

寒天をモデルに用いた免震の研究

Study of seismic by using agar in model

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年

高橋大樹 大久保歩

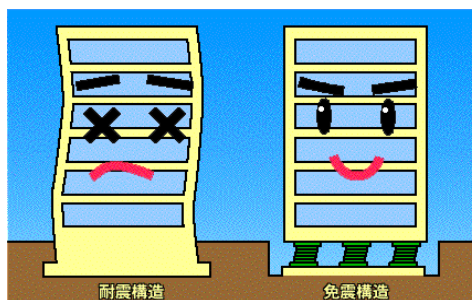
《研究の動機》

これまで、直方体あるいは立方体の寒天を建物に見立て、振動装置を用いて振動させたときの寒天の揺れ方により地震による建物の揺れ方を調べるという目的で研究を行ってきた。しかし、その研究はいわゆる基礎実験であり、直接的に世の中の役に立つような研究に移行したいと思いこの研究を行うに至った。(寒天を選んだ理由については最後に述べる。)

《研究目的》

地震に対する建物の構造の一つである免震構造の施された建物が、地震の振動数などの条件を変えるとどのように揺れ方が変化するか、また、免震構造の施されていない建物と比較してどのような違いがあるかを、これまでと同様に寒天を用いて実験し明らかにする。

免震構造とは、建物の基礎の部分に免震装置を設置し、地盤と切り離すことで建物に地震の揺れを直接伝えない構造を指し、地震の揺れに耐えることを考える耐震構造とは全く別の考え方である。実際の免震構造では、建物と地面の間にゴムを用いて建物に直接揺れが伝わらないようにしたり、ボールベアリングを用いて建物が地面の上を滑るかのような構造にして揺れを抑えるという手法がとられる。今回行った研究において最も近いのは、建物が滑るかのようにして揺れを抑える方法である。



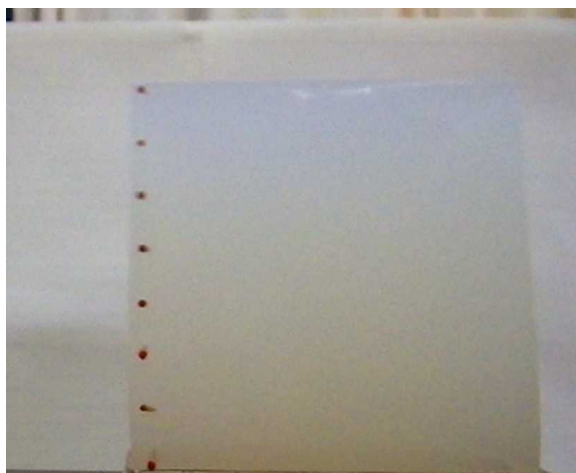
画像はwww.jssi.or.jp/menshin/m_kenchiku.htmlより

《研究方法》

高さ 10.5cm、底面の一边の長さ 9.5cm の直方体の寒天を作成する。その寒天の左端に次ページの写真のように 8 個の印をつけて同じく次ページの写真にある振動装置に載せ、その寒天を建物、装置を地面とみなして振動させる。このとき振動装置の振動数を変えていき、寒天の振動する様子をビデオカメラで動画として撮影し、動画解析ソフトを用いて印ごとに解析することで寒天の動きを調べた。

今回の研究においては、振動装置に寒天を固定したものを免震構造の施されていない建物とし、振動装置に寒天を固定せず振動装置の上を滑ることができるようにしたものを免震構造の施された建物とした。なお、振動装置の起こす振動は横向きなので、横向きに揺れる地震とみなす。

寒天と印



振動装置

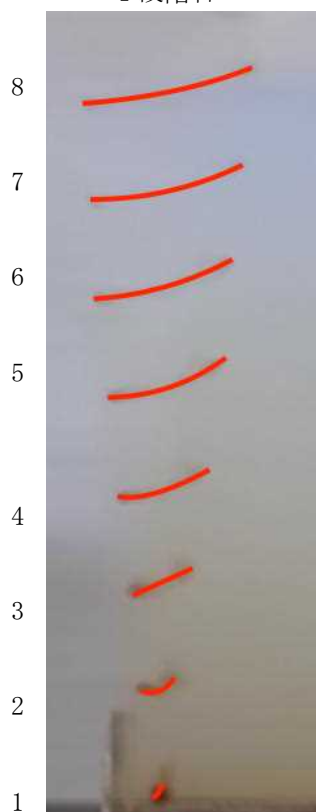


《研究結果》

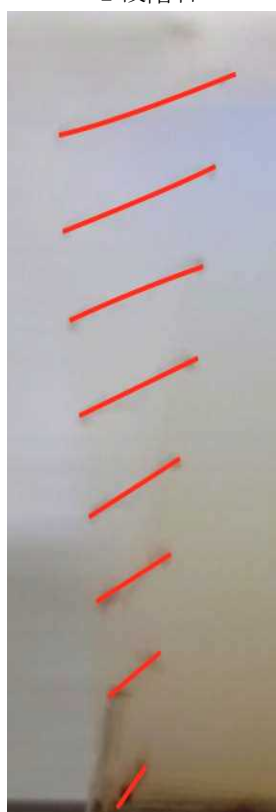
以下の写真は、寒天につけた印の動きを追った軌跡である。それぞれの写真の上には振動装置の振動数(6段階可変)、横に示すのは下から何番目の印かを表す数である。また、これ以降、寒天を振動装置に固定した、免震構造の施されていない建物を想定した方を「固定」、寒天を振動装置に固定していない、免震構造の施されていない建物を想定した方を「開放」と呼ぶ。

・固定

1段階目

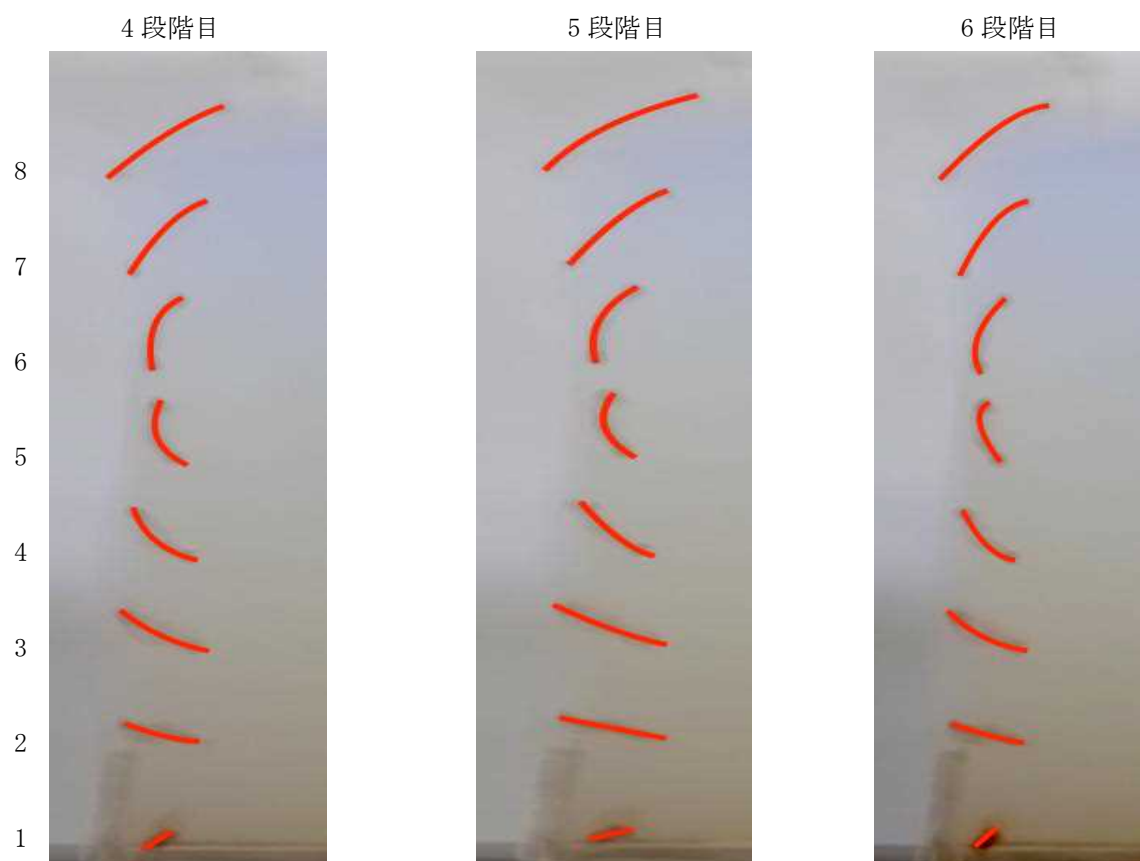


2段階目



3段階目





・開放はスペースの関係上画像を省略

固定と開放はどちらもよく似た揺れ方をした。大きく分けると 1, 2 段階目、4, 5, 6 段階目の 2 通りに揺れ方が分かれた(3 段階目は例外)。1, 2 段階目は上に行くほど大きく揺れ、4, 5, 6 段階目は上に行くと、一旦大きく揺れて小さくなり、また大きく揺れているということが読み取れる。3 段階目は、印の軌跡が円を描く他とは違った揺れ方をした。

次の表は、印ごとの振幅の大きさを測定したものである。単位は cm で、高さの数は軌跡の画像と対応している。開放の低い位置の印の結果がないのは、動画において印がよく見えなかったためである。

固定		振動装置の振動数					
		1段階目	2段階目	3段階目	4段階目	5段階目	6段階目
寒天の高さ	8	3.31	2.34	1.58	1.67	1.54	1.77
	7	3.00	2.15	1.32	1.37	1.25	1.35
	6	2.69	1.92	1.17	1.17	1.01	1.08
	5	2.34	1.59	0.92	0.94	0.81	0.91
	4	1.88	1.35	0.65	0.93	0.91	0.93
	3	1.48	0.98	0.53	0.92	0.90	1.04
	2	1.04	0.63	0.31	0.79	0.58	0.74
	1	0.67	0.41	0.32	0.17	0.24	0.40

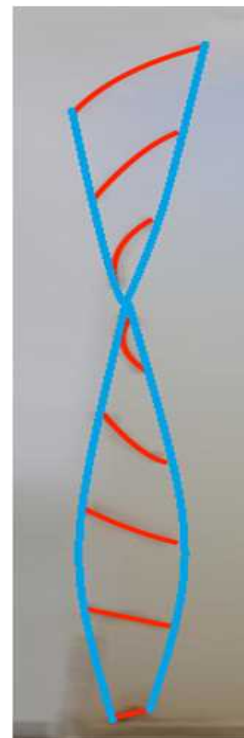
開放		振動装置の振動数					
		1段階目	2段階目	3段階目	4段階目	5段階目	6段階目
寒天の高さ	8	3.52	2.20	1.52	1.70	1.72	1.84
	7	3.25	1.83	1.23	1.33	1.25	1.32
	6	2.98	1.64	1.10	1.10	0.85	0.92
	5	2.77	1.33	0.93	0.86	0.76	0.74
	4	2.29	1.12	0.68	0.46	0.58	0.65
	3	1.83	0.84	0.67	0.66	0.61	0.72
	2		0.70	0.54	0.54	0.60	0.43
	1						

固定の結果と開放の結果を、同じ振動数のときの同じ高さの印同士で比較すると、
 固定<開放…15 開放<固定…25
 で、全体的に見ると開放の方が揺れが小さかったものの、想定していたよりもその差は小さかった。

《考察》

・軌跡について

固定の 1, 2 段階目の振動数のときの結果をみると、下の左図に示すような、地面を固定端としたときの基本振動をしていることがわかる。また 4, 5, 6 段階目の振動数のときは、下の右図に示すような 3 倍振動をしていることがわかる。3 段階目については、基本振動と 3 倍振動のどちらにもなれなかったため不可解な揺れ方をしたと考えられる。



開放も同じような揺れ方をしたが、開放は接地面が自由に動けるので自由端になるはずである。この矛盾から、実験自体がうまくいっていなかった可能性が生じた。

- ・振幅について

開放の方が振幅が小さかったので、免震構造を施した方が揺れが小さくなることは確認できたが、結果に書いた通り、固定と開放の差が少なかった。このことから、先ほど出た実験方法の信頼性に対する疑問が深まることになった。

《結論》

建物の接地面を滑るようにしただけで、揺れを小さくできることが確認できた。しかし、今回の方法では思うような正確な結果が出なかったため、より深い実験や考察に取りかかることはできなかった。

《展望》

- ・より正確な結果を得られる実験方法を考える必要がある。
- ・今回用いた振動装置が、振動させたい振動数を設定して振動させることができず、段階的にしか振動数を変えられないものだった。また、その間隔も一定ではなかった。そのため、より正確な実験を行うためには、装置を自作するなどして自由に振動数を設定できる装置を用意する必要がある。

※寒天を用いた理由について

《研究の動機》の項目に示した通り、以前行っていた研究においても寒天を使用していたので、そのまま使用したという形である。そのためそもそもなぜ以前の実験で寒天を使用していたのかという理由をここに記す。

- ・自由に高さや幅、あるいは硬さを変えることができる。

寒天を作る際の型さえ準備できれば、高さや幅など大きさに関わる項目は自由に変更できる。また、寒天の粉末と水の量を調整して濃度を変えることで、硬さも自由に変更可能である。今回はこれらの利点を生かす機会はなかったものの、以前の研究においては活躍した。

- ・弾力性があり、モデル実験として使いやすい。

実際に建物に使われる鉄筋コンクリートや木材などでこのような小型化した実験をすると、弾性力が小さいためにどのような揺れ方をしているかが非常にわかりにくい。その点寒天であれば動きがわかりやすいのである。

- ・安価である。

前項であげたような、実際の建物に使われる素材は高価である。また、寒天によく似たゼラチンは、前実験のさらに前に使っていたこともあるが、寒天のほうが使用量が少ないために寒天の方が安価であった。