

重心の偏りを考慮した家具のロッキングの検討

1120298 門田龍介

高知工科大学工学部社会システム工学科

地震時の家具の剪断変形による重心移動が転倒安全性にどのような影響を及ぼすか推測するために、剛体の重心の偏りが安定性にどのような影響を及ぼすかを解析した。

解析の結果、重心に偏りがあったとしても、徳久が報告したようにロッキング特性は本質的に変化しないことが分かった。しかし、重心の偏りがあると限界振幅が小さい値を示すようになり、重心が偏っていると安定性が低下することを明らかにした。

Key Words : ロッキング現象、限界振幅、重心の偏り

1. はじめに

地震時には家の崩壊は免れたものの、家具が転倒し、死傷者が出ることは少なくない。これを防ぐため、家具の転倒を防止する金物は多々販売されている。

地震時の家具に転倒限界および転倒防止金物の必要性能を明らかにすることを目的とし、伊藤は実験的研究を行い、徳久は解析的研究を行い、若枝は上下に2分割された簡易的モデルでの解析を行ったが、簡易的なモデルであったため、その結果には疑問が残った。

本研究では、剪断変形による重心の移動を考慮したが方程式までうまく導けなかった。そこで、重心の偏りによって家具の安定性に及ぼす影響について考察する。

2. 解析方法

2.1 解析対象

徳久の解析結果と比較することを考え、解析対象は伊藤が実験に用いたModel-2000の諸元を持つ模型家具とした。解析対象の諸元を表2-1に示す。

表2-1 Model-2000の諸元

高さ(mm)	400
幅(mm)	200
奥行き(mm)	80
重量(kg)	1.467
重心回りの極慣性モーメント(kg・mm ²)	20341.4

2.2 剛体の運動方程式

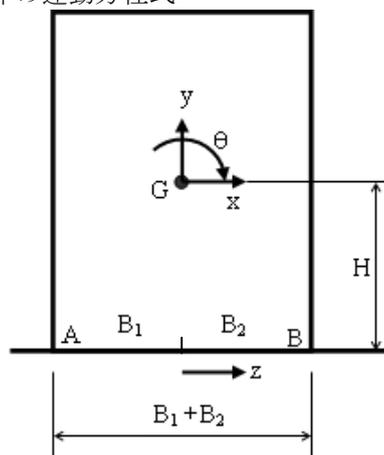


図2-1

図2-1のような重心高さH、底辺の幅2Bの模型のロッキングを考える。

θ に関する運動方程式が次のように得られる。

$$(1) \dots \left\{ I + m(B_2^2 + H^2) \right\} \ddot{\theta} + mg(B_2 \cos \theta - H \sin \theta) = -m\ddot{z}(B_2 \sin \theta + H \cos \theta)$$

$$(2) \dots \left\{ I + m(B_1^2 + H^2) \right\} \ddot{\theta} - mg(B_1 \cos \theta + H \sin \theta) = -m\ddot{z}(-B_1 \sin \theta + H \cos \theta)$$

(1)は家具がB点で接しているときの運動方程式であり、(2)は家具がA点で接しているときの運動方程式である。

転倒に至る大振幅の解析を行なうため、微小変形を仮定した線形化は行なわない。模型がA点で床に接している場合の方程式は、(2)を用いて導かれる。解析においては、徳久が行った手法を用いる。

3. ロッキングの特性と転倒の限界

3.1 解析条件

上述の非線形常微分方程式を数値的に解いた。ソルバーには、市販のソフトMATLABに標準的に備えられているODE45を使用した。

初期変位は、実験と同じように、図3-1のB点で床に接し、A点が床上1mmにある状態とした。初期状態の速度は0である。床振動の位相に関しては、時刻t=0からsin波で始まる状態を位相0°と定義し、以下30°ピッチで330°までの位相における運動を解析した。床振動の振動数範囲は2~8Hzとした。振幅は微小振幅から転倒が生じるまでとした。

このとき重心の位置はB1=30、35、40、45、50(mm) B2=80-B1(mm)と変化させ解析を行った。

3-3 転倒の限界

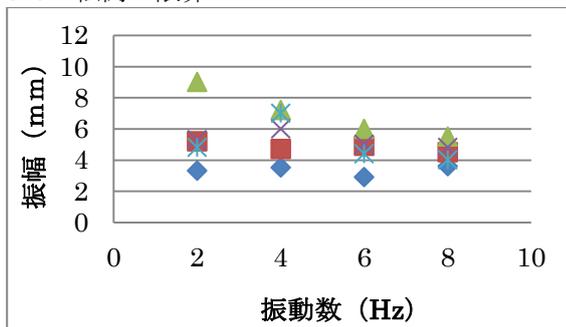


図3-1 転倒が発生する限界振幅

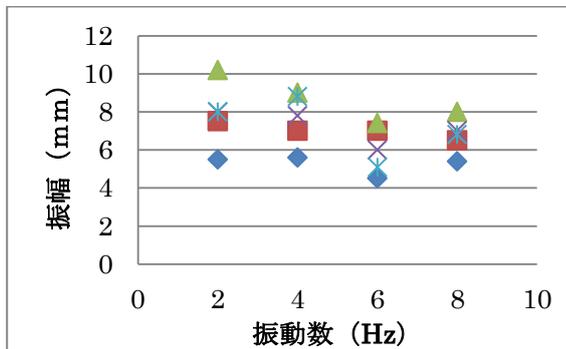
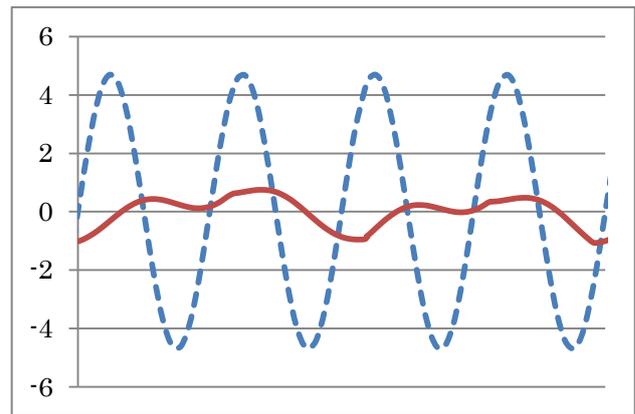


図3-2 半分転倒が発生する限界振幅

◆ 振幅 30.50 ■ 振幅 35.45 ▲ 振幅 40.40
 × 振幅 45.35 * 振幅 50.30

図3-1に転倒が発生する限界振幅、図3-2に半分転倒が発生する限界振幅を示す。この時の判定は徳久の判断と同じものとする。B1=40 B2=40のとき一番安定性があることが分かった。解析の結果、重心の偏りがないと安定性が増し一方、重心が偏るにつれ、転倒開始の限界振幅が低い値を示す。しかし、B1=30 B2=50のときとB1=50 B2=30のときとは転倒時間も変化することが分かった。これは、初期条件を逆で解析を行うと同じ挙動が発生すると思われる。

3-2 ロッキングの特性



実線：固有振動(角振幅*100)

点線：床振動(床変位(mm))

図3-3 B1=45, B2=35の固有振動の波形の例

解析の結果、徳久が報告したような強制振動と固有振動の波形が見受けられる。

図3-3にB1=45, B2=35の固有振動の波形の例を示す。図3-3からわかるように4Hzの時に重心に偏りがあっても強制振動と固有振動が見受けられた。4Hz以降強制振幅から固有振動を経て転倒に至った。

4. 結論

重心の偏りがあると転倒しやすくなることが今回の研究からわかった。また重心の偏りがあるうと強制振幅と固有振動が発生することがわかった。

5. 今後の課題

実際の家具の揺れには滑りが発生し重心の移動もあるため、剪断変形を考慮した重心の移動について解析しなくてはならない。また、家具と床の滑りを考慮した解析も必要だと考えられる。

参考文献

- 1) 伊藤恵理、「地震時の家具の転倒特性に関する基礎実験」、日本建築学会四国支部研究報告集、第8号、2008年5月
- 2) 徳久環奈、「地震時の家具の転倒特性の検討」、日本建築学会四国支部研究報告集、第9号、2009年5月
- 3) 若枝克昌、「地震時の転倒に及ぼす家具の剛性の影響」、日本建築学会四国支部研究報告集、第9号、2010年5月