

冷蔵庫の対震挙動及び安全対策に関する研究

加藤 和夫*、阿部 敏彦*

概要

阪神大震災の被害では、建物等の躯体に被害は見られなくても、室内では家具や家電製品が転倒等し被害をもたらした例が数多くあった。そこで、本研究では、家電製品のうち冷蔵庫を取り上げ、地震時における冷蔵庫の対震挙動を調べた上で、有効とされている固定方法の検証を行った。

結果は以下のとおりであった。

- 1 冷蔵庫の対震挙動を大きく分けるとロッキングを起こすか滑るかであった。一般的な設置方法であるストッパーを掛けて壁から5cm程離す方法では、ロッキングを起こして倒れる等した。
- 2 冷蔵庫の有効な固定方法としては、天井の間に密着する大きさのダンボール箱を冷蔵庫の上に乗せる方法があった。

1 はじめに

阪神大震災の被害調査結果によると、建物等の躯体に被害は見られないが、室内では家具や家電製品が転倒等し被害をもたらした例が数多くあった。

室内被害の中で家電製品の被害について調べた結果によると、テレビの被害が一番多く、次に電子レンジ、冷蔵庫、洗濯機となっていた。^{*1)}

この被害結果を踏まえ、過去に電子レンジ、テレビについて研究を行ったことから、今回の研究では冷蔵庫について行った。

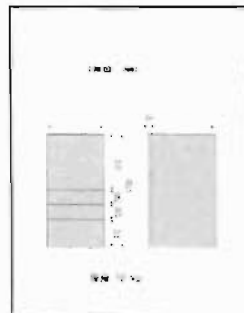


図1 冷蔵庫の外観



写真1 冷蔵庫内の状況

2 実験概要

(1) 目的

- ア 地震時における冷蔵庫の対震挙動を調べる。
- イ 各種固定方法の検証を行う。

(2) 使用した振動台、加速度変換器

振動測定装置 IMV(株)製 DS-2000-25L

加速度変換器 有限会社 共和電業製 AS-5GB

(3) 実験試験体、実験試験体内容物

試験体の冷蔵庫は、幅596mm×奥行670mm×高さ1700mm 346リットル 72kgである。

冷蔵庫の外観を図1に示す。

冷蔵庫には、扉にペットボトル5本(10kg)、冷蔵庫内に砂袋(10kg)、他の3つの引き出しにも各1個ずつ砂袋(10kg)を内容物として入れた。内容物の総重量は50kgとした。その状況を写真1に示す。

3 実験で使用した振動波形

実験で用いた加振波の決定方法

実験に際し、どのような強さの加振波を用いるか次の事項について検討した。

(1) 日本工業規格(以下「JIS」という)で規定された石油こんろ(S2016-1987)の中に振動試験の項目がある。内容は周期0.3秒、0.5秒、0.7秒の3種類で測定するように規定されている。したがって、この振動台で最大の出力が出せる周期および g 数とした。

振動台の最大出力を調べると周期0.5秒、加速度1000 g であることが分かった。(振動台に異常な負荷がかからない程度)

(2) 一般的な設置方法で、転倒し易い波形とした。

一般的な設置方法であるストッパーを設けて壁から5cm程離れた時に、転倒する波形で加振することを条件とした。

*第二研究室

そのためには、周期0.5秒とした場合、加速度を約600gal以上とする必要がある。

(3) JIS(家具の振動試験方法(S1018-1985))では、家具の振動試験として、200~600gal、周期2~6Hzで試験体を揺らし試験体を観察する方法がある。

最大600galで実験を行うよう規定している。

以上前記(1)から(3)の結果を踏まえ、周期0.5秒、加速度600galで冷蔵庫が転倒するか否かについて実験することとした。

その結果、周期0.5秒、加速度600galで加振しても冷蔵庫は転倒しなかった。(冷蔵庫はロッキング(冷蔵庫自体は変形せずに前後に一定の振動数で足下を交互に浮かせながら振動する。*)²⁾するものの転倒しなかった)

そのため、gal数を上げて行き、冷蔵庫が転倒する時のgal数を実験で使用する加振波とした。その結果、周期0.5秒、加速度1000galとなった。

以上の結果より、加振波は、周期0.5秒、加速度1000gal、20秒間の正弦波とした。(前後5秒で増減)

また、加振波の方向については、水平方向のみとした。

なお、加振波を決定する時の床材はじゅうたんとした。

(galとは、地震時の地表での振動加速度の片振幅の最大値である。1gal=1cm/s²。物体が自由落下する時の重力加速度は980galである)³⁾

JISがgal表記だったので、gal表記に統一したが、以下はcm/s²表記とする。

加振波の波形を図2に示す。

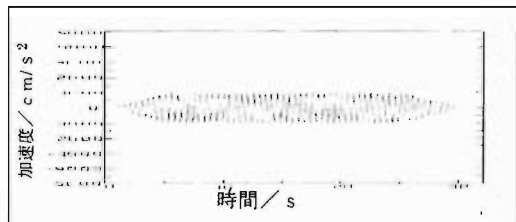


図2 冷蔵庫上部の加速度

4 振動実験方法及び結果

(1) 加振時における冷蔵庫の対震挙動

ア 冷蔵庫の振動分類

冷蔵庫が、加振波でどのような挙動を示すか調べた。

実験の共通条件として次のことがある。

- ・加振波は周期0.5秒、加速度1000cm/s²とする。
- ・扉、引き出しともに開く状態(テープ等で固定していない、普通に扉等を閉めた状態)
- ・床材は、塩ビ、じゅうたんで行う。

表1にそれぞれのパラメータでの実験番号を記す。

表1 実験状況

壁との距離 ストッパー	5cm	80cm
有	実験1	実験2
無	実験3	実験4

*: 壁との距離とは、壁(厚さ1.2cmの合板)から冷蔵庫の裏面までの距離

(ア) 実験1

条件: 壁等の距離: 有り

ストッパー: 有り

結果: 加振時、冷蔵庫は壁に激突しその衝撃で前に押し出されるが、前輪先端のストッパーにより止められ、ロッキングを起こす。その時、衝撃で扉が取れたり、引き出しが飛び出した。

また、冷蔵庫の内容物は飛び出した。

床材がじゅうたん等の摩擦の大きな物の場合、冷蔵庫が倒れることが多かった。

(冷蔵庫の設置例として一番多い例である)

加振波で加振した時の状況を図3に示す。

冷蔵庫の上部の加速度を図4に示す。

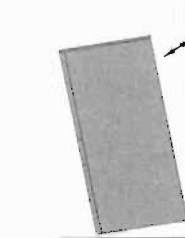


図3 加振時の冷蔵庫の状況

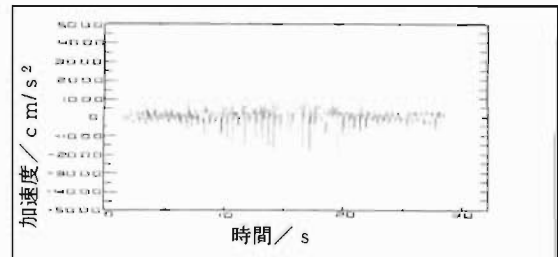


図4 冷蔵庫上部の加速度

(イ) 実験2

条件: 壁等の距離: 無し

ストッパー: 有り

結果: はじめは前後に大きく揺られていたが、ある時期から壁に押しやられ、実験1と同様な状態となった。

加振しているうち、扉が取れ、引き出しが飛び出てきた。内容物については、外に飛び出る場合もあれば飛び出ない場合もあった。

加振波で加振した時の状況を図5に示す。

冷蔵庫の上部の加速度を図6に示す。

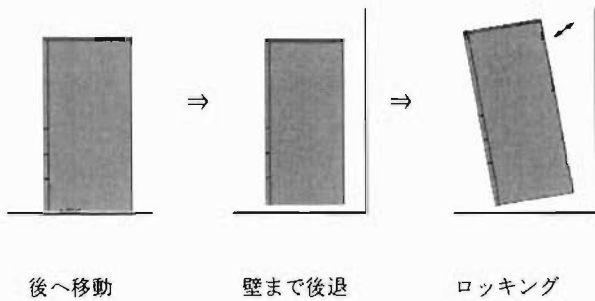


図5 冷蔵庫の加振時の状況

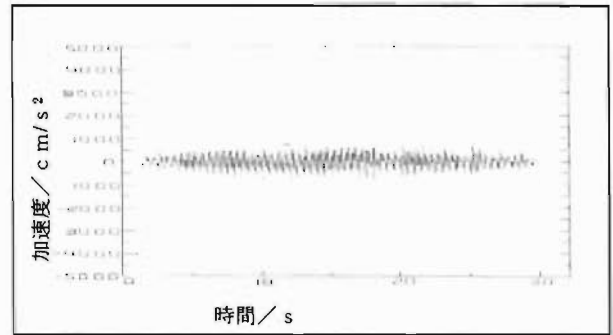


図8 冷蔵庫上部の加速度

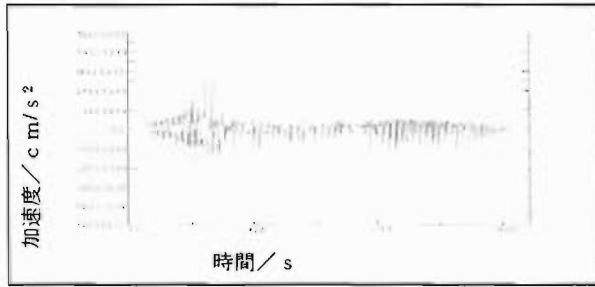


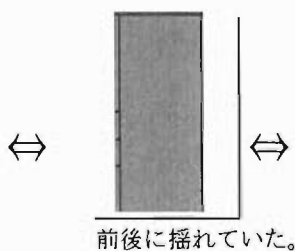
図6 冷蔵庫上部の加速度

(7) 実験3

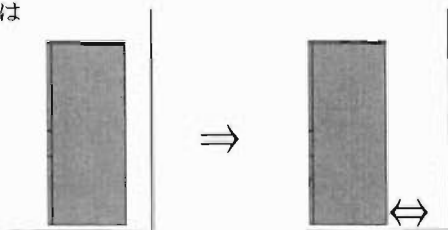
条件：壁等の距離：有り
 ストッパー：無し

結果：加振により、壁に衝突し、その反動で壁からかなり離れると、そのまま加振波に揺られ前後に揺れている（実験4と同様）が、反動が弱く壁に近いと、加振波にあわせて壁と衝突した。このように、壁に衝突するかどうかで冷蔵庫の挙動が異なった。

加振波で加振した時の冷蔵庫の状況を図7に示す。冷蔵庫上部の加速度を図8に示す。



又は



壁に衝突しては、前方に出され、また壁に衝突を繰り返す。

図7 加振した時の冷蔵庫の状況

(エ) 実験4

条件：壁等の距離：無し
 ストッパー：無し

結果：加振により冷蔵庫は前後に揺れるのみであった。そのため、冷蔵庫自体の揺れは減衰していた。

加振波で加振した時の状況を図9に示す。

また、冷蔵庫の上部の加速度変化を図10に示す。

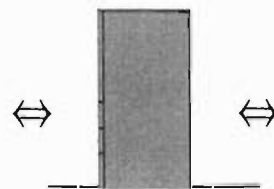


図9 加振した時の冷蔵庫の状況

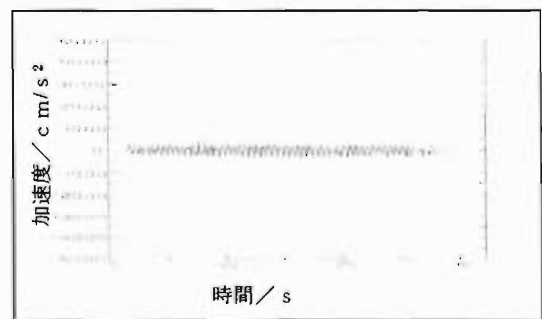


図10 冷蔵庫上部の加速度

イ 冷蔵庫の転倒に及ぼす扉、引き出しの影響

本試験体には、1つの右開き扉と3つの引き出しがある。この扉や引き出しの開閉が冷蔵庫の転倒に与える影響を調べる。

加振波は周期0.5秒、加速度1000 cm/s²とする。床材は、塩ビを使用した。

冷蔵庫の設置は、壁から5cm離して設置した。

表2にそれぞれのパラメータでの実験番号を記す。

表 2 実験状況

ストッパー	有り
扉等の開閉状態	
扉・引き出し 共に開	実験 5
扉のみ開	実験 6
引き出しのみ開	実験 7
扉・引き出し 共に閉	実験 8

表中の「閉」とは、扉や引き出しをガムテープで固定し、加振しても開かないようにしたものである。また、「開」とは、扉や引き出しに手を加えず、そのままの状態に置いたものである。

また、これ以降の写真と冷蔵庫上部の加速度の図とは同一のものではなく、代表的なものとして示したものである。

(7) 実験 5

条件：扉等の開閉状態：扉・引出し共に開

結果：前後に大きく揺れていた。これは、加振により扉が揺れ、引き出しが前後に大きく出たり入ったりしたためである。そのうち、扉は取れ、引き出しは飛び出した。また、冷蔵庫の内容物も飛び出した。

その時の状況を写真 2 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 11 に示す。



写真 2 加振後の状況

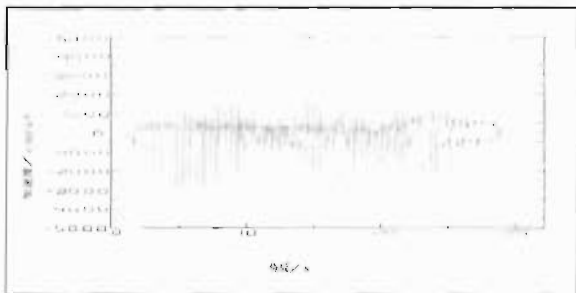


図 11 冷蔵庫上部の加速度

(4) 実験 6

条件：扉等の開閉状態：扉のみ開

結果：扉が開くことによりバランスを崩すことが多かった。ただし、滑って倒れることは少なかった。

その時の状況を写真 3 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 12 に示す。



写真 3 加振後の状況



図 12 冷蔵庫上部の加速度

(9) 実験 7

条件：扉等の開閉状態：引き出しのみ開

結果：引き出しは壁にあたった衝撃で飛び出た。その時、内容物が飛び出したり、引き出し内に留まったりといろいろであった。

冷蔵庫が倒れることは少ない。

その時の状況を写真 4 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 13 に示す。



写真 4 加振後の状況

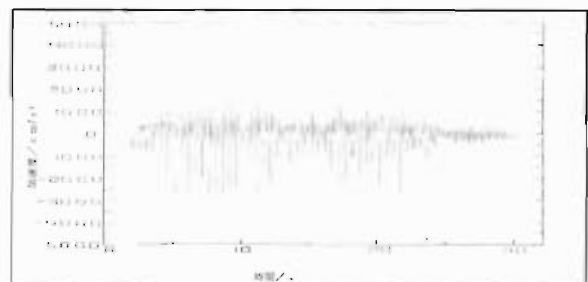


図 13 冷蔵庫上部の加速度

(エ) 実験 8

条件：扉等の開閉状態：扉・引き出し共に閉

結果：扉も引き出しも開かないので冷蔵庫の内容物が飛び出ることはなかった。ストッパーは掛っているが、塩ビの床材で滑ることが多いため、冷蔵庫自体倒れることが少なかった。ロッキングすることが多かった。

その時の状況を写真 5 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 14 に示す。



写真 5 加振後の状況

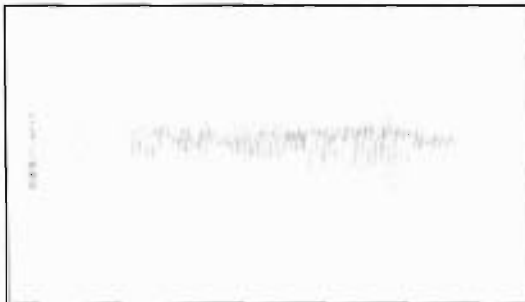


図 14 冷蔵庫上部の加速度

(7) 実験 9

条件：ストッパー：有り

床材の材質：塩ビ

結果：滑ることが多く、扉や引き出しが開き、内容物が飛び出した。

冷蔵庫自体は倒れることは少なかった。

その時の状況を写真 6 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 15 に示す。



写真 6 加振後の状況

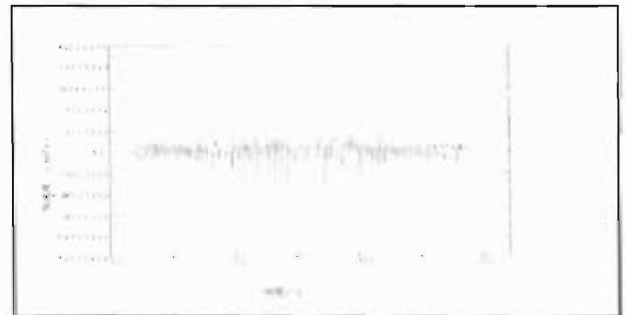


図 15 冷蔵庫上部の加速度

ウ 床面との摩擦差

床面との摩擦に係わる要因として、床材の違いとストッパーを掛けるか否かにより異なる。

実験の共通事項として、壁から 5 cm 離し、扉、引き出しは開く状態で設置した。

加振波は周期 0.5 秒、加速度 1000 cm/s²とした。

床材は、じゅうたんと塩ビシートで比較した。

表 11-3-1 にそれぞれのパラメータでの実験番号を記す。

表 3 実験状況

ストッパー	有り	無し
床面の材質		
塩ビ	実験 9	実験 10
じゅうたん	実験 11	実験 12

(イ) 実験 10

条件：ストッパー：無し

床材の材質：塩ビ

結果：滑ることが多く、扉や引き出しが開くだけの場合がほとんどであった。

その時の状況を写真 7 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 16 に示す。



写真 7 加振後の状況

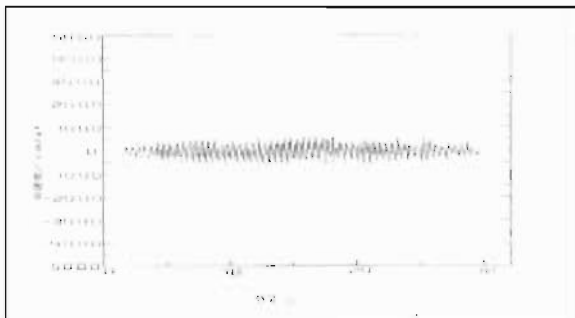


図 16 冷蔵庫上部の加速度

(ウ) 実験 11

条件：ストッパー：有り

床材の材質：じゅうたん

結果：冷蔵庫が倒れることが多かった。

冷蔵庫が前倒しになるため、冷蔵庫の内容物が飛び出ることが多かった。また、扉に冷蔵庫の自重がかかるため、扉が破損することも多かった。

その時の状況を写真 8 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 17 に示す。



写真 8 加振後の状況

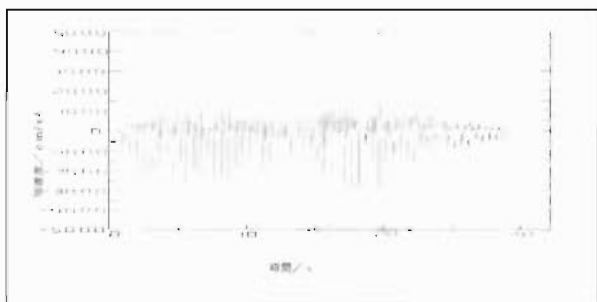


図 17 冷蔵庫上部の加速度

(エ) 実験 12

条件：ストッパー：無し

床材の材質：じゅうたん

結果：じゅうたん上でも滑ることが多かった。その時、引き出しが飛び出たり、扉が開いたりした。

その時の状況を写真 9 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 18 に示す。

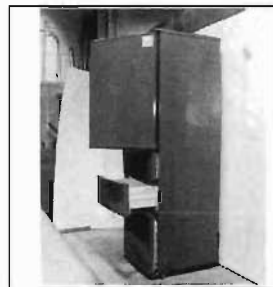


写真 9 加振後の状況

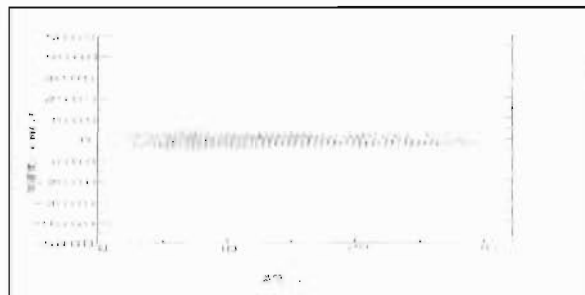


図 18 冷蔵庫上部の加速度

(2) 固定方法の検証

ア 上部固定方法の検証

上部固定方法の種類による違い及び固定する壁材の種類（一部の固定具）による違いで固定の強度に差がでるか否か、また、その固定方法は、本実験で有効か否かを調べた。

実験の共通事項として、壁から 5 cm 離し、扉、引き出しは開く状態で設置した。

加振波は周期 0.5 秒、加速度 1000 cm/s^2 とした。

表 4 それぞれのパラメータでの実験番号を記す。

表 4 実験状況

上部固定方法の種類	実験番号	
つっぱり棒 *)	実験 13	
L字金具	実験 14	
ダンボール箱 *)	実験 15	
ベル固定	対木	実験 16
	対石膏ボード	実験 17
マジックテープ	実験 18	

*) 印のものは天井使用。天井は、鉄棒をボルト締めし、そこに厚さ 1 cm 合板をボルト締めしたものである。

(7) 実験 13

条件：上部固定方法の種類：つっぱり棒

結果：つっぱり棒が曲がったり、外れたりして冷蔵庫を最後まで固定できず、固定の効果は最後まで認められなかった。

つっぱり棒が取れた後は、冷蔵庫の扉や引き出しが飛び

出たり、内容物が飛び出した。

つっぱり棒を強固に固定すると、つっぱり棒が変形してしまい、その後は、取れてしまう。

つっぱり棒を設置したときの状況を写真 10、図 19 に、加振後の様子を写真 11 に示す。

また、つっぱり棒が加振後変形した状況を写真 12 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 20 に示す。

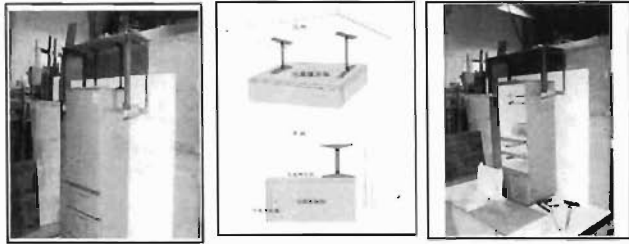
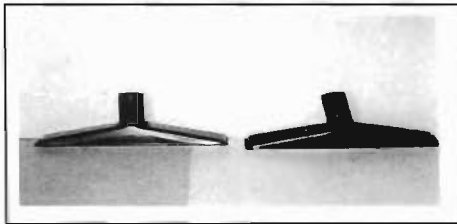


写真 10 設置状況 図 19 設置状況 写真 11 加振後の状況



加振前の状態 加振後の状態
(上部の棒状部が左に曲がっている)

写真 12 つっぱり棒が加振後、変形した状況

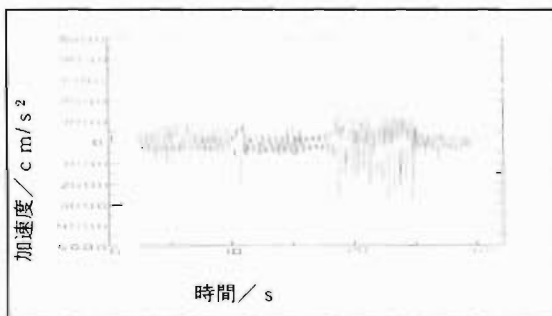


図 20 冷蔵庫上部の加速度

(i) 実験 14

条件：上部固定方法の種類：L字金具（L字金具で冷蔵庫上部を固定するため冷蔵庫の上部に板を固定した。冷蔵庫上部の板の固定は、板と冷蔵庫上部の間を両面テープで固定し、さらに板の上からテープで固定した）

結果：この方法で加振すると、冷蔵庫上部を中心に冷蔵庫下部が振り子のように揺れ、壁に激突しては跳ね返されていた。そのため、内容物は飛び出した。

その時の設置状況を写真 13、図 21 に、加振後の状況を写真 14 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 22 に示す。

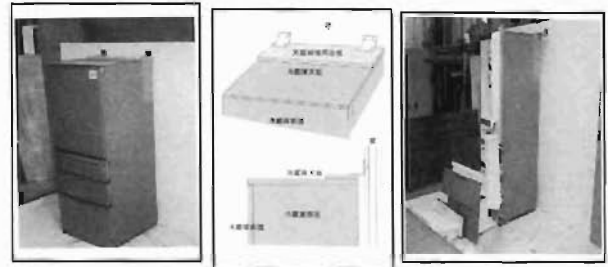


写真 13 設置状況 図 21 設置状況 写真 14 加振後の状況

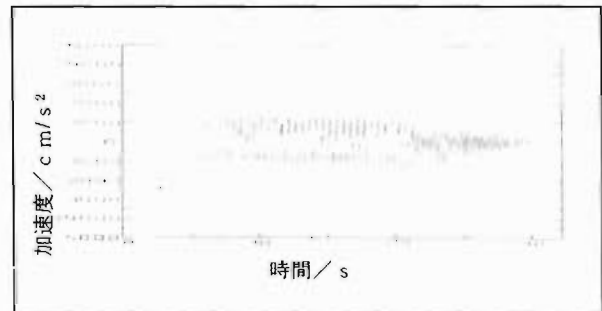


図 22 冷蔵庫上部の加速度

(ii) 実験 15

条件：上部固定方法の種類：ダンボール箱（冷蔵庫上部と天井との間にちょうど良い高さ（天井の高さ＝冷蔵庫の高さ＋ダンボールの高さ））

結果：ダンボール箱により、冷蔵庫のロッキングは防げるが、冷蔵庫は前後に揺れた。そのため、揺れとしては比較的小さく、引き出しが飛び出る程度であった。

その時の設置状況を写真 15 に加振後の様子を写真 16 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 23 に示す。

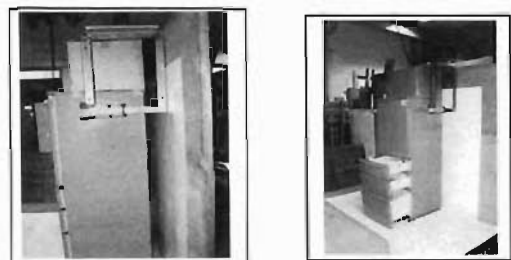


写真 15 設置状況

写真 16 加振後の状況

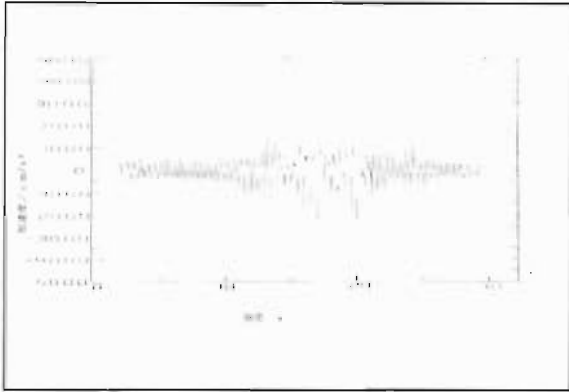


図 23 冷蔵庫上部の加速度

(x) 実験 16

条件：上部固定方法の種類：ベルト固定（壁に木ねじで固定した金具と冷蔵庫背面上部の穴との間をベルトで固定する）

結果：冷蔵庫上部が固定されているため冷蔵庫は倒れることはないが、加振による影響は大きく、扉も引き出しも飛び出し、内容物も飛び出した。

冷蔵庫に穴をあけた状況を写真 17 に示す。

その穴にひもを取付けた状況を写真 18 に示す。

壁側の木に取付けた金具を写真 19 に示す。

ビスの設置の状況を図 24 に示す。冷蔵庫の設置状況を写真 20 に加振後の状況を写真 21 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 25 に示す。

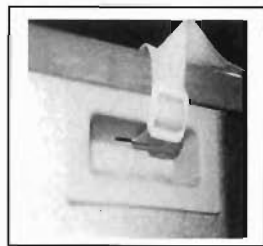


写真 17 冷蔵庫の穴の状況 写真 18 ベルトを取付けた状況

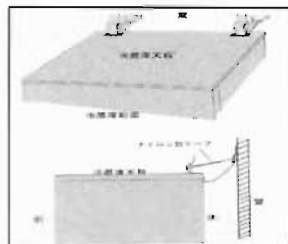


写真 19 金具の取付状況 図 24 ベルトの設置状況

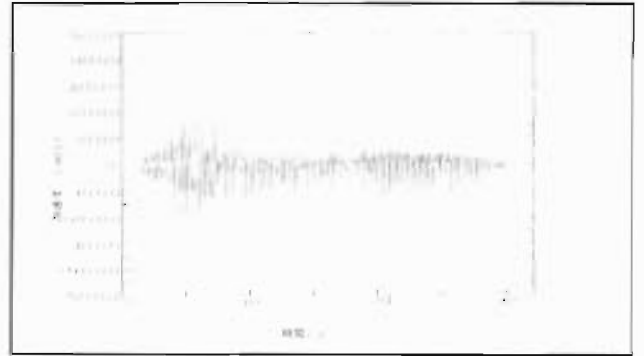


図 25 冷蔵庫上部の加速度



写真 20 設置状況

写真 21 加振後の状況

(o) 実験 17

条件：上部固定方法の種類：ベルト固定（実験 16 の条件で壁を石膏ボードとした）

写真 22 のビス 1 は石膏ボードに穴をあけた後、左側のひもが付いている物の金属部分をあけた穴の中にひもだけ残して入れ、金具をボード裏の当て金具とした。次に真中のネジをひもに通して締め、ボードを固定する。

その後止め金具を入れてから、右側のネジで締める。

写真 23 のビス 2 は、石膏ボードに穴をあけた後、左側の長細い側をボードの裏に入れる。そのことによりもう一方側が表面を抑えるため、ボードを固定できる。その後、止め金具を通してから、右側のネジで止める。

結果：上部はしっかり固定されており、上部の揺れは小さかったが、扉が取れ、引き出しが飛び出た。そのため、揺れを増幅させるものなくなり、揺れは小さいものであった。

石膏ボードは壊れたり壊れなかったりであった。

写真 22 のビス 1 と写真 23 のビス 2 では、写真 22 のビス 1の方が壁の裏面から抑える面積が大きいため、石膏ボードにかかる力が大きくなる。しかし、本実験では、石膏ボードに対する力に大きな差は見られなかった。

設置状況を写真 24 に示す。

加振後の石膏ボードの状況を写真 25 に、加振後の冷蔵庫の状況を写真 26 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 26 に示す。

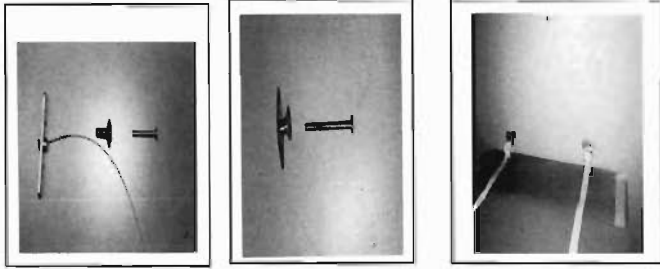


写真 22 ビス 1 写真 23 ビス 2 写真 24 設置状況



写真 25 加振後の石膏ボード 写真 26 加振後の冷蔵庫

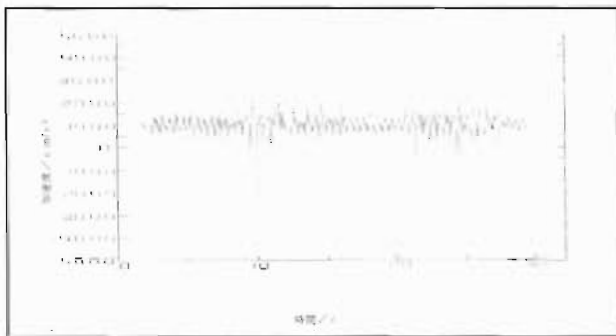


図 26 冷蔵庫上部の加速度

(カ) 実験 18

条件：上部固定方法の種類：マジックテープ
 結果：マジックテープでは、マジックテープ面が剥がれた。
 その後は、冷蔵庫はロッキングを繰り返した。
 マジックテープが剥がれた時期が早ければ、早いほどロッキングを繰り返し、そのことにより、扉や引き出しが開き内容物が飛び出した。
 その時の設置状況を図 27、写真 27 に、加振後の冷蔵庫の状況を写真 28 に示す。
 冷蔵庫の上部の加速度変化を図 28 に示す。

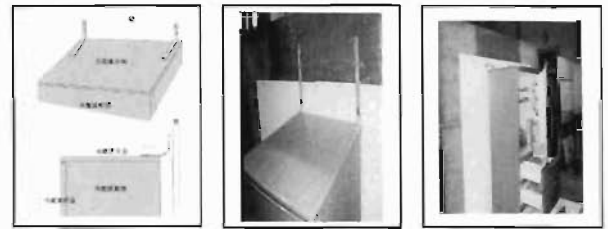


図 27 設置状況 写真 27 設置状況 写真 28 加振後の冷蔵庫の状況

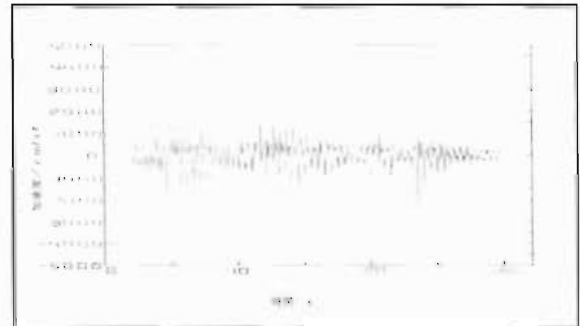


図 28 冷蔵庫上部の加速度

イ システムキッチン用固定方法

システムキッチン用の固定とは、冷蔵庫上部から下部に固定ロープを通し固定する方法である。

ここでは、この方法を用いて試験体を加振した。

試験条件はこの固定方法で扉、引き出しは開く状態で壁から 5 cm 離して固定した。その実験番号を実験 19 とした。加振波は、周期 0.5 秒、加速度 1000 cm/s^2 とした。

実験 19

条件：システムキッチン用の固定

結果：冷蔵庫は倒れなかった。扉や引き出しは飛び出し、内容物まで飛び出していた。

その時の設置状況を写真 29、写真 30 に、加振後の様子を写真 31 に示す。

設置の状況を図 29 に示す。

冷蔵庫の上部の加速度変化を図 30 に示す。

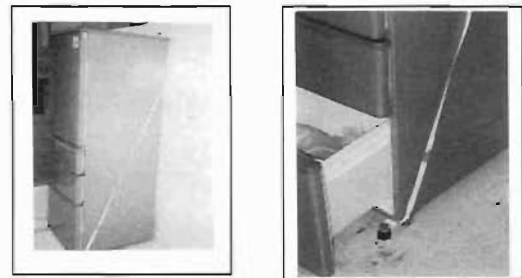


写真 29 設置状況 写真 30 脚部の設置状況



写真 31 加振後の状況

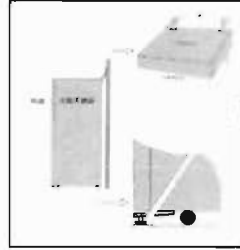


図 29 設置状況

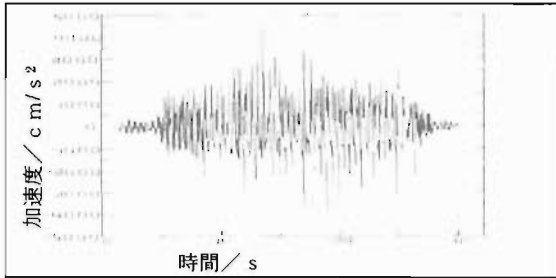


図 30 冷蔵庫上部の加速度

5 まとめ

(1) 加振時における冷蔵庫の対震挙動

ア 冷蔵庫の振動分類

周期 0.5 秒、加速度 1000 cm/s^2 で加振した場合

(ア) 一般的な設置方法である壁から 5 cm 離して、ストッパーを掛けて固定している場合、冷蔵庫はロッキングを起こした。

(イ) ストッパーが掛かっていて壁から離れている場合は、壁に近づきロッキングを起こした。

上記いずれの場合も、床材が塩ビ等の摩擦の少ないものであれば、倒れないが内容物は飛び出た。また、じゅうたん等摩擦の大きなものの場合、倒れる場合が多かった。

(ウ) ストッパーを掛けずに壁等の障害物がない場合、前後に揺れるのみで、扉や引き出しが飛び出ることには少なかった。

(エ) ストッパーを掛けずに壁から 5 cm 離して設置し、壁に衝突した時、壁から遠く離れた場合、前後に揺れるだけであった。また、壁からあまり離れなかった場合は、壁に衝突する。この場合、壁に衝突する衝撃で扉や引き出しが開き、内容物が出る場合があった。

イ 冷蔵庫の転倒に及ぼす扉、引き出しの影響

冷蔵庫の扉と引き出しの開閉による冷蔵庫の転倒に及ぼす影響を調べた結果、扉が開いている場合、加振時バランスを崩しやすかった。(バランスを崩して冷蔵庫の方向転換を行う等)

ウ 床面との摩擦差

床面との摩擦に係わる要因として、床材の違いとストッパーを掛けるか掛けないかによる。

今回行った実験で言うと、摩擦が最も大きかった床材が

じゅうたんで冷蔵庫のストッパーを掛けている状態の時が転倒しやすく、摩擦の最も少なかった床材が塩ビで冷蔵庫のストッパーを掛けていない状態では転倒しにくかった。

この結果を前記 2 (阪神大震災における冷蔵庫の被害状況) と比較する。

加振波が異なる違いはあるが、じゅうたんのように冷蔵庫と床材との摩擦が大きいものは倒れる場合が多く、塩ビのように摩擦が少ないものは、滑ったが倒れることが少なく、多くの点で一致する。

(2) 各種固定方法の検証

ア 上部固定方法の種類による違いで、固定方法として有効か否か調べた。

その結果を表 5 に示す。

表 5 実験状況

上部固定方法の種類	結果	
つっぱり棒	有効でない。(はずれる。壊れる)	
し字金具	有効でない。(上部は固定されるが冷蔵庫全体としては揺れる)	
ダンボール箱	ある程度有効。(ロッキングを抑え、水平方向の揺れだけにする)	
バネ固定	対木	ある程度有効(場合により振動を抑える)
	対石膏ボード	ある程度有効(場合により振動を抑える) この実験では、石膏ボードが壊れて固定できなくなることもあった。
マジックテープ	有効ではない。(途中で剥がれる)	

ここで、上部固定の共通事項として、上部固定が最後まで固定されていれば冷蔵庫は転倒しない。ただし、上部固定が取れたとしても転倒することは少ない。

イ システムキッチン用の固定方法では、転倒はしないが内容物が出た。固定ひも全体であそびが大きいので、振動が大きくなった。そのため、冷蔵庫上部の加速度も大きくなっていた。

ウ 冷蔵庫の固定が有効であっても、内容物は飛び出してしまっているので、扉の開放防止措置が必要である。

[参考文献]

- 1) : 日本建築学会建築計画委員会 : 阪神淡路大震災住宅内部被害調査結果書 : p66-73 1996
- 2) : 田代元弘、坪田張二 : 地震でも倒れない家具の留め方 : p9-10 昭和 56 年 : 鹿島出版
- 3) : 北浦かほる、北原昭男 : インテリアの地震対策 : p70 1998 年 リバティ書房

STUDIES OF THE MOVEMENT OF REFRIGERATORS DURING AN EARTHQUAKE AND RELATED SAFETY MEASURES

Kazuo KATO*、Toshihiko ABE*

Abstract

The Great Hanshin-Awaji Earthquake made furniture and household electric appliances fall in many houses, with no physical damage to the houses' structure.

We selected to study household refrigerators .

We studied the movement of refrigerators during an earthquake , and proposed safety measures.

The results were as follows:

1 The movement is classified into "Rocking" and "Sliding" during an earthquake. In general, refrigerators are stabilized with stoppers and placed about 5 cm, off the wall.

In this state, refrigerators fell down with "Rocking" .

2 As an effective safety measure for refrigerator stabilization, a corrugated cardboard box can be placed between a refrigerator and the ceiling. (ceiling height=refrigerator height +Box height)

* Second Laboratory