

強震時における室内機器等の転倒抑制デバイスの解析的評価

埼玉大学大学院 学生会員 ○竹村 隆一

埼玉大学レジエント社会研究センター 正会員 齊藤 正人

1. はじめに

昨今の日本では、大地震による被害が多発しており、その中でも3～5割を占める被害が室内機器等(家具等)の転倒によるものである。東京消防庁家具類(オフィス家具・家電製品)の転倒・落下防止対策に関する調査研究委員会の報告¹⁾によれば、既往の転倒防止器具の効果を十分に発揮するためには、家具・壁面の取り付け部分や家具の天板と天井部分、あるいは器具自体に十分な強度が必要であることが指摘されている。強震動を受ける家具には自重相当の水平加速度が作用する可能性があることから、家具や壁(壁紙の剥がれ等を含む)、器具そのものが破損してしまう危険性は高い。家具転倒に備えて壁や天井の補強を行うよりも、できる限り固定部に大きな荷重を伝達させずに、家具の転倒を抑制できる抑制装置側の対策が望まれる。本研究では、回転摩擦機構を用いた室内機器転倒抑制デバイス(提案デバイス²⁾)を提案する。室内に設置した家具を対象に、2方向の入力地震動を想定した3次元動的剛体接触解析を行い、提案デバイスの有効性について検証を行った。

2. 検討方法

本研究では、剛体運動シミュレータとしてOpen Dynamics Engine (ODE) を用いたプログラミングを行い、標準的なサイズを持つ直方体家具モデルと提案デバイスモデルを構築した。床面から断層直下タイプの地震波(NIGO19/K-NET)を与え、時刻歴応答解析を実施した。床と家具の摩擦係数は0.6と仮定した。今回研究対象にする家具モデルは、1800mm×400mm×200mm、100kgと設定した。

3. デバイス構造

固定部に過大な力を伝達させない仕組みとしては、一定以上の力を固定部に作用させない機構と、それに伴い家具の移動や回転をある程度許容させる機構の二つが必要となる。本提案デバイス(図1)は、家具と壁(固定部)の間に設置するものであり、デバイスに巻き取られているワイヤーの端部を家具側に固定し、デバイスを壁側に固定する。ワイヤーの巻出し、巻き取りによって家具の壁からの移動を許容させる仕組みを設けている。また、巻き取り、巻出しに伴って、地震のエネルギーをデバイス内で摩擦エネルギーに変換・散逸させる事で、移動変位や回転変位を抑制する性能を備えている(図2)。提案デバイスは、家具が壁から離れる方向に移動する時にワイヤーがドラム部から巻き出される。ドラム部にはラチェットスイッチを備え、回転摩擦機構とリンクして摩擦力が付加される。一方、家具が壁に近づく方向に移動する時は、ワイヤーは回転ばねによってドラムに巻き取られるが、ラチェットスイッチにより摩擦力は作用せず、無負荷でワイヤーを巻き取る仕組みになっている。本研究では、摩擦力を家具の重量 W で除した無次元量を、摩擦震度 ky と定義する。ドラム内部には、図3に示す回転摩擦力和回転角速度の力学特性を与えた。

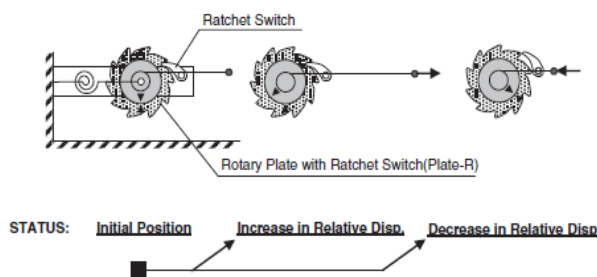


図1 提案デバイスの構造

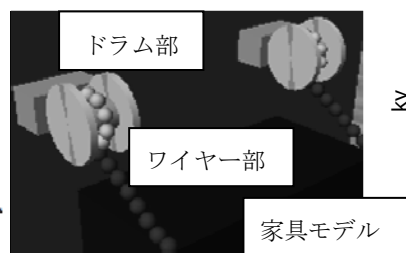


図2 提案デバイスの構造 (ODE 上)

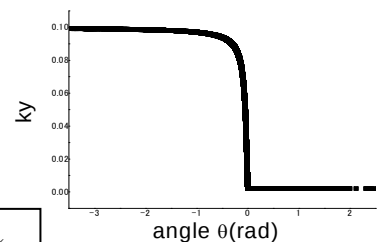


図3 摩擦震度と回転角速度の力学特性($ky=0.1$)

キーワード 家具転倒, 転倒抑制デバイス, 地震応答解析, 回転摩擦機構

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学理工学研究科 TEL 048-858-3560

4. 入力地震波形

本研究に用いる地震動は、新潟県中越沖地震(小千谷観測)である。

- ・家具正面方向...NIG019/K-NET 小千谷地震波 EW(図 4), 家具横方向...NIG019/K-NET 小千谷地震波 NS(図 5)

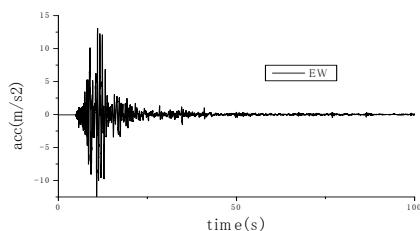


図 4 小千谷地震波 EW

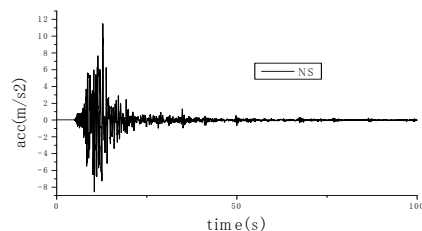


図 5 小千谷地震波 NS

5. 解析条件と結果

- ・解析条件

表 1 ケースごとの解析条件

	デバイス数	地震波形	摩擦震度 ky
ケース 1	0	ew,ns	—
ケース 2	1	ew	0.1
ケース 3	1	ew,ns	0.1
ケース 4	2	ew	0.1
ケース 5	2	ew,ns	0.1
ケース 6	2	ew,ns	0.2

表 1 に示すように、解析条件をデバイスの配置数、入力地震波、降伏震度の 3 点で変え、6 ケースについて解析を行った(表 1)。デバイスの配置に関しては、1 つの場合家具上面中央に、2 つの場合は家具上面両端にワイヤーが平行に伸びるようにした。

解析結果によれば、表 2 に示すデバイスを一つ配置したケース 2, 3 において家具モデルは転倒に至らなかった。しかし、2 方向から加振したケース 3 では、家具モデルはロッキング運動に加えて、回転運動が顕著に発生した。

6. 本研究の結論

本研究で提案した室内機器等の転倒抑制デバイスは、2 方向からの地震に対して転倒抑制効果を発揮することが明らかとなった。また、家具のロッキングに伴う回転運動を抑えるためには、複数個のデバイスの使用が望ましいことが判明した。今回の解析では、特定の家具寸法や床面摩擦、提案デバイスの設置位置を対象としていることから、今後の実用化に向けて様々な諸元や地震動に対する検討を行う予定である。

7. 参考文献

- 1) 東京消防庁 家具類(オフィス家具・家電製品)の転倒・落下防止対策に関する調査研究委員会、オフィス家具・家電製品の転倒・落下防止対策に関する調査研究委員会における検討結果、平成 18 年 3 月
- 2) Masato Saitoh, An external rotary friction device for displacement mitigation in base isolation systems, Struct. Control Health Monit. 2014; 21:173–188

- ・主な解析結果

表 2 ケースごとの家具モデル挙動スナップショット

(s)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5
8.0				
10.0				
13.0				
20.0				

また、デバイスを 2 つに増設したケース 4, 5 では、ケース 2, 3 に比べて家具モデルの移動量は減少し、2 方向加振時においても回転運動は生じなかった。摩擦震度を増加させた場合でも同様の傾向が見られた。