

B-53

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

○有川奈那² 星野佳月² 古橋剛¹ 杭雅琨³

*Nana Arikawa² Kazuki Hshino² Takeshi Huruhashi¹ Gakon Kou³

In this research, we will add D. M. to the study model and discuss 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. Moreover, from the response analysis result, the purpose of this research to grasp the stress of the members, the overturning moment of furniture and equipment, and the easiness of falling.

1. はじめに

ダイナミック・マス（以下 D.M とする。）は周期伸長効果や減衰低減効果、入力低減効果がある制振ダンパーの 1 つとして知られる。既往の研究により D.M. を付加することで部材応力が変動することがわかっているが、その理由及び関係性については、まだ検討されていない。

また、東京都耐震ポータルサイトの統計によると、大地震での負傷原因の 30~50%が家具・機器の転倒や落下によるものであることが分かった。

そのため本研究では、検討モデルに D.M. を付加し、D.M. に生じる応力と各部材の応力との関係、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。又、応答解析結果から、部材の応力、家具・機器の転倒モーメントと転倒しやすさを把握することも本研究の目的である。

2. 検討モデル

本研究の検討モデルは 5000 mm×5000 mm の 1 層モデルとする。

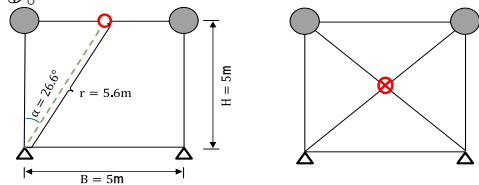


Figure 2-1D.M. less model Figure 2-1 D.M. addition model

Figure 2-1、Figure 2-2 に示す通り、D.M. 付加モデルと D.M. なしのモデルとし、D.M. 付加モデルにはモデルの節点質量を調整し固有周期 0.1(s)~ 3.0(s) と、D.M. 量と節点質量の比率を 33%~500%をそれぞれ組み合わせたモデル B~F と設定する。以下の組み合わせを Table2-3 とする。また、減衰は剛性比例型で 1%になるように付加する。

Table2-3 Specifications and eigenvalue analysis result of models

	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	0.0
モデル2A	170.8	26969	0.50	0.010	0.0
モデル3A	683.1	26969	1.00	0.010	0.0
モデル4A	2732.5	26969	2.00	0.010	0.0
モデル5A	6148.2	26969	3.00	0.010	0.0
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	13.6
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	4098.6
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. 部材応力

利用するデータは、検討モデルに El Centro 1940 NS を入力して得られた解析結果である。梁、柱に生じる軸力・せん断力・曲げモーメントと D.M. の応力について検討を行う。Figure 3-1、Figure 3-2 よりどんな周期のモデルに対しても、D.M. を付加すると梁に生じる曲げモーメントとせん断力と、層変位の関係が変わらないことが分かる。

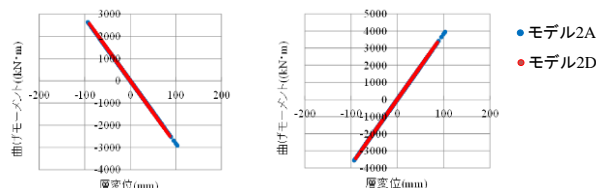


Figure 3-1 Moment of bending and story displacement

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・学部・建築 3 : 元日大理工・院（前）・建築

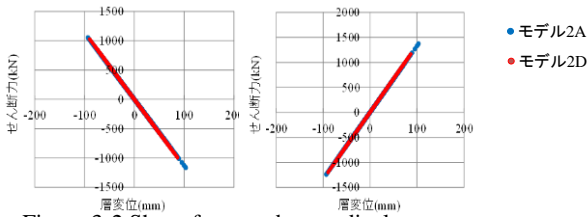


Figure 3-2 Shear force and story displacement

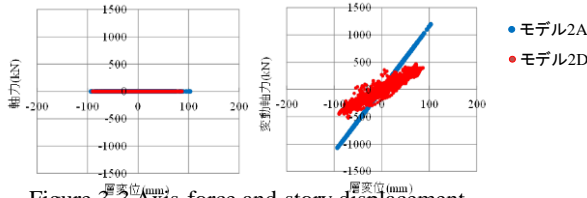


Figure 3-3 Axis force and story displacement

柱の変動軸力(節点と部材の重力を考慮しない時の軸力)について検討を行う。Figure 3-3 をみてわかるとおり D.M. を付加すると、柱の変動軸力と層変位の関係が変わる。それは、D.M. に生じる応力の影響であると考えられる。

そのためどの状態においても、D.M. に生じる応力と柱の変動軸力は式(1)のような関係があると考えられる。

$$(1) N_{\text{柱(変動)}} = f(D_{\text{層変位}}) - F_{D.M.} \times \sin \theta$$

式(1)より変形すると、式(2)が得られる。

$$(2) N_{\text{柱(変動)}} + F_{D.M.} \times \sin \theta = f(D_{\text{層変位}})$$

式(2)より計算した結果とモデル 2A の柱の変動軸力は層変位と同じような関数関係であるため、式(1)は成立することが分かる。

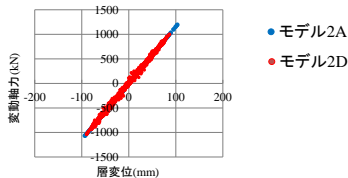


Figure 3-4 After the calculation result

又、Figure 3-4 よりモデル 1 とモデル 2 のグラフと求めた式はほぼ一致している。

4. 家具・機器の転倒しやすさ

最後に、検討モデルを構造物と考えて D.M. を構造物に付加し D.M. がこれらの構造物の床に載る家具・機器などの物の転倒防止に対する効果について検討を行う。

$$R = \begin{cases} a \cdot \Phi \left[\frac{\ln A_{max} - \lambda_A}{\zeta_A} \right] & (F_b \leq F_e) \\ a \cdot \Phi \left[\frac{\ln V_{max} - \lambda_V}{\zeta_V} \right] & (F_b > F_e) \end{cases}$$

a: 滑りの影響係数

λ_A と λ_V : 転倒率が50%となる入力最大加速度と速度の対数

ζ_A と ζ_V : 標準偏差

F_b : 境界振動数 $\frac{11}{\sqrt{h}} \left(1 + \frac{b}{h}\right)^{2.5}$

F_e : 等価振動数 $\frac{A_{max}}{2\pi l_{max}}$

転倒する確率(以下、転倒率)R は金子¹⁾³⁾により提案された家具の転倒率関数(式(6))に基づいて算出するものとする。また本研究では滑りは考慮しない。

Figure 4-1 Falling rate

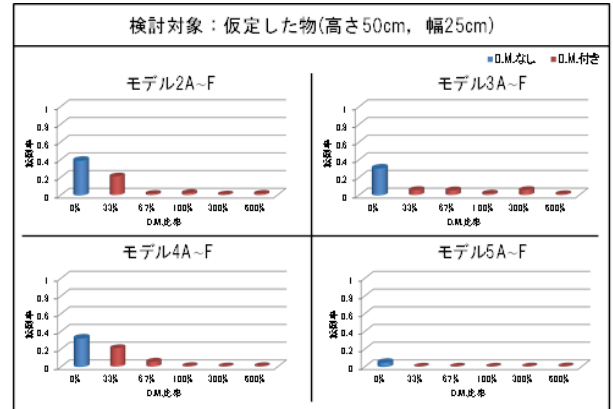


Figure 4-1 から見ると D.M. を付加すると、床に載る物の転倒率が下がる。更に基本的には D.M. 比率が高い程、転倒率が低いが構造物の固有周期が長くすれば、D.M. 比率は小さくするほうが良いと考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた知見について以下に示す。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。D.M. は構造物に付加すると、床に載る家具や機器の転倒しやすさを低くすることも可能である。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、構造物に固有周期が長い程 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。相対変位より構造物の部材応力を把握することも、相対速度と絶対加速度より家具・機器の転倒しやすさを把握することもできる。

【参考文献】

- 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
- Ishiyama, Y. : Criteria for Overturning of bodies by earthquake Excitations, Transactions of A. I. J., No.317. pp.1-14, 1982.7