

地震時の家具の動的挙動を考慮した生活空間の安全性評価に関する研究

東京大学大学院 学生会員 ○伊東 大輔
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

1. はじめに

現在、日本は地震学的に活動度の高い時期を迎えている。今後想定される地震に対する被害軽減のためには、建物の耐震性を向上させる、家具の転倒防止措置を行うなど、市民1人1人の自発的な被害軽減行動が最も効果的かつ不可欠であると言える。しかし、兵庫県南部地震以後、居住施設の耐震化や居住空間の安全性確保の重要性が謳われる一方で、実態としてはほとんど進んでいないとの報告¹⁾がある。これらの大きな原因の1つに、多くの人々が地震災害を具体的にイメージする能力に乏しいことが挙げられる。

そこで本研究では、この災害イメージング能力を向上し、具体的な防災対策を講じてもらうために、次のようなシミュレーションを行った。まず利用者の生活空間を対象とし、地震時の家具の挙動をアニメーションしてその転倒率を示すことにより、「危険・リスクの認知」を促進する。次に、転倒防止器具を設置した場合の転倒率の低減効果を示すことで、「対処・効果の認知」を促進させる。

2. 評価の対象とする生活空間

対象とする家具は表1に示す3種類(No.1~3)とした。サイズと材料特性は表1に示す通りである。対象とする生活空間は図1のようなモデルルームとし、空間内には、3種類の家具をそれぞれ7個ずつ、他にテーブルやイス等も設置した。

表1 解析対象とした家具のサイズと材料特性

	h [cm]	d [cm]	b [cm]	d/h	m [kg]	ρ [kg/cm ³]
No.1	180	54	90	0.3	200	2.29E-04
No.2	180	36	90	0.2	133.3	2.29E-04
No.3	135	54	90	0.4	150	2.29E-04

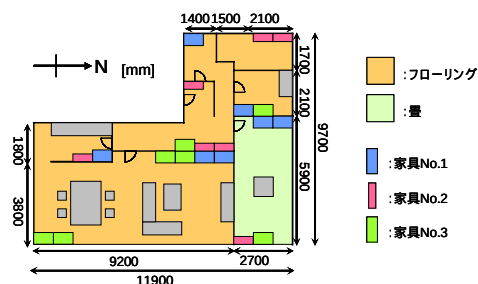


図1 モデルルーム内家具の設置状況

3. 多質点系バネ-マスモデルによる

床入力データの作成

表2に示すK-NET²⁾より取得した卓越周期の異なる11の地震動(N-S, E-W, U-D方向)記録を入力とし、鉄筋コンクリート造20階建ての建物を多質点系のバネ-マスモデルとして時刻暦応答解析し、各階の床の応答を求めた。これらのうち、1, 5, 10, 15, 20階の5フロア分の応答を床応答データとして用いることとした。図2は、5のフロアでの床応答と計測震度の関係である。なお、現行の気象庁震度階では、計測震度6.5以上を全て震度7としているが、本研究では計測震度(6.5~6.9)を7-、(7.0~7.4)を7+、(7.5~7.9)を7++と定義した。以上のように作成した計55の床応答データを、対象とする生活空間への変位入力として用いることとする。

4. 家具の転倒率の算出

解析は対象とした家具に、(a)転倒防止器具を設置しない、(b)全ての家具にベルト式転倒防止器具を設置する、(c)家具No.1, No.2にハニカムボードを、背の低い家具No.3にベルト式を設置する、という3ケースについて行った。室内

表2 床入力データ作成に用いた実地震動

発生日	地震名	観測地	マグニチュード [M]	震源深さ [km]	計測震度	卓越周期 [sec]
1995/1/17	兵庫県南部地震	神戸海洋気象台	7.3	16	6.40	0.71
2000/10/6	鳥取県西部	油木	7.3	11	5.06	0.29
2001/3/24	芸予	湯来	6.4	51	5.71	0.46
2001/12/2	岩手県内陸南部	大東	6.4	122	4.49	0.11
2003/5/26	宮城県北部	牡鹿	7.0	71	6.20	0.37
2003/9/26	十勝沖	広尾	8.0	42	6.07	0.27
2003/9/26	十勝沖	苫小牧	6.8	18	4.49	4.50
2004/9/5	紀伊半島南東沖	白山	6.8	18	4.69	0.18
2004/9/5	紀伊半島南東沖	堺	7.4	44	3.76	6.40
2004/10/23	新潟県中越	小千谷	6.8	13	6.73	0.60
2005/3/20	福岡県西方沖	平戸	7.0	9	5.09	0.46

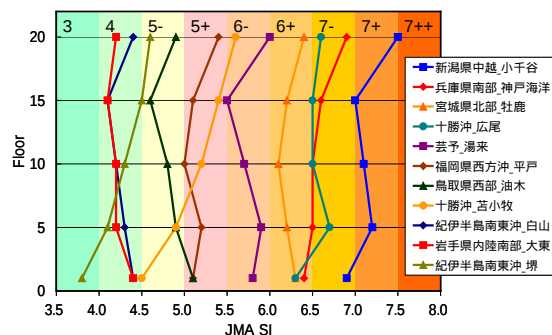


図2 床応答データのフロアと計測震度の関係

キーワード：室内被害、安全性評価、拡張固別要素法、地震防災、人的被害

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 B 棟 目黒研究室 Tel: 03-5452-6437

の家具の挙動を3次元拡張個別要素法(3D-EDEM)³⁾によりシミュレーションした結果を図3に示す。用いた3D-EDEMは、解析結果と実験値との比較から十分に高い精度が得られることが確認されている³⁾。図3の画像はバーチャルリアリティ技術(VR)を用いて作成しているが、VRを用いることでユーザーは、仮想空間内を自由に動きまわることができる。ここでは、ベルト式の転倒防止器具は壁面と家具上面を繋ぐバネによってモデル化している。また、ハニカムボードは家具の上面と天井とを充填することにより転倒防止効果を得る間隙材であり、ダンボールを敷き詰めるのと同様の剛性と密度を持つ要素としてモデル化した。

図4に室内全体での転倒率と各ケースでのフロアの計測震度との関係を示す。(a)においては、計測震度6+を超えると急激に転倒の危険性が高まった。(b)では全ての家具にベルト式転倒防止器具を設置しているものの、器具が破断してしまい効果が得られていない。(c)では高い計測震度の場合にも転倒率を大きく下げることができ、効果が高いことが示された。

5. 家具の転倒率による生活空間の安全性評価

生活空間内では、どのような計測震度の床入力においても、家具の転倒率はなるべく低く抑えることが望ましい。今回は、最も効果の高かった(c)の措置でも震度7+と7++の床入力における転倒率はそれぞれ17.5%、33.3%と十分に安全とは言えない。

ここで、震度7+、7++のような烈震においても家具の転倒率を可能な限り0%に近づけ、生活空間の安全性を確保するために次のような方法が考えられる。()建物に免震、又は制震装置がある場合、生活空間の床入力である計測震度を低減できる。今回のケースでは、図5のように、免震・制震装置により、震度7++の入力を震度

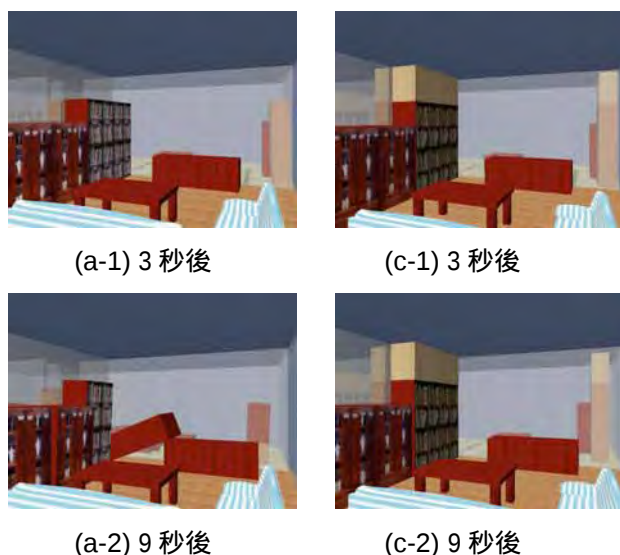


図3 新潟県中越地震(小千谷波)でのシミュレーション結果(1F)

7-まで下げることができれば、(c)の措置によって家具の転倒率を0%に近づけることができる。()免振・制振構造でない建物に生活空間が存在する場合、本研究グループが提案するより効果的な方法で転倒防止器具を設置することにより、震度7+、7++の床入力においても(c)のケースより転倒率を下げることで、生活空間を理想的な安全性にすることが可能である。

6. まとめ

本研究では3次元拡張個別要素法による家具の動的挙動シミュレーションとVR技術を用いて生活空間の安全性評価を行った。本研究成果には、地震に関する専門知識のない一般市民の「危険・リスクの認知」と「対処・効果の認知」を高められる。結果として、市民の防災意識の向上と具体的な防災対策が促進され、地震時の人的被害を軽減させることが期待される。

参考文献

- 1) 内閣府：住宅における地震被害軽減に関する指針，p.1，2004.8
- 2) 防災科学技術研究所：強震ネットワーク(K-NET)，<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>
- 3) 伊東大輔，目黒公郎：地震時の家具転倒に関する安全性評価手法の開発，日本地震学会大会2005梗概集，p60-61，2005.11.

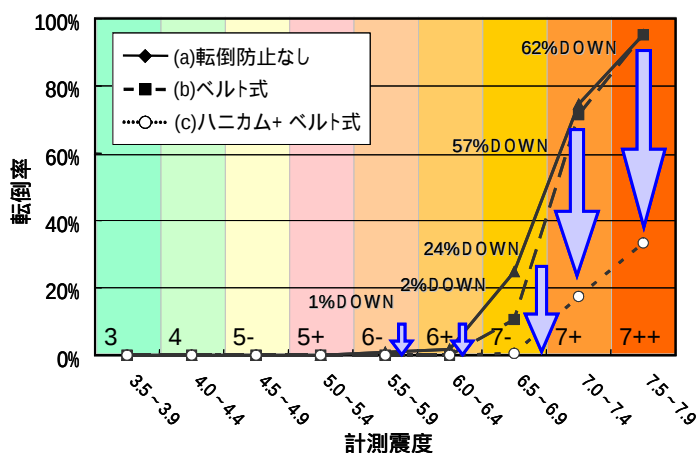


図4 各ケースの計測震度と転倒率の関係

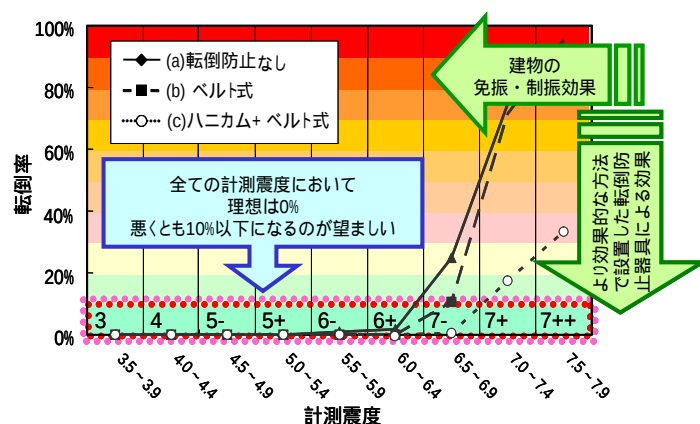


図5 安全性考慮のための計測震度と転倒率の関係