

近畿大学工学部建築学科卒業論文概要

平成 16 年度		番号 氏名	01168142
指導教官	藤井 大地 助教授		山中 泰子
題名	地震時における家具の転倒被害に関する基礎的研究		

1. はじめに

阪神・淡路大震災による死者の 8 割以上が家屋の倒壊等による圧死や窒息死であったことが報告されており¹⁾、その約 1 割は家具類の転倒や高所からの落下によって亡くなったと言われている(表 1-1)。しかし近年、耐震技術の向上に伴い、家屋倒壊による人的被害の発生低減に向け改善の途にあるといえる。一方、地震時の家具類の転倒被害は、地震動や建物応答の不確定性、家具の設置状況(壁の有無、摩擦係数、段積み、内容物など)の変異性等が係わるため、大変複雑で予測が困難である。

そこで本研究では、家具の転倒被害を建物の構造の側面から分析することを目的として、まず、これまでの地震時における家具の転倒被害に関する研究をまとめる。そして、建物の構造と家具の転倒との関連を調査するために、建物と家具を骨組にモデル化し、本研究室で開発した骨組地震応答解析ソフトを用いて、地震時の建物内の家具の挙動を調査する。

表 1-1 死亡者の死因について (単位: 人)

死 因	府 県			合 計
	兵庫県	大阪府	京都府	
家屋、家具類等の倒壊による 圧迫死と思われるもの	4,823	7	1	4,831
焼死体(火傷死体)及びその 疑いのあるもの	550			550
その他	107	14		121
計	5,480	21	1	5,502

注) 警察庁調べ。
その他とは、落下物による脳挫傷・骨折、車両転落による全身打撲等である。

2. 家具・機器類の地震被害の傾向

阪神淡路大震災では、超高層や中高層の集合住宅移住者が多数存在する都市部や、室内に家具や電化製品など多くの家財に囲まれた住生活が当たり前になっているなど、近年の住

宅事情や住み方の問題点を大きく反映したものがみられた。

2.1 家具類の基本挙動パターン

室内に置かれた家具類が強震時に見られる代表的な挙動²⁾³⁾を紹介する(図 2-1)。また、その特徴や及ぶ被害、各挙動が現れやすい家具を示す。地震には横揺れと縦揺れの 2 つが存在するが、縦揺れで家具が転倒・破壊されるような場合には、家屋そのものが倒壊してしまうと想像される。従ってここでは横揺れに対する挙動について紹介する。

<移動>

スリップ、横滑りとも言われ、ピアノのようにキャスターの付いている家具では移動の被害が多い。フローリング仕上げなど、摩擦の少ない床仕上げ材は家具滑らせ転倒を防いでいる反面、収納物の散乱を誘発する傾向もある。また、避難通路の塞ぎになる。

<転倒>

本棚のように背が高く奥行き短い家具や、冷蔵庫、ピアノに多く見られる。また、人・物へ直接的で大きい被害をもたらす、避難通路の塞ぎになる。

<ロッキング>

左右や前後に揺れたり、浮き上がる現象で、積み重ね家具などの場合にも見られる。ロッキングした後に転倒するものや、ロッキングしながら移動するものもあり、避難通路の塞ぎになる。発音による心理的影響がある。

<落下>

積み重ね家具、台の上に設置されることの多いテレビや電子レンジなどに多く見られ、人・物へ直接的で大きい被害がでる。また、避難通路の塞ぎになる。

また、この他にジャンプ、変形などがある。

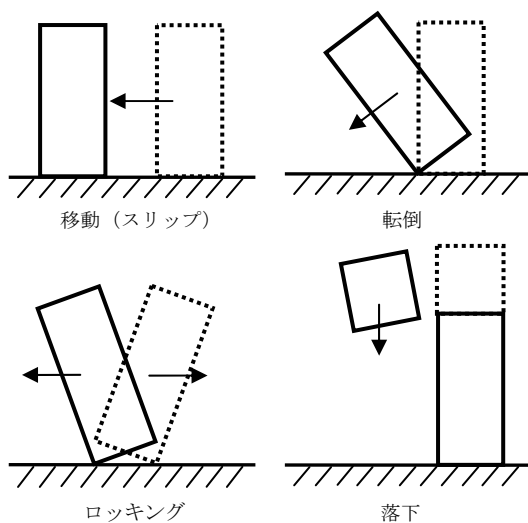


図 2-1 家具の挙動例

2.2 過去の地震における家具・機器類の被害

<住宅での被害>⁴⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾

阪神淡路大震災の際には、家具・機器類は図 2-1 にあるようなさまざまな動きをした。また、主寝室と子供部屋、居間と台所では、家具の転倒と全面散乱の被害が他室に比べて多く見られる。前 2 者では家具の転倒が、後 2 者では全面散乱が目立っている。寝室は収納家具が多く居間や台所には小物の生活用品が多いため散乱しやすいのに対して、面積が小さく物が少ない玄関、洗面・浴室、便所では被害が少ない。

床仕上げとしては、フローリングやたたみよりもカーペットの床の方が、家具が滑りにくいため転倒しやすいという傾向が見られた。柔らかく表面の摩擦抵抗が大きい材料と、フローリングなど堅く滑りやすい材料表面特性の差が転倒率（地震で問題になる家具や家電機器の総数に対する、転倒したらの数の割合）に反映されていた。じゅうたんや塩ビシート、畳では重い家具が置かれると自重で床面に食い込んだ状態になるため倒れやすくなる。

<オフィスの場合>³⁾

阪神淡路大震災の際に見られたオフィス家具やコンピュータ機器の被害の特徴は、オフィスには、一般に背の高いキャビネット類が多数あり、中には固定されていないものも多く、地震時にはこのようなキャビネット類の転倒被害が目立った(図 2-2)。さらに、家具のロッキング移動や転倒に伴う収

納物の散乱、OA 機器の落下・破損するなどの被害や、直線で連結し過ぎたパーティションの転倒によるガラスの散乱被害も見られた(図 2-3)。オフィス家具の収納物には書類が多く重量が重いため、落下時に人に危害を与える可能性は高いと考えられる。コンピュータ機器の被害としては、机上に設置されたパソコンやプリンター等の落下をはじめ、接続ケーブルの長さが短く機器が移動した際にケーブルに引っ張られて転倒したり、機器の脚がケーブル穴に落ちて転倒したケースもあった。



図 2-2 書架の転倒

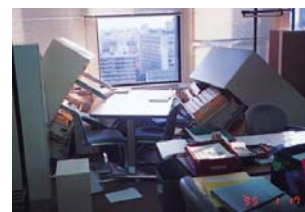


図 2-3 転倒による散乱

以上の文献調査から家具の地震挙動に影響を与える主要因をまとめると、以下のようになる。

- 家具の寸法 (高さ、奥行き、重心位置)
- 家具の脚まわりの素材・構造 (スチール、木、ゴム、キャスター)
- 設置方法 (固定の有無、キャスターロックの有無)
- 家具の配置 (独立、壁際、背中合わせ、二段重ね)
- 床仕上げ (カーペット、ビニール床材、フローリング)
- 床の揺れ (揺れの大きさ、揺れの卓越振動数)

図 2-4 家具の地震挙動に影響を与える主要因

2.3 これまでに紹介されている転倒防止対策

阪神淡路大震災以降、家具の転倒防止対策がクローズアップされることになり、図 2-5 に示したような、より一般の居住者や住宅ユーザーの立場に立った現実的な家具転倒防止等の対策方法が紹介されるようになった⁹⁾。

耐震器具は L 型金具のような耐震金具と突っ張り棒のような耐震グッズがあり、使用する目的や場所に合わせて選ぶ必要がある。家具転倒防止器具によって、転倒防止効果や振動抑制効果に大小があり、全般的に、家具の上部を固定する器具の方が、家具の下部を固定する器具より効果が大きい。L型金具は、家具の挙動を抑制し、効果が大きい一方、震度6強以上の衝撃力が家具にかかるにより、器具の変形や壁の損傷が生じる場合がある。ポール式の器具は、家具の天板と天井の部分に強度が確保されている場合には、比較的效果が得られるが、器具に対して横方向の揺れを受けると脱落し易くなる。ストッパー式やマット式のような家具の下部に設置するタイプの器具は、震度が大きくなると移動や転倒の危険性が高くなる傾向がある。上部固定式の器具と下部設置式の器具を組み合わせると、より大きな効果が得ることができる。

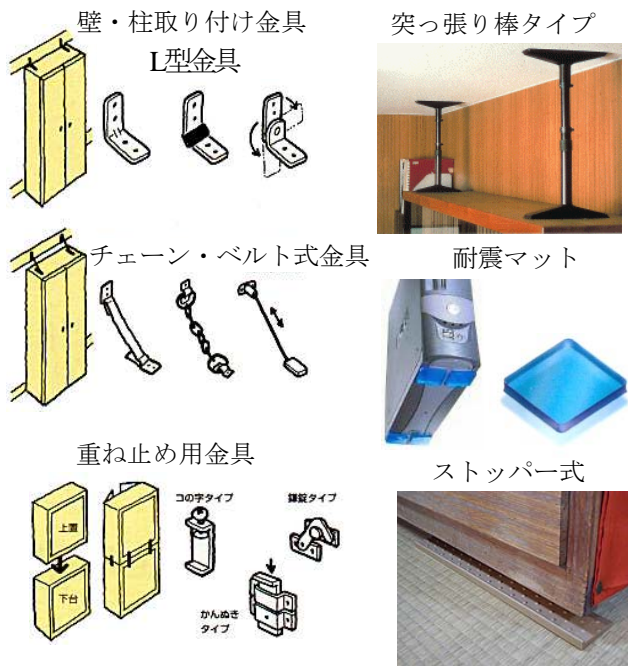


図 2-5 一般的な家具防災対策

3. これまでの地震時の家具転倒に関する研究

従来より家具転倒についての被害調査、振動実験、動的解析が行われてきたが、未だに転倒現象が解明されたとは言い難い。その理由として、単体とは言え非線形力学系の複雑性からあまり明確な結論は無理であること、研究課題として、備品より構造の安全性、挙動の追跡より対策が優先されたこ

と、信頼できる大加速度の地震記録がほとんど無かったこと、したがって地震被害と発生地震のタイプを関連づけるような研究も難しかったことなどが挙げられる。ところが近年は内外で地震波記録が充実し我が国でも特徴ある神戸波等が得られ、構造被害より桁違いに多い家具、機器等にも関心が高まっている。

4. 骨組応答解析による家具の地震時挙動シミュレーション

4.1 解析モデルと解析条件

本章では、建物の構造と家具の転倒に関する関連性を調査するために、建物と家具を骨組にモデル化し、地震応答解析を行う。

建物の構造は、図 4-1 に示すような RC 構造の 5 階建てビルとする。そして、各階の部屋の隅に家具が設置されているものとし、家具部分も 1 質点系のバネ・マスモデルでモデル化する。また、マスは代表的な家具の質量とし、バネ剛性は、表 4-1 に示す家具の振動固有周期から定めた。なお、この場合、家具の滑りは考慮していない。

図 4-1 のモデルに対して、ElCentro NS の地震加速度を入力し、地震応答解析を行う。なお、解析ソフトは本研究室で開発したものであり、数値積分には平均加速度法を用いている。

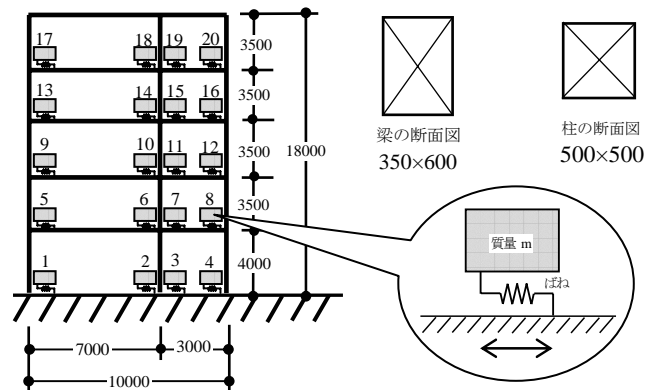


図 4-1 解析モデル

表 4-1 建物および家具モデルの諸元

	建物	家具		
		1.0	1.25	1.5
固有周期 T (s)	0.34	1.0	1.25	1.5
ばね剛性 K (N/m)	40939.5	4737.4	3031.9	2105.5

4.2 解析結果と考察

表 4-2 最大変位応答

家具番号		家具の固有周期[s]		
		1.0	1.25	1.5
1 階	1	0.00012	0.00012	0.00013
	2	0.00002	0.00002	0.00002
	3	0.00002	0.00002	0.00002
	4	0.00002	0.00002	0.00002
3 階	9	1.08706	1.08837	1.08836
	10	1.11250	1.11383	1.11382
	11	1.11435	1.11568	1.11567
	12	1.12552	1.12685	1.12684
5 階	17	2.82882	2.83221	2.83220
	18	2.87057	2.87399	2.87397
	19	2.87364	2.87706	2.87705
	20	2.89257	2.89600	2.89598

表 4-3 最大加速度応答

家具番号		家具の固有周期[s]		
		1	1.25	1.5
1 階	1	3.22	3.14	3.09
	2	1.74	1.82	1.92
	3	1.71	1.80	1.90
	4	1.71	1.80	1.90
3 階	9	348.85	349.27	349.21
	10	357.22	357.73	357.68
	11	357.92	358.43	358.38
	12	362.31	362.88	362.84
5 階	17	948.04	949.79	949.79
	18	963.37	965.24	965.26
	19	964.49	966.36	966.39
	20	971.31	973.25	973.29

表 4-2、3 は、各階の家具のマス部分の最大変位応答と最大加速度応答を示したものである。表より、下階に比較して上

階の変位および加速度が大きくなっていることがわかる。また、家具の振動数の方に注目してみると、あまり大きな変化が無かった。

このような結果から、このようなビルにおいては、特に上階の家具の転倒に注意する必要があることがわかる。今後は、家具の形状や大きさ、入力レベルや入力波の卓越振動数が家具の最大変位応答と最大加速度応答にどのように影響するのかを、解析により検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、家具の転倒防止に関する基礎的研究として、まず、既往の研究から、地震時の家具の挙動、地震被害の傾向、転倒防止対策などに関して調査を行い、考察を加えた。また、建物の構造と家具の転倒との関連を調査するために、建物と家具を骨組にモデル化し、本研究室で開発した骨組地震応答解析ソフトを用いて、地震時の建物内の家具の挙動を検討した。その結果、本論文に示した例題では、建物の上階の家具の方が下階の家具よりも転倒しやすいことがわかった。これは文献調査でも指摘されており、同等の結果が得られたと言える。

今後は、家具の滑りなども考慮したモデルに拡張することで、建物の構造と家具の挙動に関する関連がより明確になると考えられる。

参考文献

- 1).『阪神・淡路大震災誌』(財)日本消防協会, pp.53, 1996. 3.
- 2).総務省消防庁 <http://www.fdma.go.jp/index.html>
- 3).酒巻高一: オフィス家具の被害について, 建築防災, 238号, pp.23~27, 1997.
- 4).日本建築学会建築計画委員会・兵庫県南部地震調査研究部会・建物内部空間における被害WG: 阪神淡路大震災住宅内部被害調査報告書, 1996/9.
- 5).北浦かほる: 阪神大震災における住宅のインテリア被害, 建築防災, 238号, pp.23~27, 1997.
- 6).小川雄二郎 監修: 図書館・文書館の防災対策, 1996/11.
- 7).NEC フィールドサービス: コンピュータ安全対策マニュアル-地震対策編一, 1995/6.
- 8).松山博美, 伊藤茂: コンピュータシステムの被害とその教訓, 電気評論, Vol.366, pp.42~45, 1996/4.
- 9).東京消防庁 <http://www.tfd.metro.tokyo.jp>