B-7

複素固有値解析と応答性能設計図表を用いた制震構造物のパラメータ設計方法に関する研究
その３　制震設計方法の設計例

Research on the inverse design method of damper parameters in response control structure
Part3 Design example of a seismic design method

○枝村泰[2], 秦一平[1], 森勇哉[2], 服部恵多[2]
*Yasushi Edamura[2], Ippei Hata[1], Mori Yuuya[2], Keita Hattori[2]

This paper proposed a new placement method of response control device by comparing damper parameters of three models in the previous paper (part2). This paper shows the effectiveness of the proposed method with an example of 41 story building model.

３.１.はじめに

前報その２では,制震装置を主構造剛性比例倍に配置したモデルと全層同一に配置したモデルを組み合わせることで新たな配置方法を提案した.本報では提案した配置方法が他のモデルに対しても適用できるかを確かめるため,41 層モデルを例に検討を進めていく.

３.２.検討モデルの概要

検討モデルの諸元を Table3.1 に示す.また内部粘性減衰を剛性比例型で１％としている.

Table3.1.検討モデル諸元

FL	41層				
	質量 (ton)	減衰係数 (kN･s/m)	初期剛性 (kN/m)	弾性限変形 (m)	バイリニア係数 pd
41	2,442	41,614	4,700,000	0.001	0.035
40	1,680	30,458	3,440,000	0.002	0.053
39	1,667	32,495	3,670,000	0.003	0.055
38	1,670	33,911	3,830,000	0.003	0.056
37	1,670	34,885	3,940,000	0.004	0.056
36	1,670	36,125	4,080,000	0.004	0.056
35	1,670	37,364	4,220,000	0.004	0.057
34	1,670	38,073	4,300,000	0.004	0.057
33	1,670	38,604	4,360,000	0.005	0.058
32	1,670	39,224	4,430,000	0.005	0.060
31	1,670	39,666	4,480,000	0.005	0.060
30	1,670	40,375	4,560,000	0.005	0.059
29	1,668	42,146	4,760,000	0.005	0.059
28	1,670	44,713	5,050,000	0.005	0.057
27	1,670	45,333	5,120,000	0.005	0.057
26	1,670	45,333	5,120,000	0.006	0.057
25	1,670	44,625	5,040,000	0.006	0.056
24	1,686	44,005	4,970,000	0.006	0.057
23	1,686	44,271	5,000,000	0.006	0.057
22	1,686	44,979	5,080,000	0.006	0.057
21	1,698	46,927	5,300,000	0.006	0.057
20	1,688	49,583	5,600,000	0.006	0.056
19	1,688	50,468	5,700,000	0.006	0.056
18	1,688	50,911	5,750,000	0.006	0.056
17	1,688	51,265	5,790,000	0.006	0.056
16	1,688	51,619	5,830,000	0.006	0.056
15	1,688	51,885	5,860,000	0.006	0.056
14	1,688	52,239	5,900,000	0.006	0.056
13	1,688	52,859	5,970,000	0.006	0.056
12	1,688	53,744	6,070,000	0.006	0.057
11	1,688	54,276	6,130,000	0.006	0.057
10	1,688	54,807	6,190,000	0.006	0.057
9	1,688	55,869	6,310,000	0.006	0.057
8	1,688	57,198	6,460,000	0.006	0.057
7	1,688	58,526	6,610,000	0.006	0.057
6	1,685	59,411	6,710,000	0.006	0.058
5	1,688	61,005	6,890,000	0.006	0.059
4	1,688	64,192	7,250,000	0.006	0.061
3	1,688	75,083	8,480,000	0.005	0.064
2	1,874	67,557	7,630,000	0.005	0.073
1	1,794	92,083	10,400,000	0.004	0.073

３.３.設計用入力地震動

本例では２つの地震動レベルで検討するため「 Elcentro-NS 」「 Hachinohe-NS 」「 TAFT-EW 」「JMA-KOBE-NS」「BCJ-L2」をそれぞれ50kine と 75kine に基準化した地震動を用いる.各地震波の粘性減衰定数 10%の応答スペクトルを計算し,それぞれの応答スペクトルから各周期の最大値をまとめたピークスペクトルを作成し,これを設計用入力地震動とする.

３.４. 目標クライテリア

検討モデルの目標となる塑性率を設定する.Table3.1 に示す検討モデルに対し上記に示した設計用入力地震度を用いて時刻歴応答解析を行い,非制震時の各層における塑性率を把握する.50kine の場合は非制震時において,最大塑性率を持つ層の塑性率が 2.0 となる倍率を各層に乗じた結果を目標塑性率とする.同様に,75kine の場合は最大塑性率を持つ層の塑性率が 4.0 となる倍率を乗じた結果を目標塑性率とし,全層における非制震時の塑性率と目標塑性率の比較を Fugure3.1 に示す.

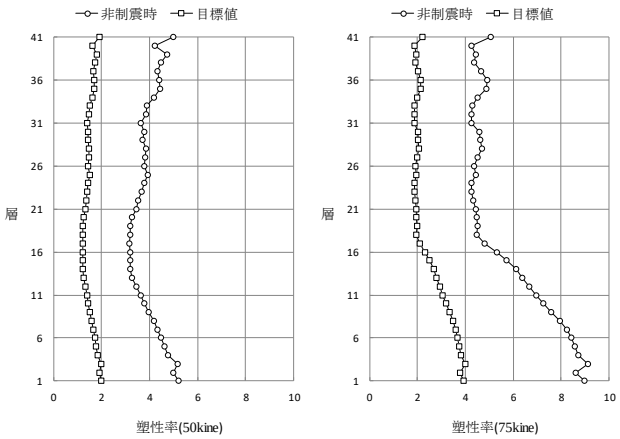

Figure3.1.目標塑性率（左：50kine 右：75kine）

１：日本大学理工学部　准教授・博士（工学）　Associate Professor, College of Science and Technology, Nihon University, Dr.Eng
２：日本大学理工学部　College of Science and Technology, Nihon University

３.５.制震装置の配置

目標粘性減衰定数 h_{GD} は 50kine,75kine に基準化したそれぞれの入力地震動に対して算出する.ここでは紙面の都合上,応答性能設計図表より推定する h_{GD} の算出過程は割愛する.なお,目標粘性減衰定数は h_{GD}=0.3 と決定する.1 次モードの粘性減衰定数が決定した目標粘性減衰定数となるように「制震装置を主構造剛性比例倍に配置する方法」と「制震装置を全層同一に配置する方法」により制震パラメータを決定し,前報と同様にこの２つの配置方法を組み合わせたものを提案配置とする.Table3.2 に決定した制震パラメータを示す.

Table3.2.制震パラメータ

FL	41層					
	50kine,75kine					
	剛性比例配置		全層同一配置		提案配置	
	減衰係数 (kN・s/m)	取付部剛性 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)	取付部剛性 (kN/m)	減衰係数 (kN・s/m)	取付部剛性 (kN/m)
41	1,727,250	8,225,000	2,142,000	10,200,000	1,727,250	8,225,000
40	1,264,200	6,020,000	2,142,000	10,200,000	1,264,200	6,020,000
39	1,348,725	6,422,500	2,142,000	10,200,000	1,348,725	6,422,500
38	1,407,525	6,702,500	2,142,000	10,200,000	1,407,525	6,702,500
37	1,447,950	6,895,000	2,142,000	10,200,000	1,447,950	6,895,000
36	1,499,400	7,140,000	2,142,000	10,200,000	1,499,400	7,140,000
35	1,550,850	7,385,000	2,142,000	10,200,000	1,550,850	7,385,000
34	1,580,250	7,525,000	2,142,000	10,200,000	1,580,250	7,525,000
33	1,602,300	7,630,000	2,142,000	10,200,000	1,602,300	7,630,000
32	1,628,025	7,752,500	2,142,000	10,200,000	1,628,025	7,752,500
31	1,646,400	7,840,000	2,142,000	10,200,000	1,646,400	7,840,000
30	1,675,800	7,980,000	2,142,000	10,200,000	1,675,800	7,980,000
29	1,749,300	8,330,000	2,142,000	10,200,000	1,749,300	8,330,000
28	1,855,875	8,837,500	2,142,000	10,200,000	1,855,875	8,837,500
27	1,881,600	8,960,000	2,142,000	10,200,000	1,881,600	8,960,000
26	1,881,600	8,960,000	2,142,000	10,200,000	1,881,600	8,960,000
25	1,852,200	8,820,000	2,142,000	10,200,000	1,852,200	8,820,000
24	1,826,475	8,697,500	2,142,000	10,200,000	1,826,475	8,697,500
23	1,837,500	8,750,000	2,142,000	10,200,000	1,837,500	8,750,000
22	1,866,900	8,890,000	2,142,000	10,200,000	1,866,900	8,890,000
21	1,947,750	9,275,000	2,142,000	10,200,000	1,947,750	9,275,000
20	2,058,000	9,800,000	2,142,000	10,200,000	2,058,000	9,800,000
19	2,094,750	9,975,000	2,142,000	10,200,000	2,094,750	9,975,000
18	2,113,125	10,062,500	2,142,000	10,200,000	2,113,125	10,062,500
17	2,127,825	10,132,500	2,142,000	10,200,000	2,127,825	10,132,500
16	2,142,525	10,202,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
15	2,153,550	10,255,000	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
14	2,168,250	10,325,000	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
13	2,193,975	10,447,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
12	2,230,725	10,622,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
11	2,252,775	10,727,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
10	2,274,825	10,832,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
9	2,318,925	11,042,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
8	2,374,050	11,305,000	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
7	2,429,175	11,567,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
6	2,465,925	11,742,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
5	2,532,075	12,057,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
4	2,664,375	12,687,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
3	3,116,400	14,840,000	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
2	2,804,025	13,352,500	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000
1	3,822,000	18,200,000	2,142,000	10,200,000	2,142,000	10,200,000

Table3.3.複素固有値解析結果

モデル	50kine,75kine	
	T_{eq}	h_{eq}
剛性比例配置	2.055	0.323
全層同一配置	2.162	0.317
提案配置	2.206	0.307

Table3.3 に示す複素固有値解析結果より各配置方法により決定した制震パラメータが目標となる粘性減衰定数 h_{GD}=0.3 を満たしていることが確認できる.

３.６.検討モデルの時刻歴応答解析結果

検討モデルに対し提案配置方法により決定した制震パラメータを入力し,上記で示した設計用入力地震動５波を用いて時刻歴応答解析を行った結果を Figure3.2 に示す.

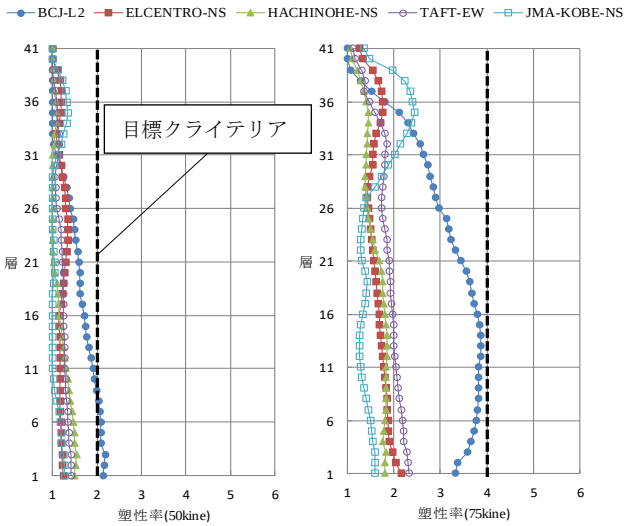

Figure3.2.時刻歴応答解析結果（左 : 50kine 右 : 75kine）

Figure3.2 より,検討モデルが設計用入力地震動 50kine,75kine ともに目標クライテリアを満たしていることが確認できる.この結果から構造躯体の塑性化を考慮した制震設計法及び前報で提案した制震装置の配置方法が 41 層モデルに対しても適用できたことが確認できる.

３.７.まとめ

本研究では既往の制震設計方法を構造躯体の塑性化を考慮した場合に拡張した.さらに,その２では,塑性化を考慮した場合,既往の設計手順では十分に対応できなかった制震装置の配置に関して,３つの配置モデルを比較検討することでより少ない制震パラメータで各振動モードの影響に対応できる新たな配置方法を提案した.本報その３では 41 層モデルを対象に具体的な設計例を示し,異なる入力レベルと様々な地震波に対して設定した目標クライテリアを満足したことから時刻歴応答解析に依存しない提案制震設計方法の有効性を示すことができた

参考文献

[1]石丸 辰治 , 秦 一平 , 三上 淳治 [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 75(654), 1455-1464, 2010-08

[2]安松 哲生 , 秦 一平 , 石丸 辰治 , 金井 修司 , 山本 哲也 : 複素固有値解析と応答性能設計図表を用いた制震構造物のパラメータ設計方法に関する研究その 1～その 3　学術講演梗概集 2013(構造 II), 961-966, 2013-08-30