

D.M. を用いた制御法による応答値の比較

その 1 完全、部分モード制御の改良減衰値の算出

Comparison of the Response value by the control method using D.M.

Part1, Calculation of the improved decrement level of the complete or partial mode control

○菅野義久², 鈴木皇大², 古橋剛¹, 寺山悠貴³, 坂巻拓哉³

* Yoshihisa Sugeno², Kodai Suzuki², Takeshi Furuhashi¹, Yuki Terayama³, Takuya Sakamaki³

In this paper, we show a comparison of a improved damping level about model which changed connection member stiffness.

1.1 はじめに

構造物は地震動が入力され、応答が大きくなりすぎると損傷をする。現在では D.M.を設置し、高次モードの抑制をする設計法が提案されている。しかし、D.M.に減衰を付与させる際に定点理論の最適減衰を付加させた場合が一番良い応答制御をするかは定かではない。

そこで本研究では、必要な減衰を把握するため 4 つのモデルを使用し、D.M.の取付け部剛性の違い、高さによる周期の違いと入力地震動の違いから一番良い応答(以後、改良減衰値と記す)を比較する。また、評価法を提案し、適応性を確認・比較をしていく。

本報では、D.M.の取付け部剛性を変化させたモデルについての減衰値の比較を示す。

1.2 モデル概要

基本モデルは 5 層、15 層、30 層、45 層とし、それぞれ周期 0.5 秒、1.5 秒、3.0 秒、5.0 秒となるよう設定する。

質量は全層 500ton とし、剛性は最上層と最下層が 1 対 3 となるよう設定した。D.M.の取付け部剛性は無限大とし、階高は 4000mm、構造減衰は剛性比例型で 1 次に 2%付与する。本研究では地震動レベル 1 を想定したものとし、改良減衰値の決定は加速度の結果と層間変形角 1/200 以下であるものから一番良いものを選択する。

Table1-1 Summary of the analysis model

FL	質量 [ton]	剛性 [kN/m]	固有周期	周期
5	500	450000	1次	0.493
4	500	675000	2次	0.196
3	500	900000	3次	0.126
2	500	1125000	4次	0.095
1	500	1350000	5次	0.074

a) 5 story

FL	質量 [ton]	剛性 [kN/m]	固有周期	周期
15	500	368000	1次	1.500
14	500	421000	2次	0.558
:	:	:	:	:
2	500	1052000	14次	0.079
1	500	1105000	15次	0.073

b) 15 story

FL	質量 [ton]	剛性 [kN/m]	固有周期	周期
30	500	367000	1次	2.998
29	500	391000	2次	1.093
:	:	:	:	:
2	500	1074000	29次	0.075
1	500	1100000	30次	0.071

c) 30 story

FL	質量 [ton]	剛性 [kN/m]	固有周期	周期
45	500	287000	1次	5.006
44	500	300000	2次	1.839
:	:	:	:	:
2	500	847000	44次	0.082
1	500	860000	45次	0.079

d) 45 story

本研究で基準となる最適減衰は定点理論から算出したものを使用する。最適減衰は以下の通りである。

Table1-2 Optimum damping coefficient

(The connection member stiffness of D.M. (infinity))

完全モード制御		部分モード制御	
階層	最適減衰 [kN・s/m]	階層	最適減衰 [kN・s/m]
4/5層	90000	2/5層	80000
14/15層	300000	5/15層	200000
29/30層	500000	10/30層	400000
44/45層	800000	15/45層	600000

1.3 地震応答解析

使用する入力地震動は設計で一般的に用いられる El Centro 1940 NS, JMA KOBE 1995 NS, BCJ L2, TAFT 1952 EW の 4 波を最大速度 25cm/s に基準化し、用いる。

Table1-3 Input seismic ground motion

	最大加速度 [m/s ²]	最大速度 [m/s]	最大変位 [m]
El Centro	2.539	0.25	0.086
JMA KOBE	2.476	0.25	0.055
BCJ L2	1.666	0.25	0.200
TAFT	2.568	0.25	0.073

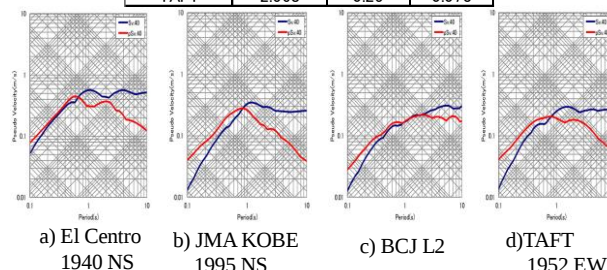


Figure1-1 Response spectrum

1.4 モード制御法

1.4.1 完全モード制御

完全モード制御法とは、各モデルの最上層以外すべての層に D.M.を設置する設計法である。

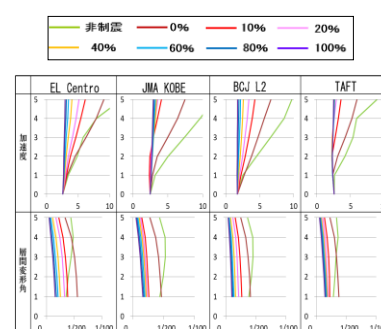


Figure1-2 Response acceleration and story drift angle (5 story)

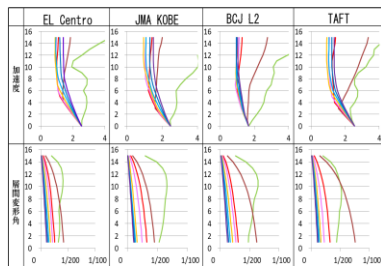


Figure1-3 Response acceleration and story drift angle (15 story)

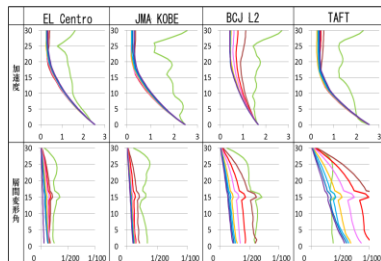


Figure1-4 Response acceleration and story drift angle (30 story)

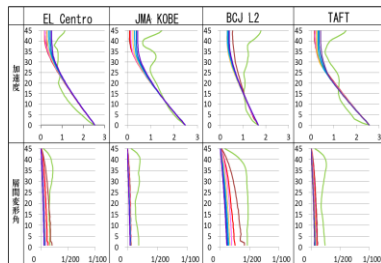


Figure1-5 Response acceleration and story drift angle (45 story)

Figure1-2～Figure1-5は各モデルの最適減衰を20%ずつ減少させたものであり、良い応答を目視で判断し選択する。以後、他の制御法も同様に決定する。

1.4.2 部分モード制御

部分モード制御法とは、数層に D.M.を設置し任意のモードを完全にゼロ化する設計法である。本研究では各モデルの下部 3 分の 1 層まで D.M.を設置する。完全モード制御法同様、最大加速度及び層間変形角について入力地震動ごと改良減衰値を算出する。

1.4.3 解析結果

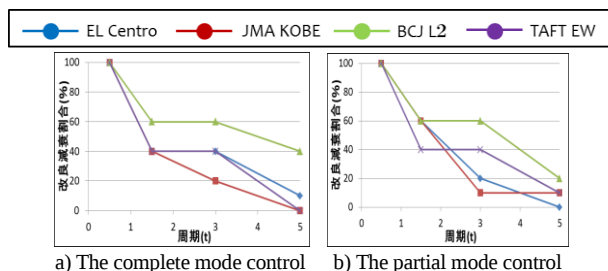


Figure1-6 The improved decrement level in each model

Figure1-6 a)は Figure1-2～Figure1-5 で示した完全モード制御時の入力地震動と加速度、層間変形角から算出した改良減衰値をまとめたものである。b)は a)と同様の手順で部分モード制御についてまとめたものである。Figure1-6 より、周期 0.5 秒モデルにおいては最適減衰の 100%を取り付ける必要がある。また周期 1.5 秒及び 3.0 秒の場合は最適減衰の 60%を取り付ける必要がある。周期 5.0 秒の場合は完全モード制御の場合は 40%。部分モード制御の場合は 20%で抑えることができ大幅なコスト削減が期待できる。完全モード制御、部

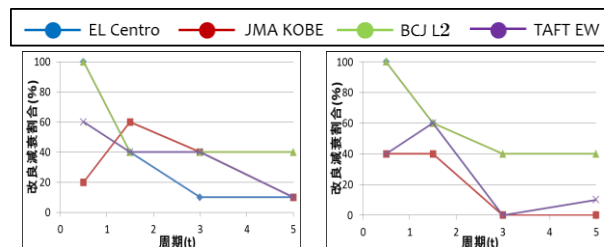
分モード制御とも必要な改良減衰値は概ね一致する。また、どちらの制御法とも構造物の周期が長くなるほど小さい改良減衰値となることが読み取れる。地震波の違いとしては、長周期地震動は高い減衰値、パルス波は低い減衰値の方が良い応答となる。

1.5 取付け部剛性 2 倍

前節では取付け部剛性を無限大に仮定したものを使用したが一般的に無限大とは見なせない。本研究は取付け部剛性を層剛性の 1 倍、2 倍、3 倍、5 倍に設定したものを使用し比較対象として 2 倍が最適と判断したため 2 倍を用い検討を行う。以下に取付け部剛性 2 倍に変化させた場合の定点理論より算出した最適減衰を示す。

Table1-4 Optimum damping coefficient
(The connection member stiffness of D.M. (twice))

完全モード制御		部分モード制御	
階層	最適減衰 [kN・s/m]	階層	最適減衰 [kN・s/m]
4/5層	55000	2/5層	46000
14/15層	210000	5/15層	180000
29/30層	300000	10/30層	230000
44/45層	360000	15/45層	320000



a) The complete mode control

b) The partial mode control

Figure1-7 The improved decrement level in each model

取付け部剛性無限大と 2 倍を比較すると無限大の方が良い応答となる。このことから取付け部剛性を大きくするほど良い応答になる。Figure1-7 は取付け部剛性を 2 倍時の改良減衰値をまとめたものである。取付け部剛性無限大時同様、高層になるにつれ改良減衰値が小さくなっていることが読み取れる。しかし、Figure1-6 と Figure1-7 を比較すると取付け部剛性が 2 倍の時は表にばらつきがあり構造物の高さによって違う結果になることから 2 倍では小さすぎるのではないかと考えられる。

1.6 まとめ

本報では取付け部剛性を大きくすると良い応答となることを示した。構造物が高層になるほど定点理論から算出した減衰に差が出ることを示した。また入力地震動によって必要な減衰が変化することを示し長周期地震動では大きい減衰が必要であることを示した。次報その 2 では D.M.同調システムを導入し部分モード制御システムとの比較を行う。また、新たな評価法を提案し適応性を確認する。

参考文献

- 1) 登坂遼太郎, 古橋剛 入力エネルギーによる擬似モード制御システムの性能評価, 日本建築学会構造系論文集 Vol.60B,2014.3
- 2) 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