

部分モード制御制震法に関する基礎的研究
 -D. M. と粘性ダンパーを用いた制御法と応答評価法の提案-

Basic Research on Response Control by Partial Mode Control System

A Method of Response control using D.M. with Oil damper and proposal of response evaluation

○張柏², 古橋剛¹
 Haku Cho², Takeshi Furuhashi¹

In this paper, the purpose of this study is to examine the response of Partial Mode Control System added the optimum damping constant, and to propose a method to response evaluation.

1. はじめに

近年, ダイナミックマス(以下 D.M.)を利用した制振システムに関する報告が増えつつある。振動工学において, 低層・中層の構造物は一般的にせん断型モデルでモデル化するが, 多くのモードと呼ばれる揺れ方が存在する。また, 構造物全体の応答は時刻歴におけるモードごとの応答の足し合せとなっている。そこで, 適当な D.M.を設置することで, 任意の複数の高次モードを完全に制御できることができれば, 応答低減可能であることが既往の研究よりわかっている。本論では, モード制御の考え方に粘性ダンパーを併用した制振システムを提案し, その性能・効果について検証し, さらに簡易な応答評価法を提案する。

2. 検討対象

検討モデルは, Figure 1 c)で示した 8 質点系モデルの下部 3 層に部分モード制御の考え方に粘性ダンパーを併用した制震システム。なお, 部分モード制御モデル(Figure 1 b))は, 非制震モデルに対して下部 3 層に, 最適 D.M.量を算出する理論式²⁾を用いて得た D.M.量を付加したモデルで, 部分モード制御に減衰を付加したモデル(Figure 1 c))は, 部分モード制御モデルに対して下部 3 層に, 共振曲線を利用した定点理論の最適減衰³⁾を用いて得た粘性ダンパーの減衰係数を付加したものの。また, 内部減衰は初期剛性比例減衰で 1 次に 2%与えている。検討モデルの諸元と固有値解析結果は Table1~3 に示している。刺激関数図および変位応答曲線図は Figure 2~3 に示している。なお, ここでは取付け部剛性を無限大に設定している。

3. 地震応答解析

入力地震動は短周期地震動の EL_Centro 1940 NS と長周期地震動の BCJ-L2 およびパルス地震動の柏崎 NS を入力した。ここでは, 柏崎 NS の応答解析結果のみを示している。部分モード制御に減衰を付加したモデル

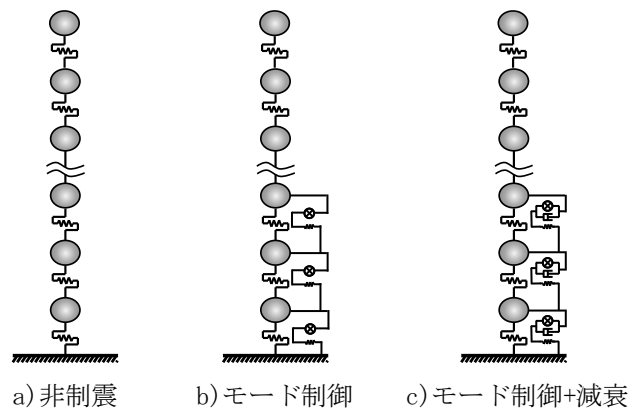


Figure 1.検討モデル図

Table 1.基本モデル諸元

FL	階高 [m]	質量 [t]	初期剛性 [kN/mm]			
			0.5s model	1.0s model	3.0s model	5.0s model
8	4.0	750.0	3280.0	820.0	90.2	32.8
7	4.0	760.0	3320.0	830.0	91.3	33.2
6	4.0	770.0	3360.0	840.0	92.4	33.6
5	4.0	780.0	3480.0	870.0	95.7	34.8
4	4.0	790.0	3560.0	890.0	97.9	35.6
3	4.0	800.0	3600.0	900.0	99.0	36.0
2	4.0	850.0	3640.0	910.0	100.1	36.4
1	4.0	900.0	3680.0	920.0	101.2	36.8

Table 2-1.部分モード制御モデル

FL	D.M.量 [t]
	3
2	4792.3
1	7017.2

Table 2-2.固有値解析結果(モード制御モデル)

Mode	減衰定数	周期 [s]			
		0.5s model	1.0s model	3.0s model	5.0s model
1次	0.02	0.54	1.08	3.24	5.38
2次	0.04	0.27	0.55	1.65	2.74
3次	0.04	0.23	0.46	1.37	2.28

Table 3-1.モード制御モデルに減衰付加したモデル

FL	D.M.量 [t]	最適減衰係数 [kN·s/mm]			
		0.5s model	1.0s model	3.0s model	5.0s model
3	3071.1	250.0	140.0	40.0	25.0
2	4792.3	250.0	140.0	40.0	25.0
1	7017.2	250.0	140.0	40.0	25.0

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・院(前)・建築

ル(Figure 1.c)の地震動入力時の応答性状を Figure 4 に示す。部分モード制御に減衰付加したモデルとモード制御モデルを比較すると、各応答値が低減されていることがわかる。また、構造物の周期が長くなるほど、共振曲線を利用した最適減衰係数より少なめの減衰係

Table 3-2.固有値解析結果(モード制御+減衰モデル)

Mode	0.5s model		1.0s model		3.0s model		5.0s model	
	周期 [s]	減衰定数	周期 [s]	減衰定数	周期 [s]	減衰定数	周期 [s]	減衰定数
1次	0.49	0.33	0.95	0.37	2.98	0.31	4.91	0.33
2次	0.28	0.93	0.63	1.00	1.63	0.91	2.83	0.93
3次	0.24	0.59	0.50	0.66	1.47	0.57	2.44	0.59

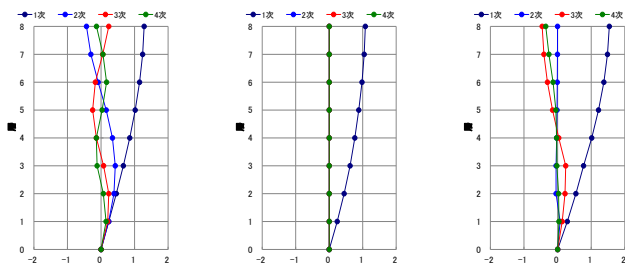


Figure 2.刺激関数図 (REAL) (1.0s model)

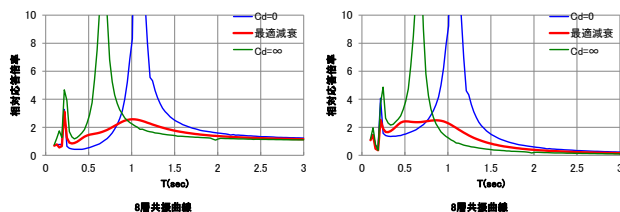


Figure 3.変位応答倍率曲線 (1.0s model)

数のほうが良い応答が出る。入力地震動を比較すると、パルス地震動に対してより少ない減衰係数のほうが良い応答が出るに対して、長周期域卓越地震動のほうはより多めの減衰係数のほうが良い結果となる。

4. まとめと今後の検討

本報では、部分モード制御設計に粘性減衰を付加した手法における固有周期の違う構造物の地震応答を比較した。その際、共振曲線を利用した最適粘性減衰を付加し、その最適減衰が一番好ましい応答値が出るに限らないことを示した。また、入力地震動の違いによる好ましい減衰量も変わることも示した。今後、制振設計の応答を評価する簡易な方法については検討していく。

5. 参考文献

- [1] 古橋剛, 石丸辰治:慣性接続要素によるモード分離, 日本建築学会構造系論文集 第 576 号, pp.55-62, 2004.2
- [2] 登坂遼太郎, 古橋剛: D.M.を用いたモード制御に関する基礎的研究, 日本建築学会学術講演梗概集 構造 II, pp.823-824, 2012.9
- [3] 石丸辰治, 秦一平, 古橋剛: 疑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, pp.509-517, 2011.3

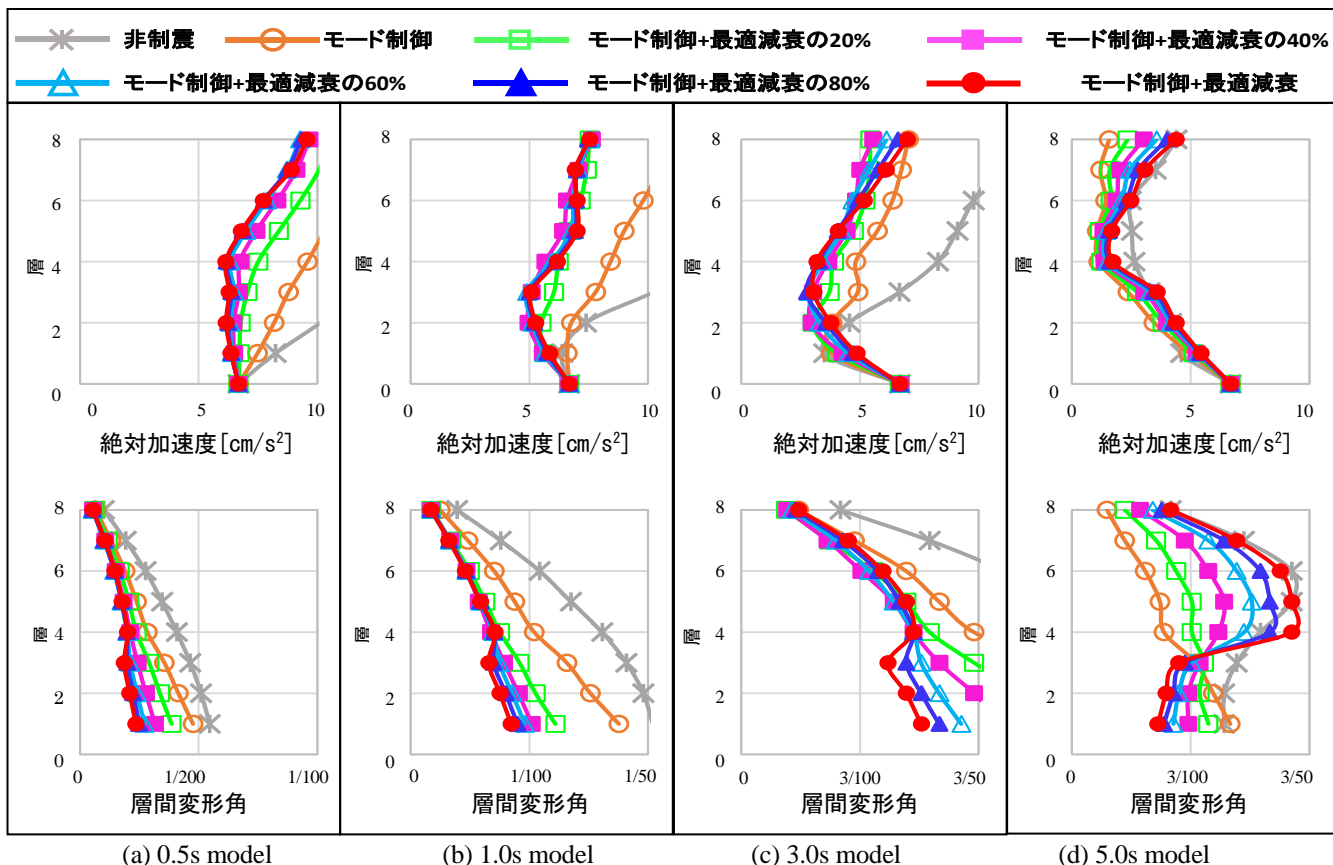


Figure 4.時刻歴応答解析結果 (柏崎 NS 原波)