

壁との接触を考慮した家具の転倒挙動解析

神戸大学	学生会員	○柴田	安啓
神戸大学	フェロー	高田	至郎
神戸大学	正会員	鋤田	泰子
神戸大学	正会員	Radan	Ivanov

1. 目的

地震時において室内家具の転倒を未然に防ぐことは人的被害軽減につながる。そのためには、家具の滑りや転倒挙動と地震動強度や家具の設置条件との関係について明らかにすることが必要となる。本研究では、個別要素法 (DEM) を用いて地震時の壁と隣接する家具の応答シミュレーションを行い、解析結果より剛体の滑りや転倒条件について検討した。

2. 解析手法

本研究では、図1のように壁と隣接して設置されているタンスを想定して、その地震応答解析を行った。タンスは直方体の剛体としてモデル化した。数値解析は、個別要素法 (DEM) に基づき、剛体と面や要素との接触判定が可能のように改良された3次元解析プログラムを用いた¹⁾。

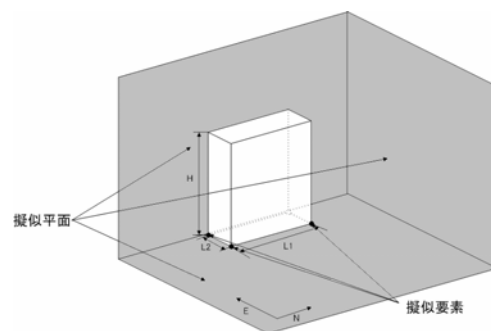


図1 剛体モデル

図1中の剛体モデルのL1, L2, Hはそれぞれ40cm, 80cm, 200cmとした。剛体の重量は200kg, 床の摩擦条件はデコラ板(動摩擦係数0.27, 静止摩擦係数0.26), カーペット(動摩擦係数0.55, 静止摩擦係数0.44)とした。剛体の重心は剛心と同じとした。入力波形は周期0.6秒, 1.2秒の2種類の正弦波(水平成分)を用いた。また、本研究では鉛直成分については考慮していない。入力加速度レベルは最大加速度が100, 300, 500, 700, 900galになるように振幅調整した5ケースを用いた。

家具の設置条件には、壁から大きく離れた(壁なし)ケース(ケース①), モデルが壁と密着しているケース(ケース②), 壁から5cm離れているケース(ケース③)の3ケースを設定した。

3. 解析結果と分析

3. 1 設置条件による転倒

解析は摩擦条件2ケース, 入力波周期条件2ケース, 入力加速度レベル5ケース, 家具の設置条件3ケースの合計60ケースを行い、各ケースについて、転倒に至るか否かを検討した。入力波の主軸方向は剛体が最も転倒しやすい剛体の短軸方向に設定した。

図2は摩擦条件がデコラ板の時の転倒判定結果である。床との摩擦条件がデコラ板, 入力波形の卓越周期が0.6秒, 入力加速度レベルが300galの条件では、壁から大きく離れている場合(ケース①)も壁に密着している場合(ケース②)も剛体は転倒に至っている。図3は、この2ケースについて、剛体の上面の鉛直変位の時刻歴を示している。

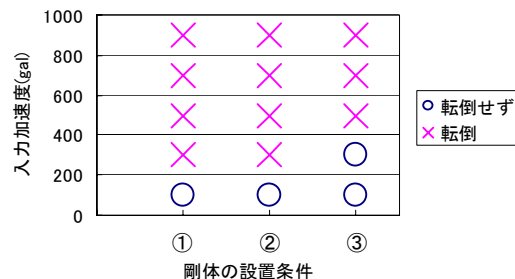


図2 入力加速度と設置状況
(①: 壁なし, ②: 壁に密着,
③: 壁から5cm離れている)

している。ケース①の剛体が壁から大きく離れている場合、剛体は正弦波の第3波の後、自重で転倒に至り、

キーワード 個別要素法, 家具の転倒, 家具の設置条件, 最大加速度

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学工学部 TEL 078-881-1212

転倒までの時間は約7秒である。一方、ケース②の剛体が壁に密着している場合、正弦波の第2波の直後転倒に至り、転倒までの時間は約5秒である。これは、壁との衝突力が加わることで剛体の転倒が引き起こされやすくなったために、壁に密着している方が早く転倒に至った。入力正弦波の周期が0.6秒でも、摩擦条件がカーペットでも転倒結果は図2と同様の結果となった。

また、図2より ケース①とケース②は入力加速度レベルが300galで転倒に至っているが、壁から5cm離れた場合(ケース③)は入力加速度レベルが300galで転倒に至らない。これは、剛体が壁に衝突するまでに、剛体が滑動して剛体底部に摩擦力が働き、剛体の回転モーメントが低減されるためである。図4、図5はケース①とケース②の転倒履歴をそれぞれ示している。また、図6、図7はケース①、ケース③における剛体の中心の要素の加速度の時刻歴を示したものである。図6より、約4秒におけるUD成分の加速度が約1600galとなっており、この加速度が大きく影響して転倒に至ったものと考えられる。またケース③における最大加速度はケース①の最大加速度より小さいため転倒には至らなかった。

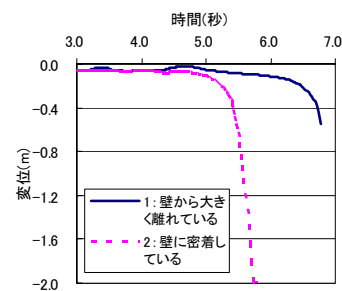


図3 壁の有無による
転倒時間の相違

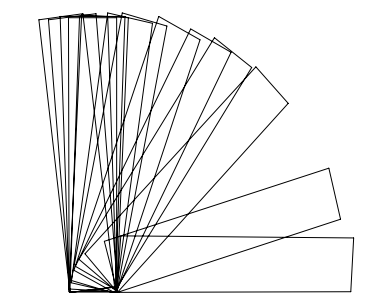


図4 壁から大きく離れている時の
剛体の転倒履歴(ケース①)

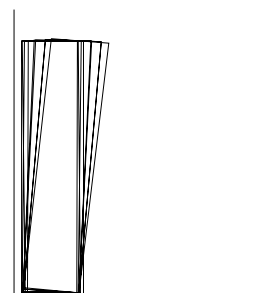


図5 壁から5cm離れている時の
剛体挙動(ケース③)

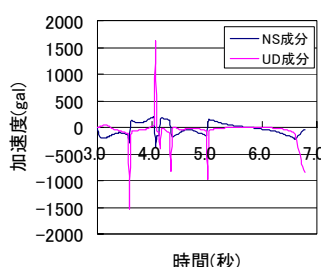


図6 剛体中心の要素の加速度
の時刻歴(ケース①)

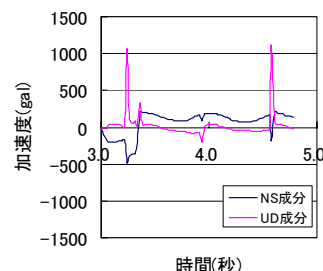


図7 剛体中心の要素の加速度
の時刻歴(ケース③)

3. 2入力波の主軸条件

次に、床との摩擦条件がデコラ板、入力波形の卓越周期が0.6秒、剛体の設置条件が壁から5cm離れている(ケース③)の条件で、入力波を剛体の短軸方向、長軸方向、対角方向に同じ入力を与えた場合の転倒結果を図8に示す。3.1の解析結果では、剛体が転倒しやすい剛体の短軸方向で入力を与えた結果、入力加速度レベルが300gal前後で転倒有無の境界があることが示された。この最大加速度300galは気象庁震度階で震度5弱²⁾に相当する。しかし、剛体を壁から5cm離すと震度5弱でも転倒に至らないことがある。また、入力波形を短軸方向に設定すると、震度5弱で転倒するが、主軸方向が剛体の短軸方向からずれると加速度レベル900galでも転倒には至らないことが知られた。家具転倒防止の地震対策実務についてはさらに検討の必要がある。

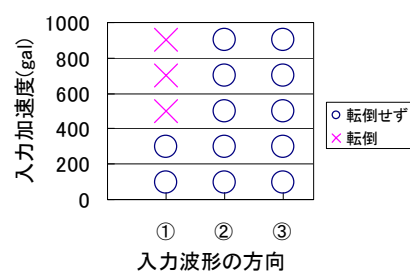


図8 解析結果(転倒判定)
(①: 短軸方向, ②: 長軸方向,
③: 対角軸方向)

参考文献

- 1) 新谷正樹, 鋤田泰子, 高田至郎: アンケート加速度係数とテレビ挙動解析を用いた最大加速度推定方法の提案, 土木学会地震工学論文集, 第28巻, CD-ROM, paperNo. 070 (10ページ) 2005
- 2) 高田至郎, 上田直樹: 計測震度に対応した新しいアンケート震度の算定手法, 第10回日本地震工学シンポジウム論文集, pp. 143-151, 1999