

ダイナミック・マスを付加した構造体に生じる部材応力  
ダイナミック・マスが柱とスラブの応力に与える影響について

Study on the stress in the structural member of resonance controlled structure with D.M.  
The effect of the D.M. on the stress of column and slab

○朱楽豊<sup>3</sup>, 古橋剛<sup>1</sup>, 葛西聡<sup>2</sup>

\*Rakuhou Shu<sup>3</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>1</sup>, Satoshi Kasai<sup>2</sup>

In this paper, we input the earthquake motion to analyse the three-dimensional model and the mass-spring model. Further, we compare the analysis results damping structure and nondamping structure to examine the effect of D.M. on stress.

1. はじめに

ダイナミック・マス(以下, D.M.)は構造体の応答を改善する制振装置としての効果が期待できるが, 構造体の慣性力に D.M.の慣性力も加わることで, 構造体の各部材に影響を及ぼすことが考えられる. 既往の研究では D.M.を付加したことによる柱とスラブに与える影響について検討を行っている.

本研究では非制震の立体モデル(以下, Model 1)を質点系に置き換え解析し, 結果を比較する. また, 完全モード制御法により D.M.を付加した立体モデル(以下, Model 2)を解析し Model 1 の解析結果と比較し検討することで D.M.による影響を考察する.

2. 検討モデル

1 スパン 5000mm, 1 層 5000mm の 8 層立体フレームモデルを使用する. 構造は鉄骨造とし, 柱は角型鋼管, 梁を H 型鋼とした. スラブはブレース置換法によりブレースに置換し, 減衰は剛性比例型で 1 次モードに 2% 付与している. 各層質量は 150ton(1ton/m<sup>2</sup>)とし, 質量は各層の各節点に付与する. X1, X7 通りの質量と X2~X5 通りの質量の割合は 0.7 : 1 とした.

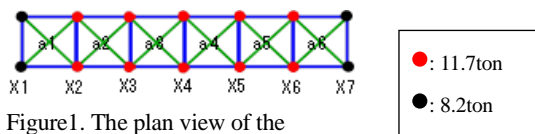


Figure1. The plan view of the three-dimensional model

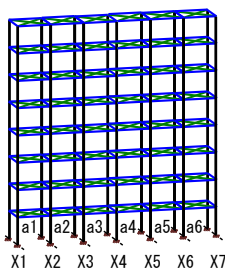


Figure2. Model 1

Table1. Model specifications

FL	質量 (ton)	層剛性 kx (kN/m)
8	150	248399
7	150	325013
6	150	372677
5	150	411010
4	150	447974
3	150	491820
2	150	570870
1	150	1015106

3. 固有値解析

3-1. 質点モデル(非制震)への置き換え

Ai 分布より外力を仮定し, その際の層間変位より層剛性を求め, 質点モデルに置き換えて解析を行う.

Model 1 の質点と立体では 1 次周期がほぼ一致しているが 2 次周期以降は差が開いていく. これは立体モデルの柱に生じる軸変形などの影響と考えられる.

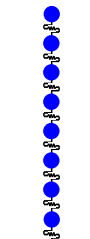


Figure3.

Mass-spring model (model 1)

Table2. Period

次数	周期 T(s)	
	質点モデル	立体モデル
1	0.577	0.576
2	0.212	0.176
3	0.133	0.093
4	0.100	0.062
5	0.081	0.055
6	0.070	0.045
7	0.062	0.041
8	0.054	0.036

4. 完全モード制御モデル設定

層剛性より D.M.量を計算する. 計算では質点モデルを想定しているため D.M.が水平方向にのみ作用すると仮定している. しかし今回の解析に用いる立体モデルでは D.M.が水平, 鉛直の二方向に作用するため, 計算で求めた値に cos<sup>2</sup>θ (θ: D.M.の取り付け角度)を除いた値を D.M.量とし立体モデルに付加する. 質点モデルの D.M.設置方法を Figure 4 に, 立体モデルの D.M.設置方法を Figure 5 に示す.

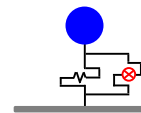


Figure4. D.M. in the mass model

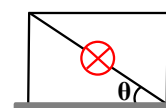


Figure5. D.M. in the three-dimensional model

Table3. The mass of D.M.

FL	D.M量(ton)	
	質点モデル	立体モデル
8	0.00	0.00
7	98.13	196.26
6	264.70	529.39
5	499.91	999.82
4	811.67	1623.35
3	1223.63	2447.26
2	1845.22	3690.45
1	4081.20	8162.40

立体モデルに入力する D.M.量を 2 分割し, 立体モデルの 1 層~7 層の X1 通りと X7 通りに取り付ける.

1:日大理工・教員・建築

2: (前) 日大理工・学部・建築

3:日大理工・学部・建築

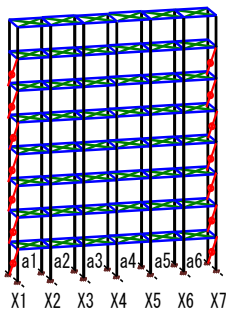


Figure6. Model 2

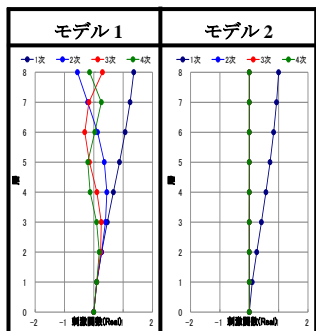


Figure7. Participation factor

## 5. 応答解析

### 5-1. 解析に使用する地震波

今回の解析では 6 種類の地震波 ( El Centro 1940 NS, JMA-KOBE 1995 NS, BCI-L2, TAFT 1952 NS, Hachinohe 1968 NS, JR-Takatori 1995 NS) を使用し, 解析を行う。最大速度は 0.5m/s に基準化している。

### 5-2. 質点モデルとの比較

El Centro 1940 NS 波によって, 質点モデルと立体モデルの応答が近似している。立体モデルの Model 1 と Model 2 を比較すると加速度は抑えられているが, 層変位と層間変形角には大きな影響を与えていない。

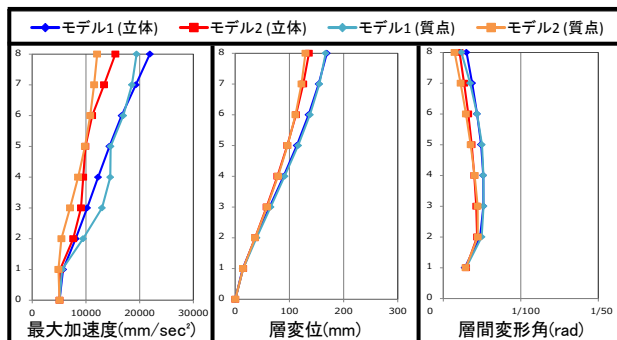


Figure8. Result of response analysis

## 6. 解析結果の検討

### 6-1. 柱に生じる圧縮軸力

D.M.を取り付けた X1, X7 柱の軸力を検討すると, いずれの地震波においても Model 2 の 1 層の軸力が Model 1 に比べ約 0.6~0.7 倍に減少した。また, 地震波の種類によっては D.M.の影響により柱の危険性が増すこともあるということが分かる。

### 6-2. スラブに生じるせん断力

Model 1 ではせん断力はほぼ生じていないが, Model 2 では D.M.を設置している a1, a6 スラブのせん断力が特に増大した。D.M.の影響により, スラブのせん断力が増大することが分かる。

### 6-3. 柱に生じる曲げモーメント

Model 2 と Model 1 の層変位を比較すると, 曲げモーメントが増加した層の層変位は Model 1 に比べ大きくなっている。また, D.M.の影響によって柱に大きなせん断力が生じたことで曲げモーメントも増加したと考えられる。

D.M.の影響により柱に大きなせん断力が生じたことで曲げモーメントも増加したと考えられる。

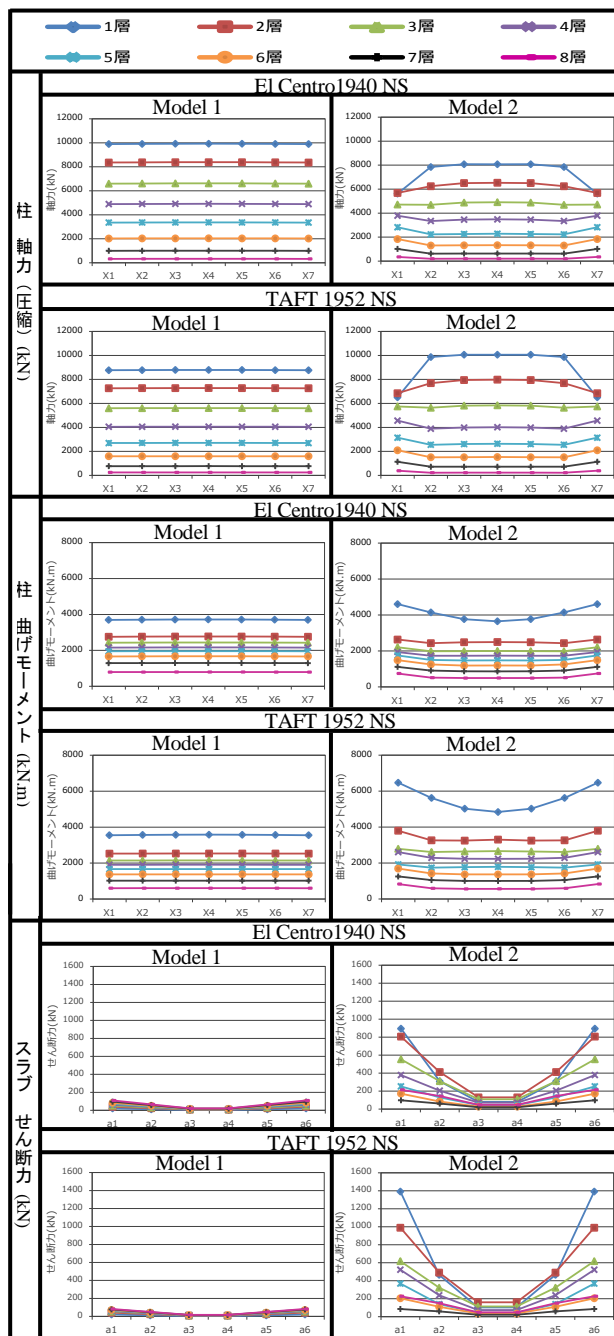


Figure9. Analysis of stress

## 7. まとめ

以上のことより, D.M.は制振装置としての効果は期待できるが構造体の各部材の応力に大きな影響を与える可能性があるため, 設計の際に留意する必要がある。

### 【参考文献】

1) 登坂遼太郎, 古橋剛, 石丸辰治 : D.M.を用いたモード制御に関する基礎的研究, 日本建築学会大会梗概集, 2012