

免震材料が加速度に及ぼす影響について

On the effect of seismic isolation material on acceleration

荒田 大輔 前田 多透 多田 隼人 北村 和己

Arata Daisuke, Maeda Tasuku, Tada Hayato, Kitamura Kazuki

要旨

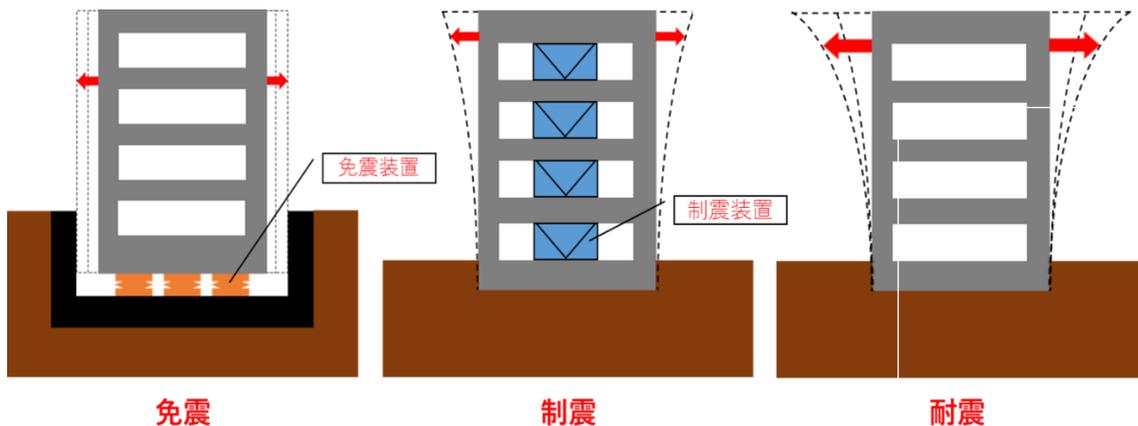
日本は地震大国であり、近い将来南海トラフ地震によって甚大な被害を受けることが懸念されている。この被害を減らせないかと思い研究を行うことを決めた。建築物に用いられている免震材料に注目し加速度にどのように影響を及ぼすのかを調べた。地震の揺れを再現する装置を自分たちで製作し、市販の免震材料を用いて実験を行った。

1. 目的

地震の際、免震材料は加速度にどのような影響を及ぼすのかを調べる。また、材料の厚さや配置といった条件を変えた時の加速度への影響も調べる。

2. 地震対策

- 免震構造 建物と地面の間に免震装置を挟むことでゆれを軽減する構造
 - 制震構造 地震のエネルギーを吸収する制震装置を設置し、ゆれを軽減する構造
 - 耐震構造 建物自体の構造を頑丈にして地震に耐える構造
- この中で大地震の時に最も効果があるのは免震構造であると言われている。
このことから、免震構造に用いられる免震材料で実験をした。



3. 加速度について

地震は規模により加速度に違いがあることが分かった（気象庁のデータベースより）。このことから免震材料への影響を見ることができそうだと考え、加速度に着目した。

加速度は激しい揺れの場合は大きくなり、穏やかな揺れの場合は小さくなる。このことから加速度が減衰すると免震された（免震効果が見られた）とすることにした。

4. 実験手順について

- ①地震の揺れの代わりとなる往復運動を生み出す振動発生装置を製作する
- ②基準のデータと免震材料を用いた際のデータを測定する
- ③得られたデータを処理し、グラフ化して考察を行う

5. 装置製作について

地震の揺れを再現するために振動発生装置を自作した。しかし、地震の揺れは複雑で完全に再現するのは自分たちの技術では難しかったので往復運動を生み出す装置を製作した。

I. 製作工程

- ①3Dプリンターやアクリル板を使用し装置の部品を作る。

→ 3Dプリンターはプラスチックを溶かしながら薄く塗り重ねるようにして製作するものを使用した。

② 3Dプリンターで製作した部品を鉄の棒と、はとめを用いて組み立てる。

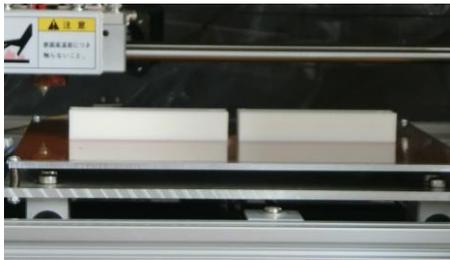
II. 装置の概要

① 部品について

3Dプリンターで製作した部品の内部はハチの巣構造をしており、強度が極めて高い。装置に何度も強い衝撃が加わる実験のため壊れないためにも強度が高い方がよい。



↑ 3Dプリンター

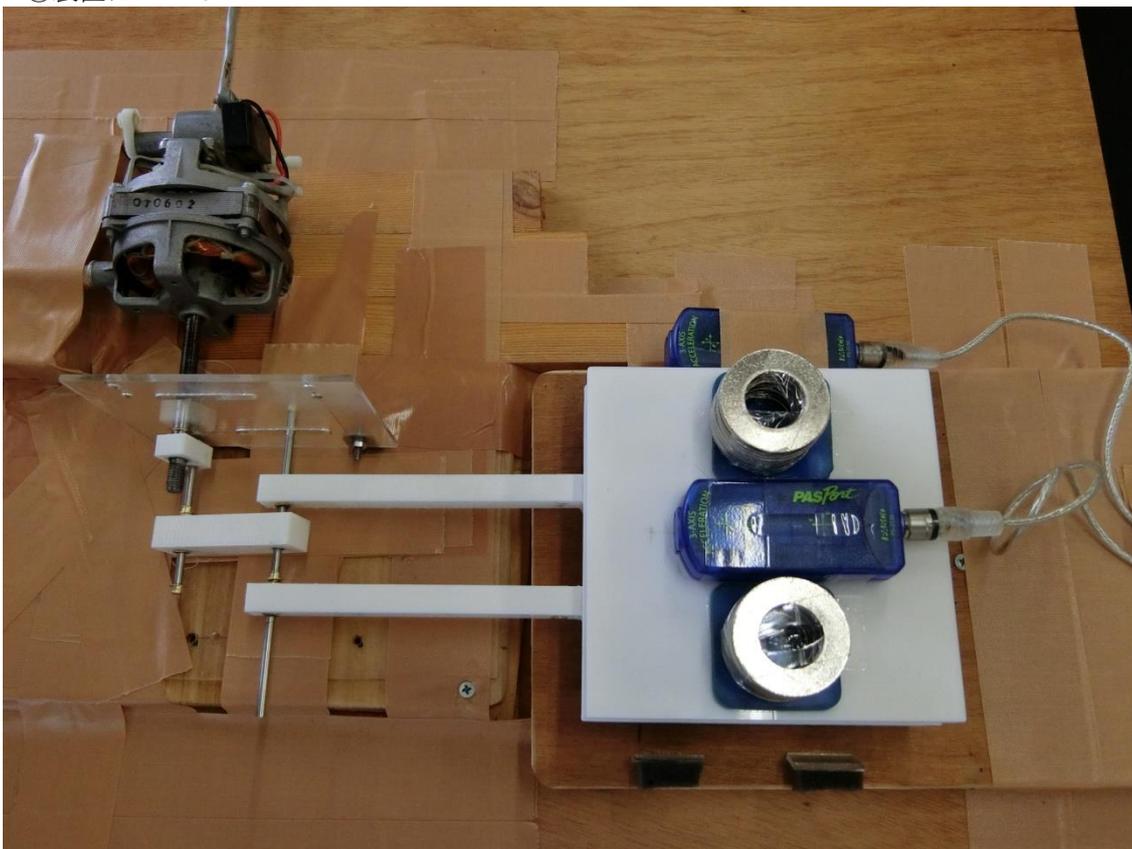


↑ 部品完成の様子



↑ 内部構造 (ハチの巣構造)

② 装置について



↑ 完成した振動発生装置の写真

モーターで回転運動をうみだし、モーターと装置をつなぐ位置に設置したスライダークランク機構によって回転運動を直線的な往復運動に変換する。その往復運動によってセンサーが乗っている部分が揺らされる仕組みになっている。

写真の左側が地震の揺れの代わりとなる振動を生み出す部分で、右側のセンサーが乗っている部分が建物の代わりとなる。

6. 実験方法

・準備物

振動発生装置（自作）、免震材料（免震マット、静音マット、スポンジ）、加速度センサー、パソコン
※免震マットの材質はウレタンエラストマー、静音マットの材質はポリウレタンである。ただし、材質の違いによる実験は行っていないため、それぞれの性質等は調べていない。

・手順

I. 振動発生装置に免震材料を挟み、加速度センサーを1段目は側面に2段目は上にのせて加速度を測定する。（1段目は免震材料の影響を受けていない基準のデータ、2段目は免震材料の影響を受けた時のデータとする）

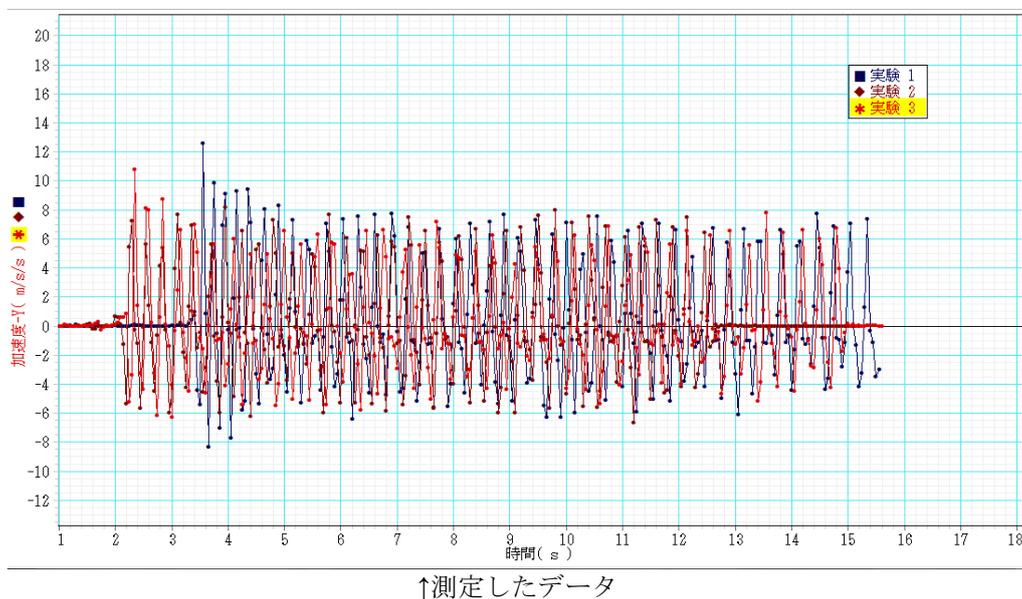
II. パソコンを用いてデータの処理を行う。

測定データでは加速度は写真のようなグラフで表される。

このグラフを数値化するために、6秒～10秒の間で、1周期ごとの最大値・最小値の絶対値をそれぞれ抜き出し、平均値を出す。これをその時用いた免震材料での加速度とする。

そして、免震材料を挟んだ時の加速度の平均値を基準の加速度のデータの平均値で割り、100を掛けた値を出す。

この値が100%を超えていれば加速度が大きくなり免震効果が見られなかった、100%未満であれば加速度が小さくなり、免震効果が見られたと判断する。



III 処理したデータを比較し、どの条件で最も影響を及ぼしたかを調べる。

7. 予備実験

スポンジを用いた実験と免震マット・静音マットを用いた実験。

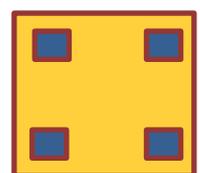
①スポンジを用いた実験

スポンジは挟んで揺らした時の固定が難しく、またスポンジ自体の形を維持できず、データを測定できなかった。→スポンジを用いた実験は断念した。

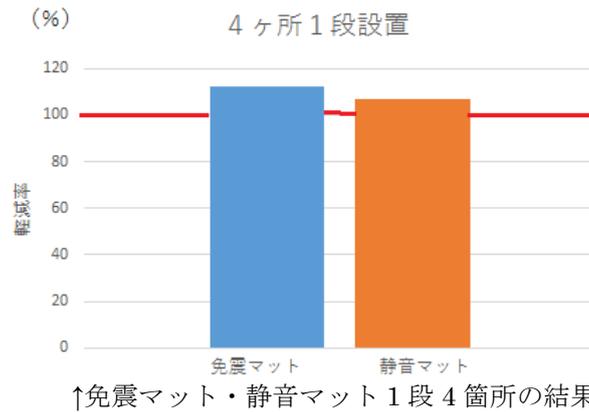
②免震・静音マット4か所1段の実験

・実験方法

免震マット・静音マットを図のように4か所に1段ずつ配置して加速度の測定を行う。



・実験結果



免震マット、静音マットともに加速度にはっきりとした影響は見られなかった。
 →加速度に影響を及ぼす条件を探していくことにする。

8. 本実験1

・実験目的

マットの段数（重ねる枚数）を変えることで、高さによる影響を調べる。

・実験方法

免震マット・静音マットを装置の4箇所を設置する。

免震マットは1段から6段まで、静音マットは1段から7段まで段数を変えて実験を行う。（免震マットの7段目以降、静音マットの8段目以降はマットの重さが重くなり、装置が正常に動かなかつたため、測定を行っていない。）

・実験結果

グラフより1段目～4段目では加速度が増幅し、5段目以降では減衰した。

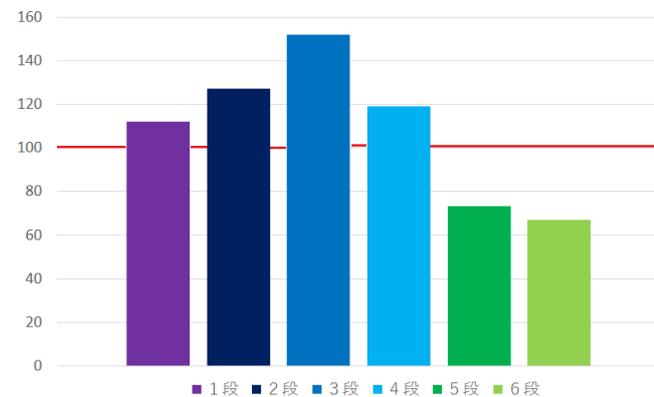
どちらのマットも3段目付近で加速度が増加している。

・考察

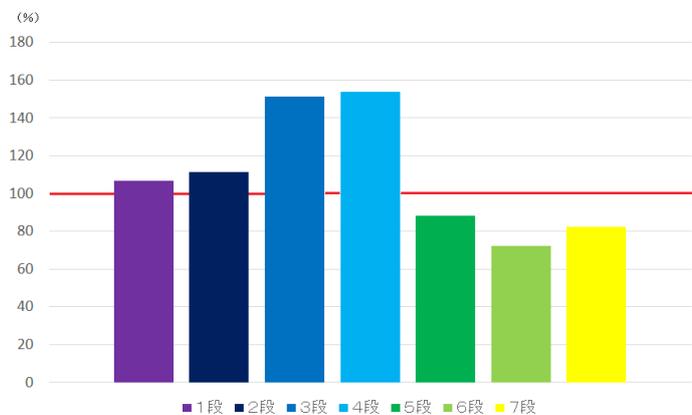
段数の違いが加速度に影響を及ぼすことが分かった。

4段目以降で減衰したのは、高さが高くなったことで揺れの伝わり方が遅くなり、揺れが緩和されたからではないか。また、3段目付近で増幅したのは設置箇所が少なく、安定性が足りなかったのではないかと考えた。

→免震材料の設置箇所を増やすことで安定性を高め、加速度への影響を調べる実験を行った。



↑免震マット4箇所の結果



↑静音マット4箇所の結果

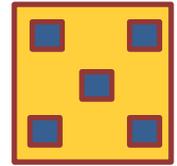
9. 本実験2

・実験目的

免震マットの設置箇所を増やし安全性を高めた状態で加速度への影響を調べる。

・実験方法

本実験1と同様に免震マット・静音マットを用いて実験する。設置箇所を4箇所から5箇所に増やしマットの1段目から6段目までのデータを測定する。
(どちらもマットの枚数が足りず、7段目以降は行えていない。)

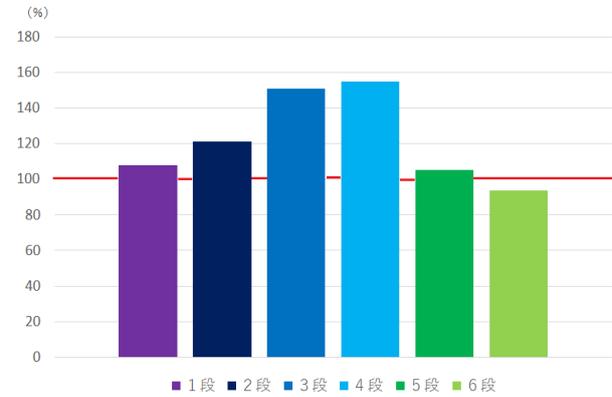


・実験結果

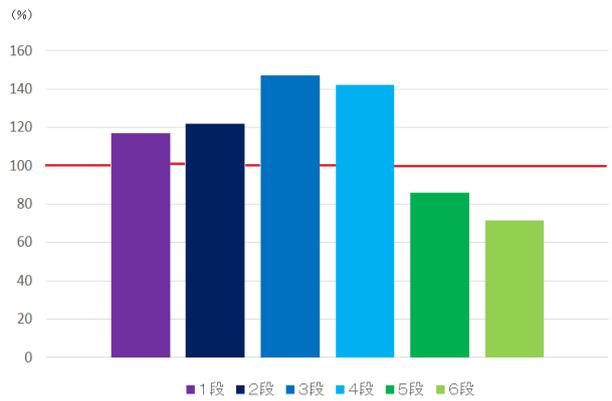
1段目から4段目は免震マット、静音マットともに加速度が増幅した。5段目は免震マットの加速度が増幅し、静音マットでは減衰し、6段目はどちらのマットも加速度が減衰した。

・考察

4箇所の時と同様にマットの段数の違いが加速度に影響を及ぼすことが分かった。5、6段目以降で加速度が減衰したのは高さが高くなったことで、本実験1と同じように、高くなることで揺れが緩和されたからではないかと考えた。

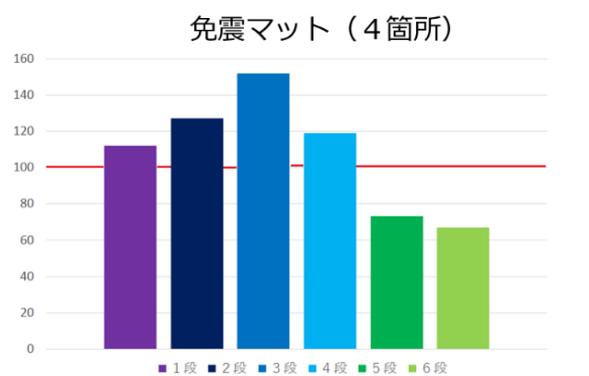


↑免震マット5箇所の結果

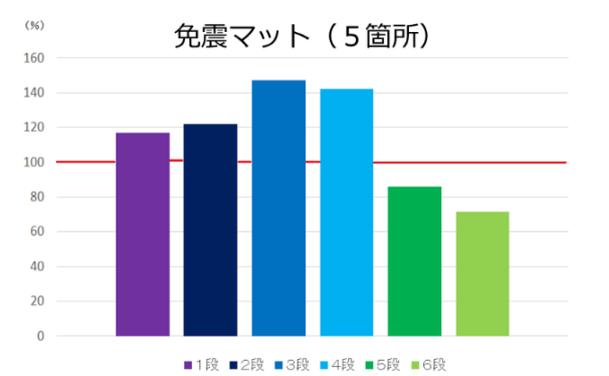


↑静音マット5箇所の結果

10. 本実験1、2の結果の比較



↑免震マット4箇所のデータ



↑免震マット5箇所のデータ

免震マットの設置箇所が4箇所のときの結果と5箇所のときの結果を比較する。

(掲載してあるのは免震マットの比較を行ったもの)

5箇所に設置箇所を増やすと揺れが激しくなっていることが分かる。これは設置箇所が増えたことで揺れ

を伝える物質が増えたからではないかと考えた。
静音マットの比較でも同じ結果が見られた。

1 1. 結論

免震材料は配置、高さによって加速度に影響を及ぼすことが分かった。
今回使用した免震材料の本来の使用方法である1段の時は加速度を小さくする事ができなかった。これにより、私たちの実験において今回使用した免震材料では、加速度に関する免震効果は見られない事が分かった。
しかし、どちらのマットにも強い粘着性があったことから使用した免震材料は加速度を小さくして揺れを軽減するというよりも、家具などの転倒を防ぐ効果が高い免震材料なのではないかと考えた。

1 2. 今後の展望

- ・今回の実験で行った条件以外での実験を行う。
- ・結論で述べた免震マットの粘着性についての追加実験をおこない、結論の裏づけを行う必要がある。
- ・研究発表を行っていく中で指摘をして頂いた「共振との関係」について調べる必要がある。
- ・今回は往復運動の揺れでしか実験できなかったため、実際の地震に近い3次元の揺れで実験していきたい。

1 3. 参考資料

- ・スライダークランク機構について
(京都大学総合博物館 大学院情報学研究科 M2・狄 靖 (DI JING)、2000.7)
<http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/collection/materials/mech4.html>
- ・国土交通省気象庁 ホームページ各種データベース
<https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>

1 4. 参考文献

- ・一般財団法人宮崎県建築センター ホームページ 「建物の耐震性能について」
http://www.mkj.or.jp/sumai_support/other/earthquake_performance.html