

B-54

ダイナミック・マスによる地震時の家具・機器の転倒防止に対する効果について  
Study on the effect of D.M. on preventing the overturning of furniture and equipment during an earthquake

○星野佳月<sup>2</sup>・有川奈那<sup>2</sup>・杭 雅琨<sup>3</sup>・古橋剛<sup>1</sup>  
\*Kazuki Hoshino・Nana Arikawa・Yakon Kou

In this research, we will add D.M. to the study model and consider the relationship between the stress generated in D.M. and the stress of each member, the influence of D.M. On the overturning moment of furniture and equipment and the likelihood of falling.

1. はじめに

ダイナミック・マス(以下D.M.)は制震ダンパーの1つとして、周期伸長効果、減衰低減効果、入力低減効果を持っている。

地震時に人に対する被害は、構造物の損傷、倒壊によるのみならず、本棚などの家具や自動販売機などの機器によりも起こり、近年発生した大地震での負傷原因は、30~50%が家具類の転倒や落下によるものである。

本研究では、検討モデルにD.M.を付加し、D.M.が家具や機器の転倒モーメントと転倒しやすさに及ぼす影響について検討する。

2. 検討モデル

本研究の検討モデルは下図に示すような1スパン5000mm、層高5000mmの1層平面モデルであり、D.M.なしとD.M.付きの2種類である。

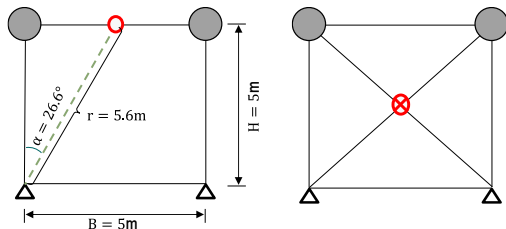


Figure2-1 D.M. less model

Figure2-2 D.M. addition model

モデルの節点質量を調整し、固有周期がそれぞれ0.1~3.0sのモデル1~5を作り、それらの基本モデルに基づき、D.M.量と節点質量の比率(以下、D.M.比率)を33%、67%、100%、300%、500%としてD.M.を配置したモデルをそれぞれモデルB~Fと設定している。各モデルの諸元と固有値解析結果をtable1に示す。なお、減衰は剛性比で1%となるように付加している。

Table2-1. specifications of each model and eigenvalue analysis results

	質量(ton)	層剛性(kN/m)	固有周期(s)	減衰定数	D.M.量(ton)
モデル1A	6.8	26969	0.10	0.010	
モデル2A	170.8	26969	0.30	0.010	
モデル3A	683.1	26969	1.00	0.010	
モデル4A	2732.5	26969	2.00	0.010	
モデル5A	6148.2	26969	3.00	0.010	
モデル1B	6.8	26969	0.12	0.009	4.5
モデル2B	170.8	26969	0.58	0.009	113.9
モデル3B	683.1	26969	1.15	0.009	455.4
モデル4B	2732.5	26969	2.31	0.009	1821.7
モデル5B	6148.2	26969	3.46	0.009	4098.8
モデル1C	6.8	26969	0.13	0.008	9.1
モデル2C	170.8	26969	0.65	0.008	227.7
モデル3C	683.1	26969	1.29	0.008	910.8
モデル4C	2732.5	26969	2.58	0.008	3643.3
モデル5C	6148.2	26969	3.87	0.008	8197.6
モデル1D	6.8	26969	0.14	0.007	13.8
モデル2D	170.8	26969	0.71	0.007	341.6
モデル3D	683.1	26969	1.41	0.007	1366.2
モデル4D	2732.5	26969	2.83	0.007	5465.0
モデル5D	6148.2	26969	4.25	0.007	12296.4
モデル1E	6.8	26969	0.20	0.005	40.8
モデル2E	170.8	26969	1.00	0.005	1024.8
モデル3E	683.1	26969	2.00	0.005	4098.8
モデル4E	2732.5	26969	4.00	0.005	16395.0
モデル5E	6148.2	26969	6.00	0.005	36889.2
モデル1F	6.8	26969	0.24	0.004	68.0
モデル2F	170.8	26969	1.22	0.004	1708.0
モデル3F	683.1	26969	2.45	0.004	6831.0
モデル4F	2732.5	26969	4.90	0.004	27325.0
モデル5F	6148.2	26969	7.35	0.004	61482.0

3. 転倒モーメント

本研究では地震時に生じる引き抜き力の時刻歴と、その力の作用点から転倒支点までの距離との積を転倒モーメントとし、D.M.が転倒モーメントに対する低減効果の検討を行う。

モデル1~5Aと、モデル1~5のB~Dの中に転倒モーメントが一番小さいモデルを使い、算出した転倒モーメントの時刻歴応答解析結果をFigure4-1~4-3に示す。入力地震動はEl Centro 1940 NSである。

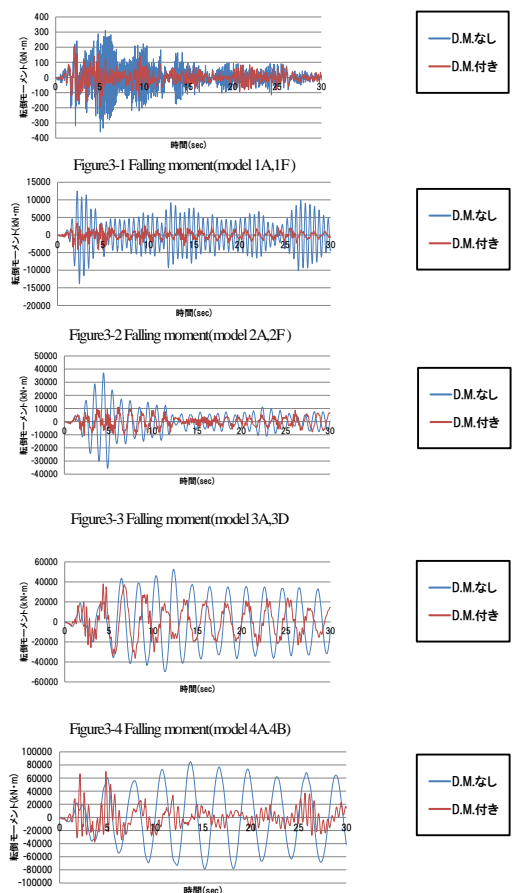


Figure3-3 1 Falling moment(model 5A,5B)

Figure3-1~3-3に示す様に、D.M.なしとD.M.付きのモデルの転倒モーメントを比較すると、適切な量のD.M.を使えば、転倒モーメントを低減させることができることが分かる。また、モデルの固有周期が長ければ長い程、最適なD.M.比率は小さい。

### 5. 家具・機器の転倒しやすさ

まず、モデルを家具・機器として D.M.を付加し、D.M.が家具・機器の転倒を止める効果を検討する。転倒条件には 2つの式があり、1つ目、引き抜き力と重力との釣り合いにより、算出した転倒(限界)加速度  $A_0$  を式(4)。2つ目、運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの釣り合いにより、求めた転倒(限界)速度  $V_0$  を式(5)。

$$\text{転倒加速度：} \quad A_0 = \frac{B}{2H} \times g \quad (4)$$

H：モデルの高さ B：モデルの幅 g：重力加速度

$$\text{転倒速度：} \quad V_0 = 0.4 \sqrt{\frac{2g}{r} (i^2 + r^2) \frac{1 - \cos\alpha}{\cos^2\alpha}} \quad (5)$$

i：回転半径  $\alpha$ ：rと鉛直方向との角度 r：重心と回転中心の距離

**評価方法：**モデル 1~5A の場合は、絶対加速度と相対速度の時刻歴応答解析結果を使い、D.M.を付加したモデルの場合は、D.M.を考慮して修正した等価加速度と等価速度を用いて、検討を行う。転倒加速度と転倒速度をそれぞれ図 16 の緑線と黒線で示している。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。もし、解析して得た結果は図 16 のグラフには①あるいは②のみであれば、転倒する確率が低いと考えられる。ただし、①のみの場合は、転倒まではしないが、ロッキングが起こる可能性がある。そして、そのグラフに表した結果は①と②あるいは③であれば、転倒する可能性が高いと想定される。また、転倒しやすさを判断する際に、転倒限界を超える点数や連続性や超える程度も重要な指標である。

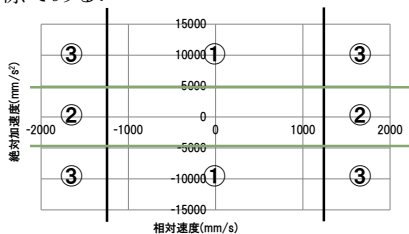


Figure5-1 Discussion of ease of falling

モデル 1~5 の B~F の中に転倒しやすさが最も小さい各モデルと D.M.なしのモデル 1~5A の評価応答を Figure5-2~5-4 に示す。  $A_0$  と  $V_0$  は Figure5-1 に示す条件により算出したものとする。

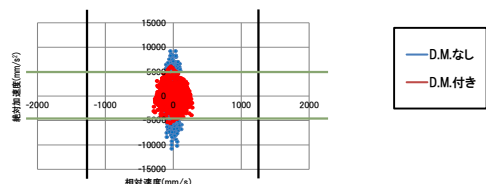


Figure5-2 Ease of falling (model1A,1F)

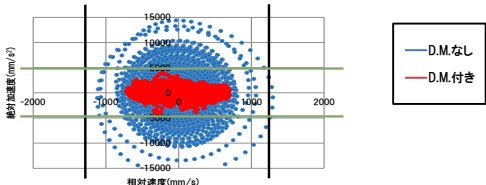


Figure5-3 Ease of falling (model2A,2F)

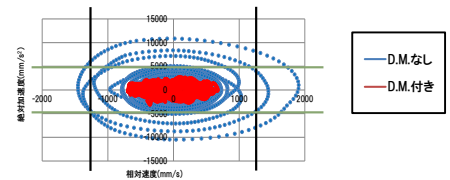


Figure5-4 Ease of falling (model3A,3D)

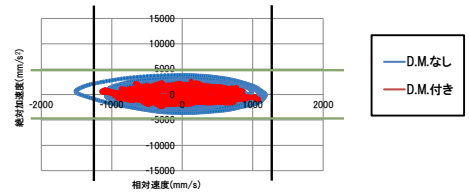


Figure5-5 Ease of falling (model4A,4D)

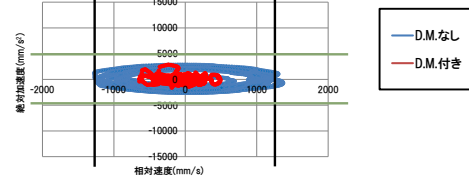


Figure5-6 Ease of falling (model5A,5C)

Figure5-2~5-4 より適当量の D.M.を使えば、転倒しやすさを低減させるのが可能であると考えられる。また、家具・機器の固有周期が長ければ長い程、最適な D.M.比率が低いことが分かる。

D.M.が絶対加速度や相対速度に対する影響を考察した結果、D.M.を付加すると相対速度は小さくなるが、絶対加速度は Figure5-5 の示すように増大することもある。また、Figure5-2 より、D.M. はモデル 1A のような短周期のものに対し、絶対加速度を増大させることもあるが、元々絶対加速度が小さいので大きくなって危険までにはならない。

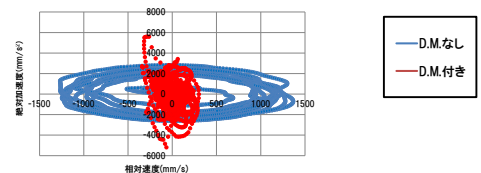


Figure5-5 Time history response analysis result

### 6. まとめ

- 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。
- 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。
- D.M.はモデルに付加すると、節点の相対速度は低減するが、絶対加速度の方は増大する場合もある。

#### 【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
- 2).Ishiyama, Y. : Criteria for Overturning of bodies by earthquake Excitations, Transactions of A. I. J., No.317. pp.1-14, 1982.7
- 3).金子美香, 林康裕：剛体の転倒率曲線の提案, 日本建築学会構造系論文集 第 536 号, pp.55-62, 2000.10