

B-61

ダイナミック・マスによる地震時の家具・機器の転倒しやすさの評価について検討

Study on the effect of D.M. on preventing the overturning of furniture and equipment during an earthquake

○5194 仲田 悟², 古橋 剛¹, 星野 和樹³

*Satoshi Nakada², Takeshi Huruhashi¹, Kazuki Hoshino³

Abstract: From previous researches, the structure added with D.M. decreases the fluctuating axial force of the column and the shear force generated in the slab increases. The damage caused by the earthquake is mostly caused by falls of furnitures and equipments. In this research, we focus on that point and aims to examine the influence of D.M. on furnitures and equipments on overturning moment and ease of falling.

1.はじめに

既往の研究よりダイナミック・マスを付加した構造体は柱の変動軸力が減少し、スラブに生じるせん断力が増大することがわかっている。ダイナミック・マスの様々な付加手法は既往の研究より提案されている。本研究では、地震時の人に対する被害が家具や屋外で言えば自動販売機などの転倒による被害の割合が高いということに着目して、地震時にダイナミック・マスが家具または機器の転倒モーメント、転倒しやすさに及ぼす影響を検討することを目的とする。

2.転倒モーメント

まず検討モデルとして、1 スパンは 5000mm、階高 5000mm の D.M. なし、D.M. 付きの二つの 1 層平面モデルを用いる。D.M. なしのモデルの固有値解析を行い、D.M. 比率に基づいて A~F のモデルの固有値解析を行う。検討モデルを家具、機器と考えた時、地震力 P を受けると引き抜き力 F が生じるので、横軸の長さを B 、高さを H とすると転倒モーメントは次のような式(1)となり、次の図に示す。

$$F \times B = P \times H \quad (1)$$

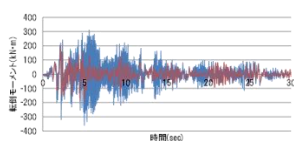


Figure 1. Overturning moment, model 1(T=0.1s), D.M. ratio 500%

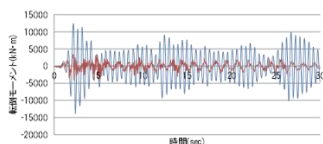


Figure 2. Overturning moment, model 2(T=0.5s), D.M. ratio 500%

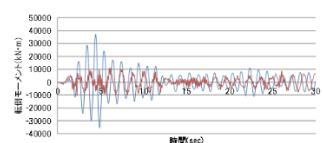


Figure 3. Overturning moment, model 3(T=1.0s), D.M. ratio 100%

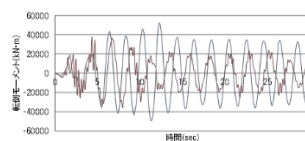


Figure 4. Overturning moment, model 4(T=2.0s), D.M. ratio 33%

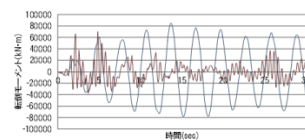


Figure 5. Overturning moment, model 5(T=3.0s), D.M. ratio 33%

転倒モーメントが一番小さいモデルと D.M. なしモデルの転倒モーメントの時刻歴を Figure1~5 のグラフに示す。モデル 1 から 5 までの最適な D.M. 比率はそれぞれ 500%, 500%, 100%, 33%, 33% になる。この結果から見ると、適切に D.M. を配置すれば転倒モーメントが低減できることがわかる。また、物の固有周期が長い程最適な D.M. 比率が低いことも分かる。

3.転倒しやすさ

地震時の運動状態について、危険となる転倒は単方向の激しい回転運動と定義している。D.M. を直接に家具、機器に付加し、転倒しやすさを検討する。地震力を加えられると、D.M. の慣性力、引抜き力、そして転倒モーメントが生じる。この時評価する際に用いる加速度と速度は D.M. の慣性力と運動エネルギーを考慮した等価加速度 A' (式 2) と等価速度 v' (式 3) となる。

$$A' = \frac{M_{\text{転倒}}}{M \times H} \quad (2)$$

M : 節点の総質量 H : モデルの高さ
 A : 節点の加速度 $M_{\text{転倒}}$: 転倒モーメント

$$v' = \sqrt{v^2 + \frac{2E}{M}} \quad (3)$$

v : 節点の相対速度 E : D.M. の運動エネルギー

転倒モーメントが大きければ、必ずものが転倒するとは言えないので上記の転倒速度の式も考慮した

転倒しやすさに対する考え方があるので、その評価方法を説明する。

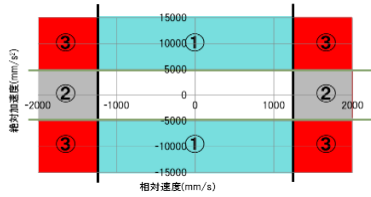


Figure 6. Evaluation the easiness of overturning

時刻歴応答解析結果をこのような図に示す。横軸は相対変位であり、縦軸は絶対速度となる。緑線は式により算出した転倒加速度(式 4)であり、黒線は転倒速度(式 5)である。

$$\text{転倒加速度 } A = \frac{B}{2H} \times g \quad (4)$$

$$\text{転倒速度 } V = 0.4 \sqrt{\frac{2g}{r} (i^2 + r^2) \frac{1 - \cos \alpha}{2 \cos \alpha}} \quad (5)$$

転倒加速度を超える部分を①とし、転倒速度を超えるところを②とし、両方とも超えるのを③と設定している。プロットした点が①あるいは②だけの場合は、転倒しないが、①だけの場合には、ロッキングが起る可能性が高いと考えている。もう一つ、表した点は③あるいは①と②である時には、転倒する可能性が高い。転倒しやすさは限界を超える点数、連続性と超える程度により決まる。

次にモデルの高さと幅の比率を変えて、転倒限界の変動を考察していく。今回の検討モデルは $\frac{H}{B} = 2.0$ であり、 $\frac{H}{B} = 3.3$ と $\frac{H}{B} = 1.4$ に設定して計算した限界値をそれぞれ点線、実線と破線で表示する。

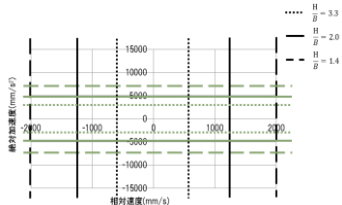


Figure 7. Variation of tipping over limit by aspect ratio
検討モデルの時刻歴応答解析結果を下の図にしめす。入力地震動は El Centro となる。

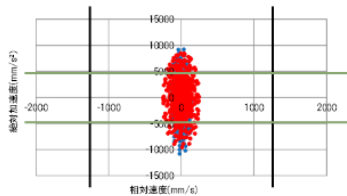


Figure 8. Easiness of overturning, model 1(T=0.1), D.M. ratio 500%

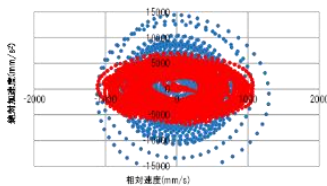


Figure 9. Easiness of overturning, model 2(T=0.5), D.M. ratio 500%

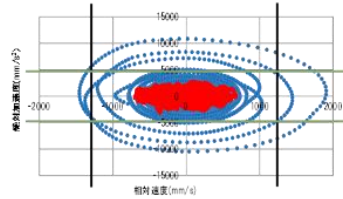


Figure 10. Easiness of overturning, model 3(T=1.0), D.M. ratio 100%

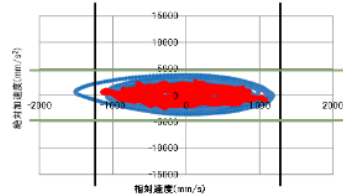


Figure 11. Easiness of overturning, model 4(T=2.0), D.M. ratio 33%

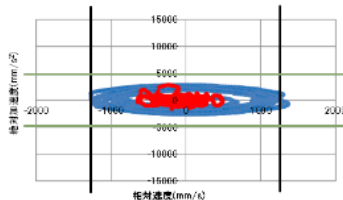


Figure 12. Easiness of overturning, model 5(T=3.0), D.M. ratio 33%

上記の図は各周期のモデル A とモデル D の時刻歴応答解析結果である。入力地震動は El Centro となり、青いのはモデル A、赤いのはモデル D となる。これらのグラフから見ると、D.M. を付加すると転倒しやすさが増大することも減少することもあることがわかる。この増大する理由は D.M. 量が不適切で、応答が悪くなり、D.M. の直接的な応力を受けても低減しないということが考えられる。したがって、D.M. 量を調整して、適切な量の D.M. を使えば、転倒しやすさを下げることができる。また、物の固有周期が長い程、最適な D.M. 比率が低いということが分かった。また、アスペクト比が小さい程、転倒限界が大きくて、モデルが安全になることを確認した。

4.まとめ

- ① D.M. は柱の軸力に直接的に影響し低減させる。又、柱と梁の曲げ、せん断力に間接的に影響している。
- ② D.M. は家具・機器に付加すると転倒モーメントを低減し、転倒しやすさを低くすることが可能である。
- ③ 家具・機器の転倒しやすさを下げるために、D.M. を利用する際に、構造物も家具・機器も固有周期が長い程、D.M. 比率を小さくする方が効果的である。

5.参考文献

[1].金子美香:家具の転倒率関数を用いた住宅内の地震被害推定,日本建築学会構造系論文集 第 693 号, pp.1879-1886, 2013.11