

超高層建物におけるオフィス内の家具類の挙動に関する検討

○翠川 三郎¹⁾, 正月 俊行²⁾, 大堀 道広³⁾, 三浦 弘之⁴⁾

- 1) 東京工業大学 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 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, masatsu@enveng.titech.ac.jp
- 3) 東京工業大学 総合理工学研究科 都市地震工学センター, ohori@enveng.titech.ac.jp
- 4) 東京工業大学 総合理工学研究科 都市地震工学センター, hmiura@enveng.titech.ac.jp

1. はじめに

近年発生した地震では負傷者の多くは屋内での家具類の転倒, 落下物によっている. また, 首都圏には長い固有周期を持つ超高層建物が数多く存在しており, 長周期地震動による屋内での家具類の転倒や移動に対する対策を考える必要がある. 家具類の挙動については, 多数の研究が行われてきたが, 長周期地震動に対して検討した研究は少ない. そこで, 本研究では, 長周期, 大振幅の揺れが生じる超高層建物上階でのオフィスを対象として, その内部における家具類の挙動について振動実験と剛体の物理シミュレーションを用いて検討を行なった.

2. 振動実験

振動実験には長周期振動台を用いた. 実験に用いた床材と試験体を表 1 に示す. キャスター付き木箱はコピー機を想定した試験体である. 椅子付デスクは, 人が揺れを感じた際に机にしがみついた場合を想定した試験体である.

加振は 1 方向正弦波加振で, 加振周期は 2~5 秒, 加速度 90~450gal, 速度 40~150cm/s, 変位 20~100cm である. 各床材と試験体の各組み合わせに対して計 174 ケースの加振を行なった.

振動実験の結果, 150gal 程度の小さい加速度レベルでもキャスター付椅子やキャスター付木箱は大きく移動した. また, 単体のデスクは今回用いた試験体の中では一番移動し難かった. しかし, 椅子に座った人が机にしがみついた状態を想定した椅子付デスクは, 非常に小さい加速度でも移動を始めた.

3. 振動実験のシミュレーション

剛体の物理シミュレーションプログラムのベースとして精密な動摩擦, 静摩擦が計算できる Springhead¹⁾を用いた. Springhead は接触する 2 物体の間にバネ・ダンパを設定し, 2 物体の侵入量と相対速度に応じて反力を計算する.

物体の表面の物性値として, 垂直バネ・ダンパ係数, 水平バネ・ダンパ係数, 静摩擦係数, 動摩擦

表 1: 床材と試験体

床材: プライウッド, タイルカーペット

試験体	寸法	総重量[kg]
単純な木箱	120x60x60	30
収納棚	45x90x110	130
デスク	120x70x70	67
キャスター付椅子 (おもり無)	60x60x70	10
キャスター付椅子 (おもり有)	60x60x70	60
キャスター付木箱	60x60x120	110
椅子付デスク	120x100x70	127

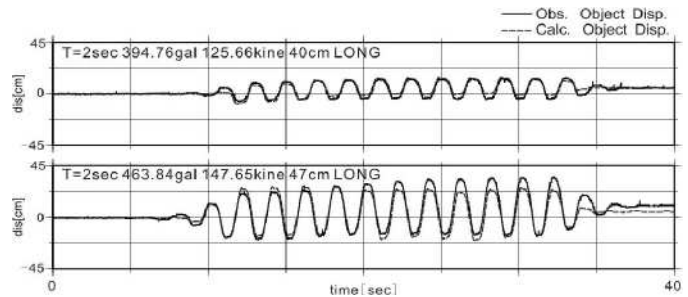


図 1: 収納棚-カーペットのシミュレーション結果

係数, 重心位置等(以下, 表面物性値と呼ぶ)のパラメータを与えてシミュレーションを行なう.

振動実験のシミュレーションの例として, 図 1 に収納棚-カーペットのシミュレーション結果を示す. 実線が観測波形で破線がシミュレーション波形である. 収納棚は矩形の形状をしているため, シミュレーションでは単純な直方体としてモデル化を行なった. 図 1 を見ると, 観測波形とシミュレーション波形は概ね一致していることが分かる. また, 収納棚は時間が経つ毎に正の方向に徐々にずれていく傾向が見られた. この挙動は, モデルの重心を中心からずらす事で再現できた.

4. 家具群のシミュレーション

4.1 家具群のシミュレーション概要

振動台実験では加振の強さは振動台の性能に限定されてしまい, また, 加振出来るスペースも限られる. そのため, 振動台実験では不可能な入力レベ

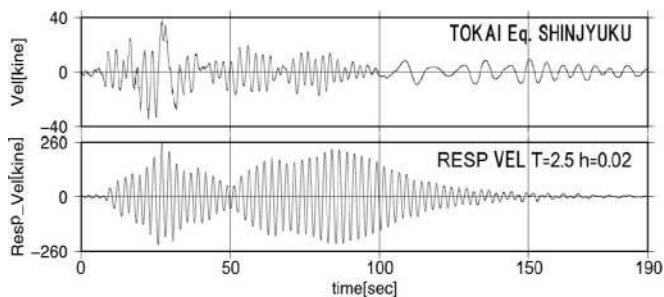


図2:東海地震のシミュレーション波形とその応答波

ルでの揺れや大空間における複数の家具群の動きをシミュレートし、超高層建物上階でのそれらの挙動について考察する。

シミュレーションモデルの面積は約 50 m²、デスク、椅子、収納棚などの物体の総数は 12 個である。入力波形には、東海地震の新宿での計算波形²⁾から求めた 1 質点系の応答波(減衰 2%, 固有周期 2.5sec)を用いる。図 2 に東海地震の計算波と応答波の速度波形を示す。

4.2 家具群のシミュレーション結果

図 3 に家具群のシミュレーション結果を示す。上から 0sec, 30sec, 90sec 後の様子を示している。0sec の時点では振幅が小さいため、キャスター付椅子のみが小さく移動している。30sec は応答波の振幅が最大となった直後である。家具は大きく移動し衝突を繰り返すため、元のレイアウトがかなり崩れているのが分かる。椅子付デスクの移動量が最も大きく約 2m 移動した。人は立ってられず、避難することは困難と思われる。また、周りの家具に衝突したりはさまれたりして、怪我をする可能性も高く、恐怖感も大きいものと思われる。主要動が続く約 80 秒間の間このような状況が続く。90sec は応答波の 2 回目のピークが生じている時点で、元のレイアウトが分からないくらい家具が散乱しているのが分かる。特に、二つの収納棚は徐々に回転した後ロッキングを始め、転倒した。各収納棚の重量は 130kg であり、近くに人がいた場合は怪我をする危険性が高いと思われる。

5. まとめ

超高層建物上階で発生する長周期、大振幅の揺れによる建物内部の家具類の挙動について検討した。まず、振動台実験を行い、試験体単体での挙動を把握した。次に、実験結果を表現し得るように剛体の物理シミュレーションのパラメータをチューニングした。最後に、そのパラメータを用いてオフィス空間を再現し、超高層建物上階での家具群の挙動をシミュレートした。その結果、主要動が続く約 80 秒間、家具類は大きく移動し衝突を繰り返すため、恐

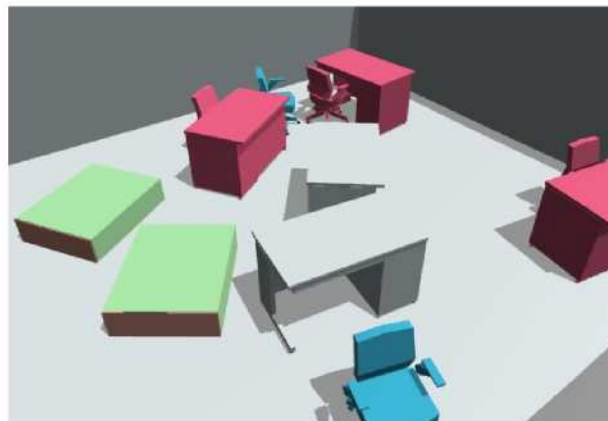
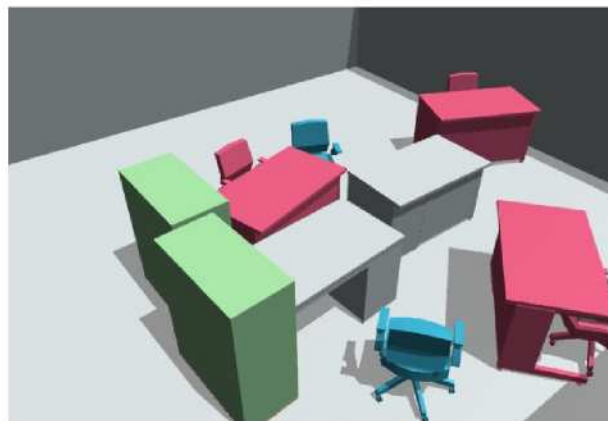
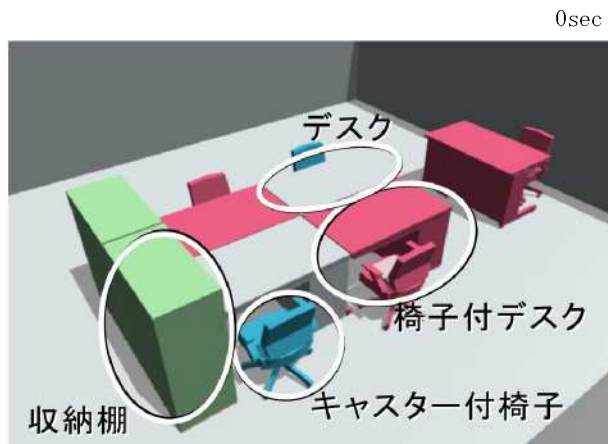


図3:家具群のシミュレーション結果

怖感を感じ、避難も困難で家具類にはさまれて怪我をする可能性が高くなることが推察された。

謝辞 長谷川昌一助教授(電気通信大学)には、物理シミュレータについて貴重なご助言を頂いた。また、実験に用いた試験体はコクヨファニチャー(株)よりご提供頂いたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) S. Hasegawa and M. Sato: Real-time Rigid Body Simulation for Haptic Interactions Based on Contact Volume of Polygonal Objects. EUROGRAPHICS 2004, Vol. 23, No. 3, 2004.
- 2) 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，2006年9月。