

B-12

擬似モード制御による D. M. 同調システムに関する研究

その 2 取付け部剛性を考慮した擬似モード制御

Research on Tuned Dynamic Mass System by Pseudo Mode Control

Part2 Considering the Mounting Stiffness of Pseudo Mode Control

○安松哲生<sup>4</sup>, 石丸辰治<sup>1</sup>, 秦一平<sup>2</sup>, 増井智彰<sup>3</sup>

\* Tetsuo Yasumatsu<sup>4</sup>, Shinji Ishimaru<sup>1</sup>, Ippei Hata<sup>2</sup>, Tomoaki Masui<sup>3</sup>

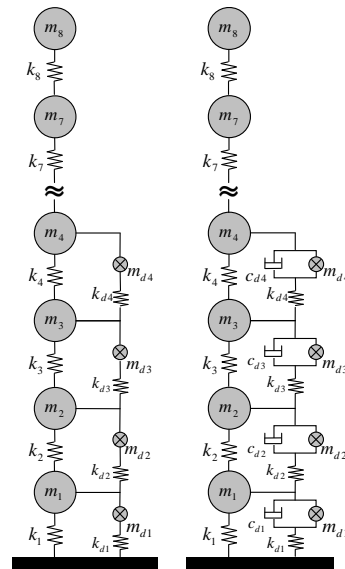
Seismic design of structures is necessary to evaluate the connecting spring stiffness of a seismic vibration control system. This paper shows that "Pseudo Mode Control" can be considered the connecting spring stiffness.

2-1. はじめに

前報その 1 では、本研究で提案する「擬似モード制御」<sup>1)</sup>の概要及びその有用性を示した。その際、ダイナミック・マス(以降, D.M.)を層間に直接配置した場合を示した。しかし、実際に制震装置を設置する場合、必ず接合部や取付け部材の剛性(以降, 取付け部剛性)が存在し、取付け部剛性を考慮することによって応答への影響が発生することが考えられる。そこで、本報その 2 では、取付け部剛性を考慮した擬似モード制御について論じる。また、地震動入力時の応答性状について示す。

2-2. 解析モデル概要

解析モデルは、その 1 で示した 8 質点系モデルの下部 4 層に D.M. を配置したものとす。解析モデルを Figure 2-1 に示す。なお、取付け部剛性は直列ばねで評価している。Model C-1 は減衰無し、Model C-2 減衰有りとする。その 1 に示した手法により、外乱の分配ベクトル  $\eta$  を 1 次モード形に近似させ、その 1 で示した(1-4)式を用いて各層の D.M. である  $m_d(i=1,2,3,4)$  を求めた結果が(2-1)式である。Model C-2 に付加する減衰係数  $c_d$  は、既往の研究<sup>2,3)</sup>で示された手法を用いて剛性比例倍で決定した。Table 2-1 に決定したダンパーパラメータを示す。なお、ここでは取付け部剛性を層剛性に対して 3 倍に設定している。



(a).Model C-1 (b).Model C-2  
Figure 2-1 解析モデル

$$\hat{\eta} = \begin{Bmatrix} 0.771 \\ 0.578 \\ 0.379 \\ 0.186 \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} m_{d4} \\ m_{d3} \\ m_{d2} \\ m_{d1} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1.183 \\ 3.284 \\ 6.590 \\ 11.210 \end{Bmatrix} \text{ (ton)} \quad (2-1)$$

2-3. Model C-1, Model C-2 の比較検討

各モデルの固有値解析結果を Table 2-2 に示す。なお、内部減衰はレーリー減衰で 1 次, 2 次にそれぞれ 2% 与えている。また、8 層目の相対変位応答倍率曲線をそれぞれ Figure 2-2(a) に示し、刺激関数を Figure 2-3(a) ~ (c) に示す。Figure 2-2 より、Model C-1 は、非制震と比較して高次モードの応答が低減されていることが分かる。また、共振点周期に着目すると、非制震と比較して 1 次は長くなり、高次は短くなっている。これより、擬似モード制御を利用することで、1 次モードの有効範囲を拡げる効果があるといえる。これは、より 1 質点系の挙動に近づいていることを意味している。以上より、取付け部剛性を考慮した擬似モード制御は可能であることが分かる。また、Model C-2 の結果より、減衰の付加により応答のばらつきを抑制出来ることが分かる。

Table 2-1 ダンパーパラメータ

FL	Model C-1			Model C-2			Model D		
	D.M. (ton)	減衰係数 (kN·s/m)	剛性 (kN/m)	D.M. (ton)	減衰係数 (kN·s/m)	剛性 (kN/m)	D.M. (ton)	減衰係数 (kN·s/m)	剛性 (kN/m)
4	1.2	0.0	750.0	1.2	46.0	750.0	1.5	23.6	750.0
3	3.3	0.0	810.0	3.3	49.7	810.0	1.6	25.5	810.0
2	6.6	0.0	885.0	6.6	54.3	885.0	16.1	60.5	885.0
1	11.2	0.0	945.0	11.2	58.0	945.0	17.2	64.6	945.0

Table 2-2 固有値解析結果(※■ : D. M. モード)

モード	非制震		Model C-1		Model C-2		Model D	
	T(sec)	h	T(sec)	h	T(sec)	h	T(sec)	h
1次	2.100	0.020	2.254	0.018	2.101	0.250	2.224	0.267
2次	0.763	0.020	1.326	0.008	1.216	0.573	1.707	0.509
3次	0.472	0.027	1.065	0.010	1.008	0.418	1.429	0.312
4次	0.350	0.034	0.823	0.013	0.855	0.821	0.638	0.236
5次	0.287	0.041	0.603	0.018	0.511	0.142	0.597	0.666
6次	0.250	0.047	0.419	0.023	0.374	0.060	0.450	0.267
7次	0.223	0.052	0.359	0.013	0.293	0.043	0.380	0.064
8次	0.198	0.058	0.291	0.038	0.241	0.050	0.293	0.042

1: 株式会社 i2S2 2: 日大理工・教員・建築 3: 日大理工・院・建築 4: 日大理工・建築

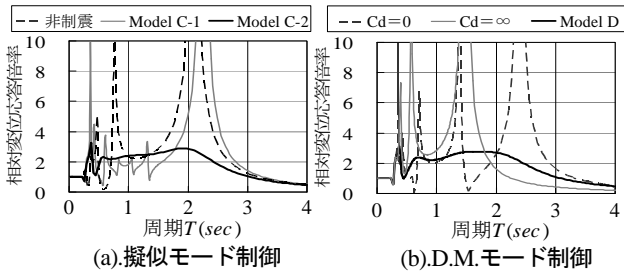


Figure 2-2 各モデルの相対変位応答倍率(8層目)

2-4. 地震応答解析

本手法により擬似モード制御されたモデルの地震動入力時の応答性状を示す。そこで、Model C-2 の比較対象として、既往の研究で示されている「D.M.モード制御法」<sup>2,3)</sup>で最適設計されたモデル(Model D)を用いる。なお、Model D の制震対象は1次、2次モードとし、ダンパー設置層は Model C-2 と同様とした。また、得られる1次粘性減衰定数を同程度とする為、1、2層で1次モードを制御する。残りの3、4層で2次モードを制御する。Model D の最適ダンパーパラメータ及び固有値解析結果をそれぞれ Table 2-1、2-2、相対変位応答倍率及び刺激関数をそれぞれ Figure 2-2-(b)、2-3-(d)に示す。

Table 2-1 より、総デバイス量に着目すると、D.M.量は Model C-2 の方が4割程度少ないことが分かる。これより、本研究の目的でもあるD.M.量を抑えた設計が可能となることが分かる。

地震動入力時の応答性状について示す上で、入力地震動はBCJ-L2波(原波)とした。非制震モデルを含めた各モデルの応答解析結果を Figure 2-4 に示す。同図より、制震モデルと非制震モデルを比較すると、各応答値が低減されていることが分かる。特に、変位応答が大幅に低減されていることが分かる。

制震モデルで比較すると、Model C-2 と Model D の応答結果に大差は無いことが分かる。

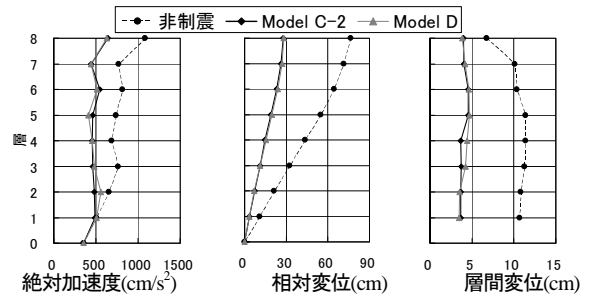


Figure 2-4 地震応答解析(入力地震動:BCJ-L2)

2-5. まとめ

取付け部剛性を考慮した擬似モード制御が可能であることを示した。その際、減衰の付加により、応答のばらつきを抑制出来ることを示した。

また、地震応答解析の結果を示した。それにより、擬似モード制御と D.M.モード制御の応答結果に大差はないが、擬似モード制御の方がD.M.量を抑えた設計が可能となることを示した。

参考文献

- [1] 石丸辰治, 秦一平 他: 擬似モード制御によるD.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第661号, pp509-517, 2011.3
- [2] 石丸辰治, 三上淳治 他: D.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻 第652号, pp.1105-1112, 2010.6
- [3] 石丸辰治, 秦一平 他: 付加剛比によるD.M.同調システムの簡易設計法, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第654号, pp.1455-1464, 2010.8

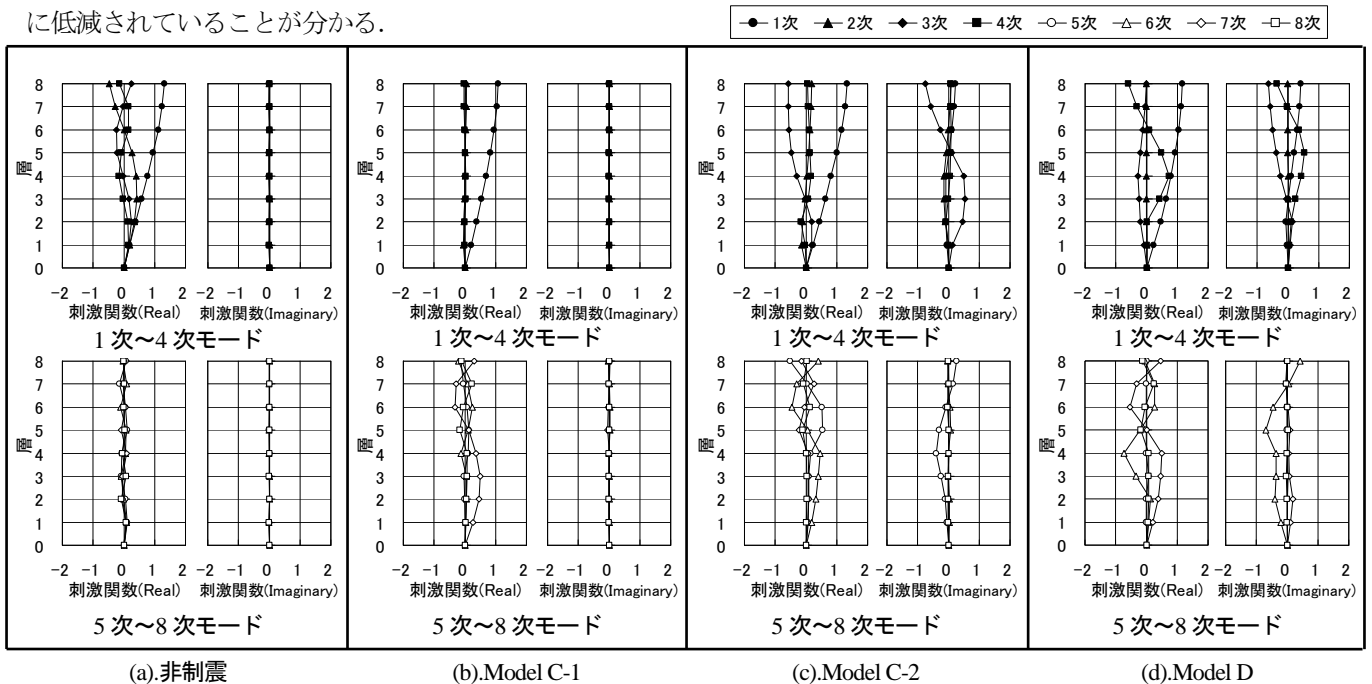


Figure 2-3 各モデルの刺激関数