

超高層建物におけるキッチン家具の地震時挙動に関する予備的実験

○翠川 三郎¹⁾, 三浦 弘之²⁾, 初岡 徹朗³⁾, 高雄 眞⁴⁾

- 1) 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻, smidorik@enveng.titech.ac.jp
2) 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻, hmiura@enveng.titech.ac.jp
3) 東京工業大学 大学院総合理工学研究科 人間環境システム専攻, hatsuoka.t.aa@m.titech.ac.jp
4) 東京消防庁 防災部防災課, s6000009@section.metro.tokyo.jp

1. はじめに

近年の地震では、全負傷者数のうち屋内における家具類の転倒、落下物による原因が占める割合が4割程度であることが知られており¹⁾、屋内での人的被害を考える上で、地震時の家具類の挙動について検討することは重要である。また、近年発生が懸念されている東海、東南海、南海地震の巨大地震では長周期地震動が卓越すると考えられ、大都市圏に数多く存在する長い固有周期をもつ超高層建物では大きな揺れが数分間続くことが予測されている^{2)~4)}。このため、長周期地震動による超高層建物内の家具類の転倒や移動に関する検討を行うことは地震防災上重要である。

筆者らは超高層建物におけるオフィス内の家具群の地震時挙動について、振動実験および物理シミュレーションにより検討している⁵⁾。また、超高層マンションでの一般住宅内の家具類を考えると、コンロによる火気があり、食器など破損しやすい陶器・ガラス類が多く存在するキッチンにおける家具類の地震時挙動を把握しておくことは、室内の安全性を検討する上で重要である。そこで本研究では、食器棚やシステムキッチンに対して、大変位2次元振動台による予備的な実験を行い、長周期地震動による挙動を把握することを試みた。

2. 実験概要

2.1 振動台と地震波について

振動実験では大変位2次元振動台を用いた。この振動台は大振幅で加振することが可能であり、最大変位は長軸方向に±100cm、短軸方向に±50cmである。最大加速度は1000cm/s/s、最大速度は150cm/sまで再現可能である。台の大きさは約3.2m×約2.5mである。

本振動実験では、超高層建物の上階での長周期地震動に対する家具類の挙動を把握するため、入力地震波として、想定東海地震における新宿でのシミュレーション波形⁶⁾から求めた30階での建物の応答波（以下、新宿波）と1995年兵庫県南部地震に

おいて新長田駅前のSRC造25階建物の24階部分で観測された波（以下、長田波）⁷⁾を用いた。ただし、新宿波の最大変位は1m強となり、振動台の性能限界を越えてしまったため、応答波の振幅を85%に低減したものを入力波として用いた。

用いた入力波の速度波形をそれぞれ図1(a)、(b)に示す。また、長軸および短軸方向の最大加速度、最大速度、最大変位を表1に示す。新宿波の最大加速度は約230cm/s/s、最大速度は約135cm/s、最大変位は約95cmである。また、新宿波の卓越周期は長軸方向で約3.5秒、短軸方向で約3秒である。長田波は新宿波と比べると、継続時間は約40秒間と短く、最大変位も約50cmと比較的小さいものの、最大加速度は約960cm/s/sと大きい。長田波の卓越周期は長軸・短軸方向とも約2秒である。

2.2 使用したキッチン家具

本実験では、食器の入った食器棚とシステムキッチンの地震時挙動を把握することを試みた。食器棚とシステムキッチンの寸法等の概要を表2に示す。実験時の家具類の写真とレイアウトとを図2および図3に示す。

食器棚については、グラスや皿などの食器類を扉の中に収納し、レンジ台には電子レンジを置き、スライド式テーブルには給湯用魔法瓶を置いて実験を行った。電子レンジ底面の脚部には耐震用ジェルマットを貼り付けた。また、食器棚自体は転倒しないよう上面2点をL型金具で壁に固定した。食器に対しては、落下しても破片が飛び散らないよう、透明のビニールテープで養生した。

システムキッチンは、上部の収納扉と換気扇（レンジフード）、下部のコンロ、シンク、スライド式収納扉からなる。本実験では、コンロ上の天ぷら鍋の地震時挙動について検討するため、鍋に天ぷら油を模した色水を入れ、色水が飛び散らないよう透明の蓋を接着した上で、鍋をコンロ上に置いて実験を行った。コンロとしては、IHクッキングヒーターとガスコンロの2種類を用いた。用いたコンロの

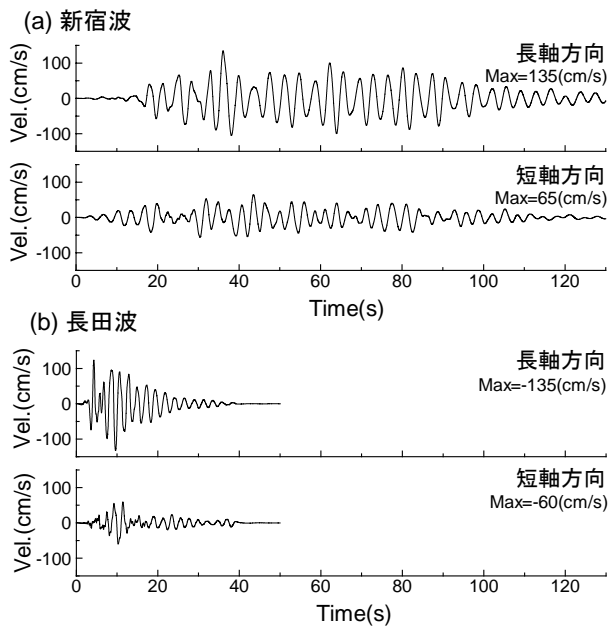


図1 本実験で使用した地震波

表1 本実験で使用した地震波の最大振幅

(a) 新宿波

	長軸方向	短軸方向
最大加速度	226 (cm/s/s)	133 (cm/s/s)
最大速度	135 (cm/s)	65 (cm/s)
最大変位	94 (cm)	49 (cm)

(b) 長田波

	長軸方向	短軸方向
最大加速度	960 (cm/s/s)	345 (cm/s/s)
最大速度	135 (cm/s)	60 (cm/s)
最大変位	49 (cm)	23 (cm)

表2 本実験で使用したキッチン家具

(a) 食器棚

寸法	W89cm×D43cm×H181cm
収納物	皿, グラス, カップ, 電子レンジ, 魔法瓶

(b) システムキッチン

寸法	(上部)	W210cm×D40(60*)cm×H70cm * レンジフードの奥行
	(下部)	W210cm×D65cm×H85cm
コンロ	① IHクッキングヒーター ② ガスコンロ	
調理器具	天ぷら鍋+色水	

写真を図4に示す。IHヒーターの場合には天ぷら鍋を直接テーブルの上に置き、ガスコンロの場合には鍋をゴトクの上に置いて加振した。

実験ケースの概要を表3に示す。食器棚について

(a) 食器棚

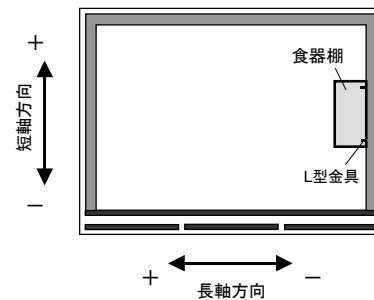


(b) システムキッチン



図2 使用したキッチン家具

(a) 食器棚



(b) システムキッチン

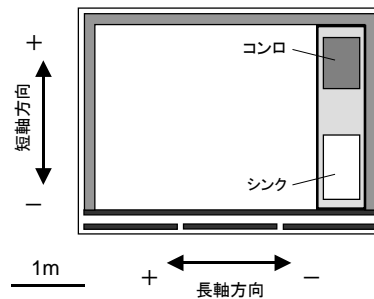


図3 キッチン家具の設置位置

(a) IHクッキングヒーター



(b) ガスコンロ



図4 使用したコンロの種類

では長田波を用いて加振し、システムキッチンについてはIHヒーターとガスコンロの2種類に対して、新宿波、長田波の2種類の地震波を用いて計4ケースの加振を行った。

3. 実験結果

3.1 食器棚の地震時挙動

加振後の食器棚の様子を図5および表3右欄に示す。図5(a)に示すように、棚の扉はほぼ全て加振

表 3 実験ケースの概要と実験結果

ケース	家具	コンロ	地震波	実験結果
①	食器棚	-	長田波	食器類の多くは落下し、スライド式テーブルも落下した
②	システムキッチン	IHヒータ	新宿波	天ぷら鍋はほとんど移動せず、落下はしなかった
③		IHヒータ	長田波	天ぷら鍋はコンロ上をすべりながら移動し、落下した
④		ガスコンロ	新宿波	天ぷら鍋はゴトク上を数cm移動した後に、落下した
⑤		ガスコンロ	長田波	天ぷら鍋は大きく移動し、壁に衝突した後に、落下した



図 5 加振後の食器棚と散乱した食器

中に開き、収納した食器類の多くは落下した。散乱した食器の様子を図 5(b)に示す。食器は養生していたために、落下して割れたのは半数程度であり、破片もそれほど飛び散らなかった。しかし、実際に養生されていない食器を用いた場合、割れる食器の数は多くなり、破片も広範囲に渡って飛び散るため、危険度が大きくなることが予想される。

スライド式テーブルは加振中に棚からはずれ、テーブル上にあった魔法瓶は図 5(c)に示すように落下し、棚から約 1.3m 移動した。また、耐震用ジェルマット上に置いた電子レンジは移動・落下はしなかった。

3.2 システムキッチンの地震時挙動

システムキッチンについての実験結果の概要を表 3 右欄に示し、加振後の天ぷら鍋の位置を図 6 に示す。IH ヒータを用いた場合、新宿波のときには、天ぷら鍋はほとんど移動せず、落下することはなかった。一方、長田波のときには、天ぷら鍋はコンロのテーブル上をすべりながら移動し、落下した。

このように、用いた地震波によって鍋の挙動が異なる原因として、地震波の加速度レベルの違いが挙げられる。表 1 に示すように、新宿波と比べると長田波の最大加速度は 4 倍以上大きく、より大きな力が鍋に加わるため、移動量が大きくなり落下したものと考えられる。

ガスコンロを用いた場合、いずれの地震波を用いても天ぷら鍋はゴトクから外れ、コンロから落下した。特に、長田波の場合、新宿波のときと比較して移動量が大きく、壁に衝突した後にコンロ横のテーブルを通過して落下した。

上記のように、同じ地震波を用いた場合でも、用いるコンロの種類によって鍋の挙動は異なった。IH ヒータの場合、鍋は底面全体がテーブルと接地しており、テーブル自体も滑らかで摩擦も小さいのに対して、ガスコンロの場合、鍋はゴトクのみで支えられており、底面の接地面積が小さく、ゴトクの摩擦も比較的大きい。このため、ガスコンロでは、より大きな力が鍋に加わるために、落下しやすかったものと考えられる。

加熱中に天ぷら鍋が地震によって落下すると、鍋内の油が周囲に飛び散り、火災や火傷などを引き起こす可能性が高い。また、鍋が落下しないケースでも、加振中には鍋内の色水がスロッシングを起こし、色水が透明の蓋に接触する様子がみられた。このため、実際には油が鍋から溢流し、飛び散る可能性がある。

4. まとめ

超高層マンションにおける地震時のキッチンの安全性について検討するために、振動台に食器棚およびシステムキッチンを設置し、長周期地震動によ

(a) IHヒータ・新宿波



(b) IHヒータ・長田波



(c) ガスコンロ・新宿波



(d) ガスコンロ・長田波



図6 加振後の天ぷら鍋の位置

る予備的な振動実験を行った。実験では、継続時間の長い想定東海地震のシミュレーション波と兵庫県南部地震での高層建物の観測波を用いた。特にシステムキッチンの実験では、コンロ上の天ぷら鍋の挙動を把握することを試みた。

食器棚に対する加振実験では、収納した食器類の多くは棚から落下して割れること、スライド式テーブル上の魔法瓶も落下することがわかった。システムキッチンに対する加振実験では、長周期地震動時に鍋が落下する場合があること、使用した地震波や使用したコンロの種類により、天ぷら鍋の挙動が異なることがわかった。今後は実験中に撮影したビデオ動画などを用いて家具類や食器、鍋の挙動を詳細に検討していく予定である。

謝辞

振動実験では、海洋研究開発機構の大堀道広博士にご協力いただいた。東京理科大学の北村春幸教授による東海地震のシミュレーション波の応答波形を使用させていただいた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 東京消防庁：家具類の転倒・落下防止対策ハンドブック -室内の地震対策-, 2006
- 2) 土方勝一郎, 植竹富一, 金谷淳二, 真下 貢, 早川崇, 渡辺基史, 佐藤俊明：想定東海地震の東京湾岸における長周期地震動, 日本建築学会構造系論文集, 第 617 号, pp. 55-62, 2007.
- 3) 宮腰淳一, 中田 猛, 福和伸夫, 柴田昭彦, 白瀬陽一, 齊藤賢二：名古屋市三の丸地区における耐震改修用の基盤地震動の作成, 日本地震工学会 2004 梗概集, pp. 394-395, 2004.
- 4) 釜江克宏, 川辺秀憲：南海地震による近畿圏の強震動予測, 第 33 回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, pp. 35-40, 2005.
- 5) 正月俊行, 翠川三郎, 大堀道広, 三浦弘之：超高層建物におけるオフィス内の家具群の地震時挙動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 第 620 号, pp. 43-49, 2007.
- 6) 東海地震等巨大地震への対応特別委員会：巨大地震による長周期地震動の予測と既存建築物の耐震性と今後の課題, 日本建築学会, pp. 3-22, 2006.
- 7) 木村 匡, 田中幹夫, 此上典文, 中村 充, 日下部馨：兵庫県南部地震における新長田駅前高層 SRC 造建物の解析的検討 - その 1：建物の被害概要と観測地震波 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集 B-2, pp. 533-534, 1996.