

長周期地震動と建物の揺れの関係

小林愛和 藤田愛 森下佑菜

【概要】

私たちの住む徳島県は近い将来南海トラフ地震が起こるとされている。そこで私たちは地震に強い建築物について興味を持った。そして、調べる中で地震被害の原因の一つである「長周期地震動」の存在を知り研究することにした。最初に建物に見立てた簡単なモデルを使い重心の比率とモデルの揺れの間関係を調べるために実験した。そこから建物の揺れは建物の素材や形状によらないこと、重心の位置を変えることができれば揺れを軽減できることが分かった。また、振り子によるおもりの実験では振り子と振動の周期が一致するとき揺れを軽減できることが分かった。

In Tokushima where we live, an earthquake caused by the Nankai trough is predicted to occur in the near future. So, we're interested in building that can resist earthquakes. While we were researching this we saw that one of the causes of earthquake damage is long cycle earthquake waves and decided to research them. First, we made a model and did an experiment that looked at the relationship between the center of gravity and swing of a building in an earthquake. Next, we investigated if we can lower the swing of the building by changing the position of the center of gravity without changing the materials or shape of the building. And at the experiment of the pendulum, we found that we can reduce the swing of buildings when the model cycle match the pendulum cycle.

【研究目的・動機】

私たちの住む徳島県では、近い将来南海トラフ地震が必ず起こると言われている。そこで地震に関して調べていたところ、地震で揺れる建物の映像を見つけ室内の棚が倒れたり、コピー機が揺れ動いていたりしているのを見て非常に危険だと思った。そこで、地震が建物を揺らす原因を調べたところ、「長周期地震動」がその一つであることが分かったため「長周期地震動」と建物の揺れに関係性を見つけることができれば地震発生時の建物の揺れによる被害を軽減することができるのではないかと考えた。

●長周期地震動とは

地震が発生したときにおこる様々な周期の揺れ（地震動）のうち、規模の大きな地震が発生したときに生じるゆっくりとした大きな揺れのこと。高層な建物ほど長い周期の揺れと共振しやすいため、高層ビルや高層マンションなどを長時間、大

きく揺らし、家具の転倒や落下などの原因となる。また、遠くまで伝わりやすい性質もあるため、地震による被害の拡大の一因となる。実際、平成25年（2013年）に発生した十勝沖地震（M8.0, 最大震度6弱）では震源から約250km離れた苫小牧市の石油コンビナートで、長周期地震動により振動した石油タンクの浮き屋根が沈没し、火災に発展させるなどの被害が出ている。

【準備】

研究するにあたり、周期を自由に変えることができる振動装置が必要となり作成した。造波装置と力学台車を針金でつなぎベニヤ板で補強したものである。また、造波装置にかける電圧を変えることで、周期を変えることができる。なお、装置の波長は1.5cmである。

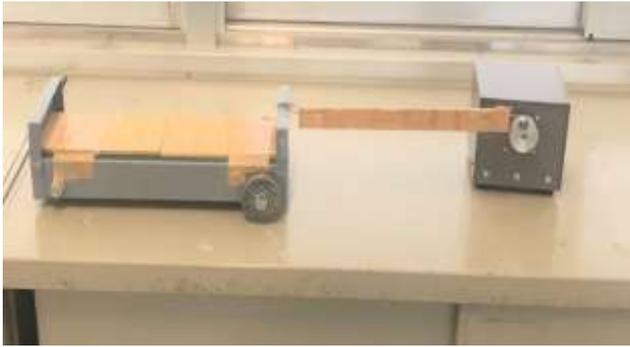


図 1 : 振動装置

【実験 I】

●目的

重心の位置を変化させることによって「長周期地震動」がどのようにモデルに影響を与えるのか調べる。また、モデルの形状、素材による揺れの変化について調べる。

●仮説

モデルの形状、素材によって揺れに変化は見られないと考えた。

●使用物

- ・振動装置 (図 1 参照)
- ・スタンド
- ・ストップウォッチ
- ・定規
- ・モデル (2 種類)

●モデルについて

モデルは板状のものと円柱状のものを使った。また、モデルにつけるおもりはモデルの質量によるものとする。

	素材	大きさ	質量	おもり
板状	ポリスチレン	7.5×60 ×0.5cm	8.0g	12.7g
円柱状	発泡 ポリエチレン	121.0cm	78.3g	50.0g

図 2 : モデル



図 3 : モデル

●方法

まず、おもりをモデルの頂点に固定し、モデルを共振状態にする。次に、おもりを一定間隔ですらしていき、毎回振幅を測定する。

●結果

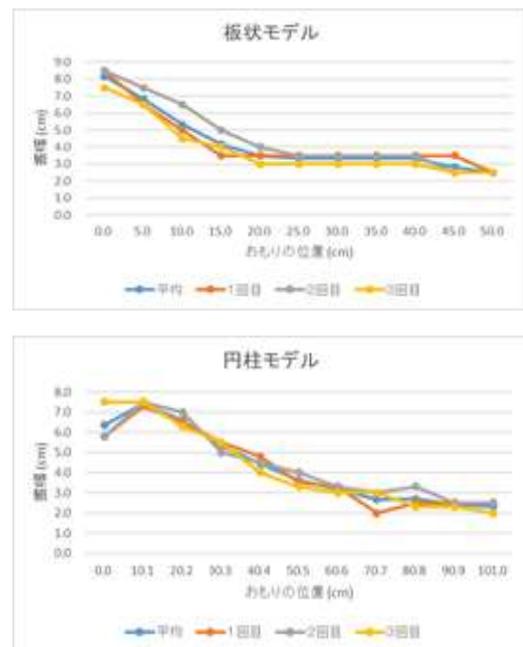


図 4 : 結果 1

●考察

モデルの形、素材を変えてもグラフの下がり方は同じようになる。また、共振状態にある建物でも重心の位置をずらすことができれば建物の揺れは小さくできる。円柱のグラフの 0 の値が小さいのは、周期の調整ができていなかったことが要因であると考えられる。

【実験Ⅱ】

●目的

モデルに振り子を取り付けて振り子を揺らした時、モデルの揺れを減少させることができるかを調べる。

●仮説

装置と振り子は反対方向に揺れるため、装置の周期と振り子の周期が一致すれば、お互いが揺れを打ち消してモデルの揺れを抑えられると考えた。

●使用物

- ・板状モデル(図3参照)
- ・5円玉 3.7g
- ・糸
- ・セロテープ
- ・つまようじ

※5円玉の穴に糸を通して振り子として使用する。糸の質量はほとんど無かったため、無視するものとする。

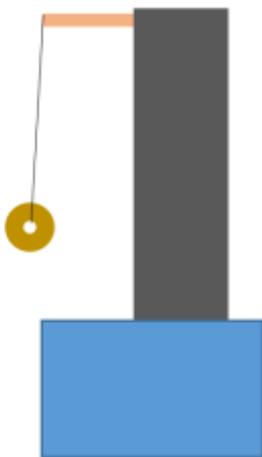


図5:横から見た図

●方法

まず、振り子をモデルにセロテープで固定し、電圧を調整して共振状態にした。振り子を固定した時のモデルの振幅を測定した。その後、電圧はそのまま振り子の固定を取り、振り子を揺らした時のモデルの振幅を測定した。このとき振り子がモデルに当たらないように、モデルと振り子の距離を少しとった。

そのまま振り子の糸の長さを5cmずつ下げ、繰り返し測定を行った。

※振り子の糸の長さは、モデルのいちばん上から5円玉の穴までとする。

●結果

振り子の長さでモデルの振幅の関係は図のようになった。平均や他のグラフから、振り子の長さが20cmの時、振幅が最も小さくなっていることが分かった。従って、このモデルに対して振り子なしの状態から最も振幅を軽減させることができたのは20cmの時であると分かった。



図6:結果2

●考察

長さが20cmの時の振り子の周期は、 $2\pi\sqrt{\text{糸の長さ}/\text{重力加速度}}$ より、0.900sである。

この時、装置の周期は0.935sであった。

従って、振り子と装置の周期がほぼ一致する時振幅が減衰すると考えられる。

【今後の展望】

実験Ⅰから、建物は建物の素材や形状によらず同じように揺れ、重心を変えることができれば揺れを軽減できることが分かった。また実験Ⅱからは、建物に振り子をつり、振り子と建物の周期が一致するように振り子の糸長さを調整すれば揺れを軽減できることが分かった。

これらを用いることで長周期地震動による被害を軽減できるだろう。しかし、今回使用したモデルは単純な構造であるため、より実際の建物に近づけたモデルで実験を行う必要があり、実験Ⅱではモデルと振り子の質量比が現実的ではないため、より現実的な値にして再び検証する必要があると言える。その後、これらを応用して長周期地震動に強い建物の構造を考える。

【参考文献】

藤木良明 マンションの地震対策 岩波出版 2006

坂本功 木造建築を見直す 岩波出版 2002

・第4回リニューアルテーマ「超高層ビルの長周期地震動対策」

— 長周期地震動とは何か？

<https://librarytaisei.jp/>

気象庁

・長周期地震動による被害

https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/choshuki/choshuki_eq3.html

・長周期地震動について

<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/choshuki/index.html>