この場合、建物全体が大きく水平方向に移動したが、上部構造は倒壊せず、また、設置した家具も倒壊しなかった。本地震波の場合、免震構造でも、上部構造はかなり大きく変形し、免震構造といえども、上部構造は耐震補強をした方がよいこともわかった。

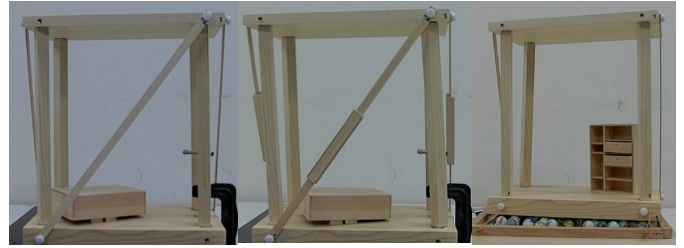


図 4 磁石模型を用いた宮城県での地震の様子

3. 理解度アンケートの結果

千代田高校にて生徒 41 名、呉港高校にて生徒 18 名、沼田高校にて生徒 27 名、忠海高校にて生徒 18 名、宇和島南高校にて生徒 24 名に対して、振動台とゴム接合模型を用いた出張講義を行なった。また、本学科の建築振動学の受講者 51 名に対しても同様の振動実験を行い、作成した模型の有効性を検証した。

図 5 は、それぞれの講義後に回収したアンケート結果の一部を示したものである。その結果、約 9 割の生徒が地震科学に興味・関心を「すごくもてた」または「もてた」との回答を示した。このことから、建築振動工学に対する生徒の理解を得るといふ本研究の目的がほぼ達成されていることがわかった。

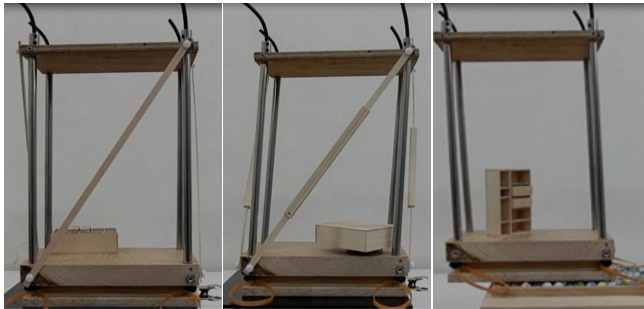


図 3 立体骨組模型を用いた宮城県での地震の様子

以上の実験により、接合にゴムの張力を用いた骨組模型では、耐震構造、制震構造、免震構造のすべての実験で、そのしきみをダイナミックに表現できる模型であることがわかった。しかしながら、講義で実験を繰り返す内に、接合に用いているゴムにひび割れが生じ、張力が低下することがわかった。これは、層崩壊を起こす時に、ゴムが大きく伸びて塑性化してしまうためと考えられる。このため、講義の度に、ゴムを新しくして張力を加える手間がかかるという問題が生じた。

図 4 は、磁石接合の模型を振動させた時の耐震構造、制震構造、免震構造の揺れの様子を示したものである。

はじめに、固定基礎で、筋交い、ダンパーを付けない状態で振動させると、ゴム接合模型と同様に倒壊した。ただし、ゴム模型では床と柱は繋がったまま倒壊するのに対し、磁石模型では、倒壊後、床が柱から離れ、柱もバラバラに飛び散るような倒壊となった。

耐震構造、制震構造では、ゴム接合模型と同様の現象を再現できた。ただし、免震構造では、上部構造に耐震、制震を施さない状態では崩壊した。したがって、もう少し磁力の強い磁石を使うか、免震基礎をさらに滑りやすくするなどの改善が必要であることがわかった。

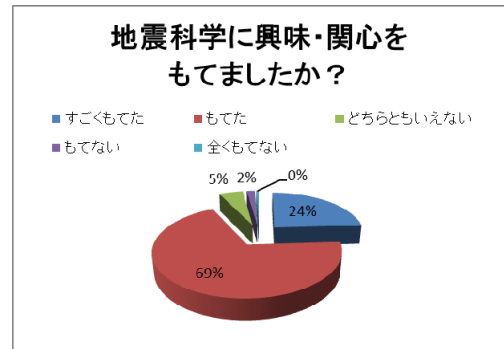


図 5 理解度アンケートの結果

4. まとめ

本論文では、建物の耐震、制震、免震をわかりやすく説明するためのポータブル振動台用の建物模型を開発した。そして、開発した模型を用いて振動実験を行い、建物の振動現象をわかりやすく表現できることを確かめた。また、出張講義等で、実際の講義を行った結果、開発した振動模型が生徒・学生の興味を増進するのに非常に有効であることが確かめられた。

参考文献

- 1) 地震動・建物挙動再現ツール (マイホームぶるる) THK
- 2) 齊藤大樹：耐震・制震・免震のはなし，日刊工業新聞社，2006. 7
- 3) 高橋俊介：耐震・制震・免震の科学，高層建築研究会，2012. 10