

ダイナミック・マスによる地震時に建物の柱と梁の軸力への影響の把握

Study on the effect of D.M. on axial force of column and beam during an Earthquake

○杭雅琨², 古橋剛¹

*Gakon Kou², Takeshi Furuhashi¹

Abstract: In this paper, we add Dynamic Mass to a model, and use Dynamic analysis of axial force on column, beam and the stress generated in Dynamic Mass to examine the relation between axial force and Dynamic Mass.

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、及び入力低減効果を持っている。これらの効果を利用し、モード制御が可能であり、完全モード制御法、部分モード制御法などの制震手法が既往の研究より提案されている。また、D.M.とばねを用い、D.M.モードを構造体本来のモードと同調させる D.M.同調システムという制震手法もある。現在、D.M.は様々な制震手法に基づきよく利用されはじめています。

既往の研究より、D.M.を付加すると、部材応力が変動することが分かっているが、その理由及び、部材応力と D.M.に生じる応力の関係については、まだ検討されていない。

本研究では、検討モデルに D.M.を付加し、柱と梁の軸力の変動について検討を行う。

2.検討モデル

検討モデル 1 は Figure 1 に示すような 1 スパン 5000mm, 層高 5000mm の 1 層平面モデルである。構造種別は鉄骨造であり、柱部材と梁部材は H 型鋼を想定している。モデルの諸元と固有値解析結果を Table 1a と Table 1b に示す。なお、減衰は剛性比例型で 1%となるように付加している。

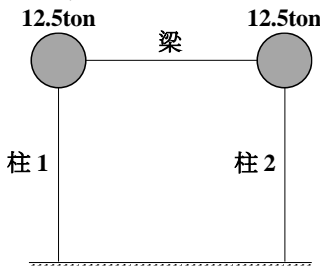


Figure 1. Model 1

Table 1a. Model specifications

層質量(ton)	層剛性(kN/m)
25	17727

Table 1b. Analysis results

次数	固有周期(s)	減衰定数
1	0.208	0.010

検討モデル 2 は、Figure 2 に示すように、検討モデル 1 に D.M.を付加しているモデルである。固有値解析結果は Table 2 に示す。また、本研究では、20ton の D.M.を斜め方向($\theta=45^\circ$)に設置し、取付け部剛性等は剛とする。

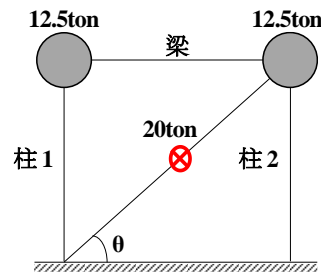


Figure 2. Model 2

Table 2. Analysis results

次数	固有周期(s)	減衰定数
1	0.245	0.008

3.解析方法

本研究では、入力地震動として El Centro 1940 NS を用い、得られた時刻歴応答解析結果を利用し、D.M.が各部材応力に及ぼす影響を検討する。尚、入力地震動は最大速度を 0.5m/s に基準化したものを用いる。

4.検討 - 梁の軸力について -

まず、梁の軸力について検討を行う。Figure 3 に梁の軸力の時刻歴応答解析結果を示す。

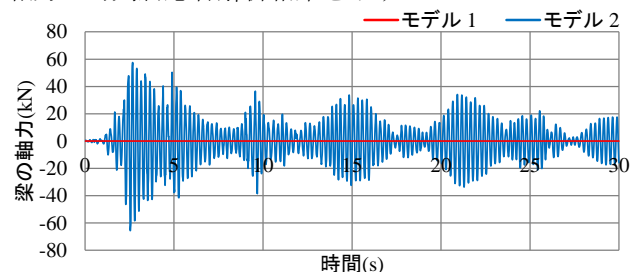


Figure 3. Analysis - The axial force of beam -

Figure 3 から、D.M.がない場合は梁の軸力が生じないが、D.M.を付加すると梁の軸力が生じることが分かる。

以上より、梁の軸力が D.M.に生じる応力との関係について検討を行う。考察図と解析結果を Figure 4, Figure 5 に示す。

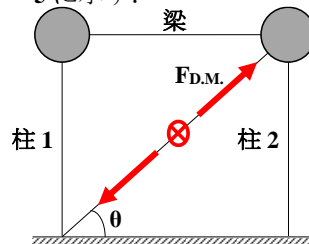


Figure 4. Consideration 1

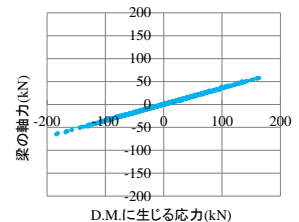


Figure 5. Analysis (Model 2)

構造体は Figure 4 に示すような力 $F_{D.M.}$ を受ける場合：
梁に生じる軸力 $N_{梁} = F_{D.M.} \times \cos \theta \div 2$ (1)

Figure 5 に示している結果は、各時刻の Model 2 における梁の軸力と D.M. に生じる応力である。このグラフから、梁の軸力と D.M. に生じる応力は式(1)と一致することが分かる。しかし、完全には一致しない。その理由は高次モードの影響である可能性があると思われる。この問題は今後の研究で検討する。

5. 検討 - 柱の軸力について -

続いて柱の軸力について検討する。Figure 6 と Figure 7 に Model 1 と Model 2 の時刻歴応答解析結果を示す。

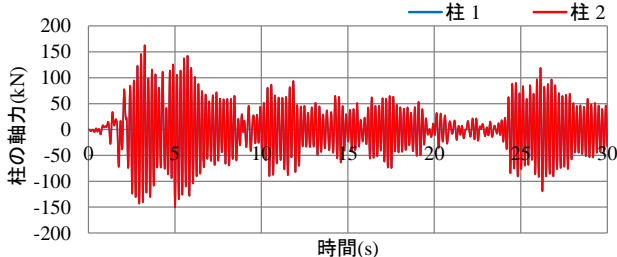


Figure 6. Analysis - The axial force of column (Model 1)

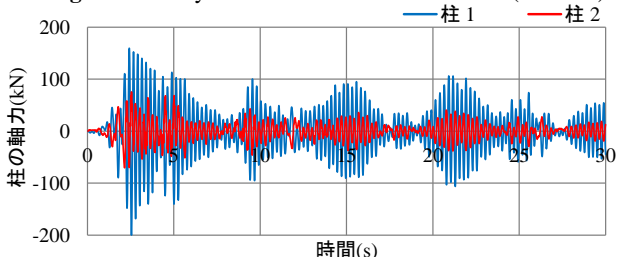


Figure 7. Analysis - The axial force of column (Model 2)

表示している結果は Model 1 と Model 2 における柱 1 と柱 2 の軸力であり、見やすくするため Figure 6 の柱 2 の値はすべて -1 をかけている。

Figure 6 から、D.M. がいない場合、柱 1 と柱 2 の軸力の大きさは同じであるが、向きは逆であることが分かる。Figure 7 から、D.M. を付加すると、柱 1 と柱 2 の軸力は一致しなくなることが分かる。2 本の柱の力を受ける状況が異なるという原因で、下記で別々で検討する。

I. 柱 1

まず柱 1 について検討を行う。モデル 1 とモデル 2 の解析結果を Figure 8a, Figure 8b に示す。

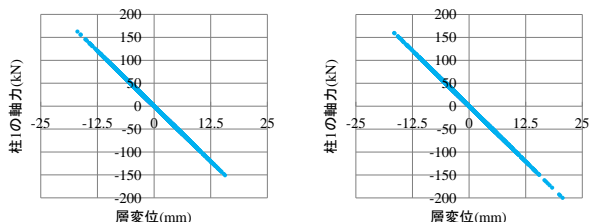


Figure 8a. Analysis (Model 1) Figure 8b. Analysis (Model 2)

Figure 8a と Figure 8b から柱 1 の軸力は、層変位と式(2)のような関数関係があることが分かる。つまり、柱 1 の軸力は変形より生じる軸力(以下 $N_{変形}$)である。

$$N_{柱} = f(D_{層変位}) = N_{変形} \quad (2)$$

II. 柱 2

続いて柱 2 について検討を行う。モデル 1, モデル 2

の層変位と柱 2 の軸力を Figure 9a, Figure 9b に示す。

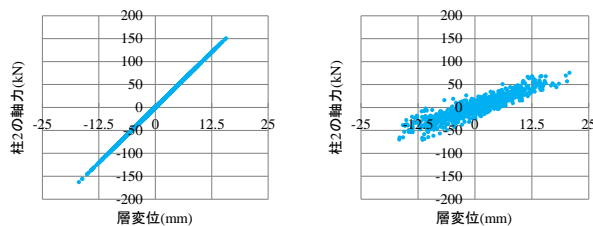


Figure 9a. Analysis (Model 1) Figure 9b. Analysis (Model 2)

Figure 9a の結果は式(2)と一致するが、Figure 9b の結果は式(2)と一致しない。その原因として D.M. が影響であることが考えられる。以上より、モデル 2 における柱 2 の軸力と D.M. に生じる応力の関係について検討を行う。考察図を Figure 10a, Figure 10b に示す。

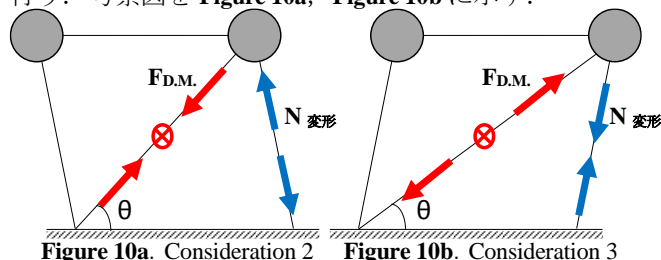


Figure 10a. Consideration 2 Figure 10b. Consideration 3

構造体は柱 2 が引張り と 圧縮 という 2 つの状況があると推測できる。青矢印は $N_{変形}$ であり、赤矢印は D.M. が構造体への力(以下 $F_{D.M.}$)である。どちらの状況でも、式(3)と対応する。

$$N_{柱} = N_{変形} - F_{D.M.} \times \sin \theta \quad (3)$$

$$\text{式(3)より } N_{変形} = N_{柱} + F_{D.M.} \times \sin \theta \quad (4)$$

式(4)より求めた $N_{変形}$ と層変位を Figure 11 に示す。

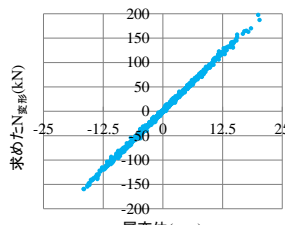


Figure 11. Analysis (Model 2)

Figure 11 から求めた $N_{変形}$ と層変位は式(2)と同様な関数関係があるということが分かる。ただし柱の軸力方向が逆なだけである。つまり、考察の結果式(3)は間違いがないことが分かる。Figure 11 と式(4)は完全には一致しない理由は、Figure 5 のと同様であると考えられる。

6. まとめ

本研究では検討モデルに D.M. を付加し、入力地震動 El Centro 1940 NS を用い、得られた結果を利用し、D.M. が各部材応力に及ぼす影響について検討を行った。

その結果、D.M. は明らかに梁と柱 2 の軸力に影響することが分かる。関係式は式(1)と式(3)に示すとおりである。また、D.M. は柱 1 に直接作用しないが、構造体の応答を変えることにより、柱 1 の軸力に影響を及ぼす場合もあることが分かる。

【参考文献】

- 1). 石丸辰治著、『応答性能に基づく「対震設計」入門』, 彰国社, 2004