振り子による制震効果～重りの位置による振幅の変化～

福井県立武生高等学校　加藤悠太　久保康生　坂川稔幸　森下和音　用田翔大

Abstract

Our title is “Earthquake Damping Effect by a Pendulum ~ Changing the amplitude by position of weight ~.” Damping is the architectural structure that absorbs earthquake shaking. It can reduce building’s damage by absorbing earthquake shaking. We carried out the experiment below. We experimented with different heights of the pendulum to find which one would work better. Our hypothesis is that the lower the center of gravity, the greater the damping effect. Finally, the experiment showed that the damping effect was the greatest at the 23:17 internal division point from the top, and the amplitude was about 90% smaller than normal. In the future, we would like to carry out the experiments by changing the mass of weight or the height of the structure. Our ultimate goal is to apply the result of this experiment to Japan’s architecture technology.

キーワード：振り子、制震、重心

１　はじめに

1.1　日本の地震被害

日本は世界でも有数の地震大国だ。最近では、2024年1月に石川県能登地方で、能登半島地震が起きた。家屋と地震の揺れの振動数が一致することによって起こる共振の影響で多くの家屋が倒壊した。この被害を減らすには、建物が地震の被害を抑えることが必要だ。そこで私達はこの地震での被害の大きさをどうすれば小さくできるのかと思い、特定の周波数に作用する制震構造に注目し研究を行った。

1.2　制震構造

制震構造とは、耐震・制震・免震の３つからなる地震対策のひとつであり、建物の中に組み込まれた装置・構造に地震の揺れを吸収させ、建物にかかる振動を低減させることを指す。簡単に言えば、「揺れを吸収する」という構造である。

1.3　共振

物体にはそれぞれ異なる固有振動数があり、それと同じ周波数の振動を与え続けると、振幅が増幅して大きくなるという現象が起こる。これを共振という。制震構造は、特定の周波数に作用する。つまり、共振現象を抑えることができる。

1.4　問い

私達は「どのような振り子を用いると最も制震効果の得られる建物ができるか？」という問いを立てた。重心が低いほうが模型の基盤がしっかりしていて揺れの影響が小さいと考えたので、重心が低いほど制震効果が高くなると仮説を立てた。

1.5　先行研究

私達が参考にした先行研究は、地震発生装置でジェンガで作ったタワーを揺らす際に、その内部に長さや質量、材質の違う心柱を取り付け、最も揺れを抑える心柱を見つけ出すというもので、私達は、この実験から着想を得て、振り子の実験を行った。

2　実験方法

2.1　実験器具

地震くんmini　電子天秤（小数点第１位まで表示されるもの）、距離センサー、パソコン、
方眼用紙、クリップ、セロハンテープ

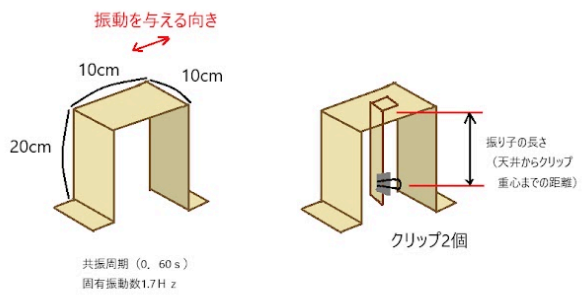
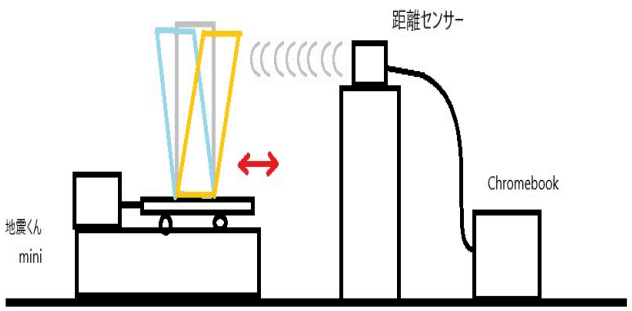


図３　実験イメージ図



2.2　実験手順

下の写真のような高さ20cm横10cm幅10cmの模型を画用紙で作成し、模型の天井に縦18cm幅2cmの振り子に4.6gのクリップを2個取り付ける。

次に、地震発生装置「じしん君mini」を用いて、振動数を模型が共振するよう設定する。

図１　実験写真

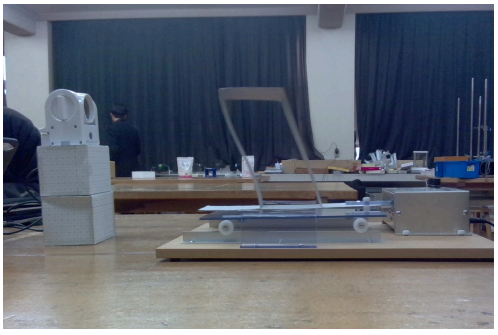
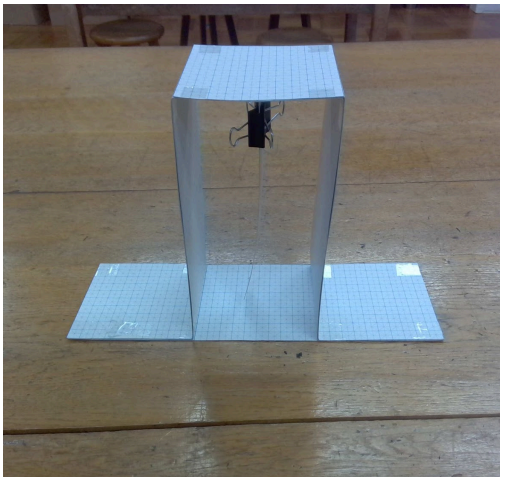


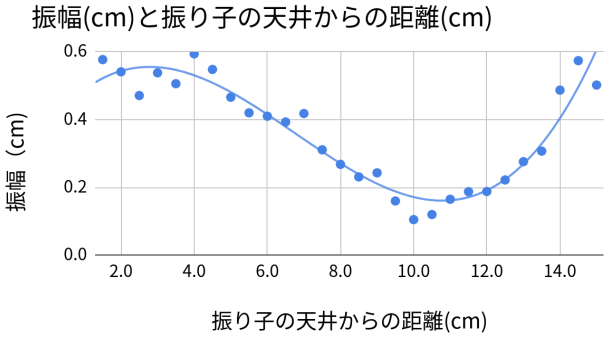
図2　模型写真



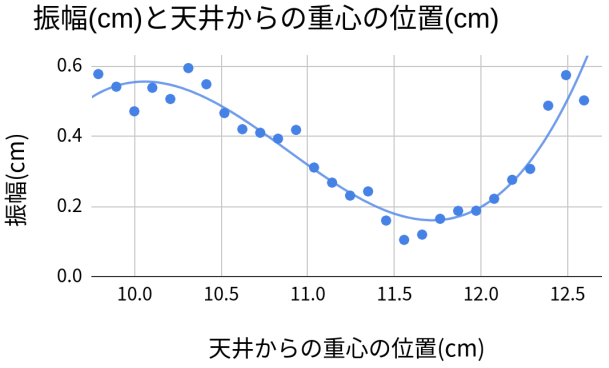
3　結果

得られた値から近似グラフを作成した。

【グラフ１】



【グラフ２】



3.1　実験の結果

【グラフ１】より、振り子の位置が8.0～10.0cmのとき制振効果が大きくなり、9.0cmのとき最大となった。また【グラフ２】よりその時の重心の位置は天井から7.5cmで、振幅は0.10cmだった。

天井を基準として、重心が約23:17の内分点で制震効果が最大となることがわかった。
重りがない模型の振幅と比べて、振幅を97.6%抑えることができた。

4　考察

振り子をつけ取り付けた模型で揺れを97.6%抑えられた。しかし、模型は模造して作成したので、実際のコンクリートや木材で造られている建物と違って揺れによるしなりも振幅に影響し、実際の建物が揺れを吸収できる割合より結果が顕著に出たと考えられる。実際の建物が揺れを吸収できる割合はこの実験の結果より低いと考えられる。また、重心が約23:17の内分点で制震効果が最大となた理由は、重心の位置を低くしていくと、一定の位置までは仮説の通り制震効果が大きくなるが、さらに低くすると、逆に建物の上層部に伝わる地震のエネルギーが大きくなってしまうと考える。

5　結論

模型に取り付けた振り子は構造物の固有振動と逆位相で振動するため、構造物全体の振動を減衰させることが出来た。

6　今後の展望

今後はクリップなどのおもりの高さだけでなく、おもりの材料に着目して材料を他の木、鉄に変えた場合にも今回の模型のように制震できるかどうかを検証する。また、構造物の高さを今回の20センチメートルと変えて実験を行った場合に、揺れを抑えられるのか、どのくらい抑えられるのかを調べる。構造物の固有振動数と振り子の固有振動数との間の関係を調べる。

参考文献

1. 利國碧 近藤薫 佐々木凜太朗 佐野天麻. 心柱の制振効果～ジェンガを用いた考察～, 2020. http://www.taka-ichi-h.ed.jp/img/R02-08.pdf