

## 2 方向入力時における連結制震システムの適用 その 2 連結時の免震建物が受ける回転の検討

### The application of the Coupled Vibration Control System against seismic input from two directions Part 2, study of the rotation that occurs in seismic isolation building.

○須山大地<sup>2</sup>, 伊佐治卓也<sup>2</sup>, 田中佑一郎<sup>2</sup>, 古橋剛<sup>1</sup>, 高林正和<sup>3</sup>, 井上啓道<sup>4</sup>

\* Daichi Suyama<sup>2</sup>, Takuya Isaji<sup>2</sup>, Yuichiro Tanaka<sup>2</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>1</sup>, Masakazu Takabayashi<sup>3</sup>, Hiromichi Inoue<sup>4</sup>

In this paper, we show the result of study and the discuss about the difference of response that occurred to seismic isolation building model that we created in the previous part.

#### 2.1 はじめに

本報その 2 では、前報で作成したモデルにおける免震建物に生じた微量な応答の差について考察及び検討を行う。また、立体モデルにおける性能指定型設計法を行う上での留意点を示す。

#### 2.2 免震建物の回転に対する検討

Figure2-1 に前報で示した地震動を入力した際の層間回転変位と回転加速度を示す。ここで、層間回転変位は、柱の回転方向の層間変位、回転加速度は、柱の回転方向の加速度としている。Figure2-1 に示すように、免震建物は回転の影響を受けていることがわかり、その結果、免震建物の応答値が悪化していることがわかる。また、剛性の低い免震層と連結層である 10 層が、回転の影響を受けやすいことがわかる。

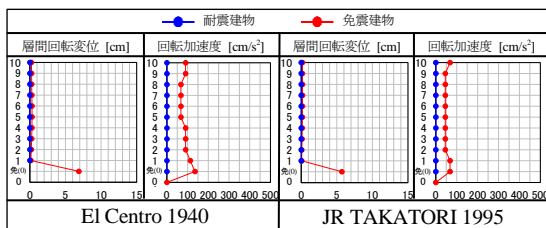


Figure 2-1 The response by the rotation

まず、免震建物への回転の影響を、耐震建物の規模及び、入力方向に対する目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  に着目して検討を行っていく。

##### 2.2.1 耐震建物の建築規模

まず、耐震建物の構造規模の違いによる、免震建物の回転について検討を行う。検討モデルの免震建物は前報で示したモデルと同様である。Table2-1 に耐震建物の諸元を示す。耐震建物の層質量が 200t のモデルを 200t モデル、500t のモデルを 500t モデルとする。また、Table 2-2 に 200t モデルと 500t モデルの目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  を 5%, 10%, 15%, 20% にした場合の目標減衰定数とダンパー量の関係を示す。Figure2-2 に 200t モデ

ルと 500t モデルの目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  を変化させた場合の層間回転変位と回転加速度を示す。

Table 2-1 Introduction of the earthquake-resistant building in the study model

	層質量 [ton]	層剛性 [kN/m]	1次固有周期 [s]
200tモデル	200	350000	1.00
500tモデル	500	875000	1.00

Table 2-2 Relationship of Target damping constant and Damper amount (1)

	方向	$h_{耐}$	$h_{免}$	$C_d$ [kN・s/m]	$C_{sl1,2}$ [kN・s/m]
200tモデル	X,Y	0.050	0.016	530	530
	X,Y	0.100	0.036	1190	1190
	X,Y	0.150	0.055	1840	1840
	X,Y	0.200	0.075	2490	2490
500tモデル	X,Y	0.050	0.040	1320	1320
	X,Y	0.100	0.089	2960	2960
	X,Y	0.150	0.139	4590	4590
	X,Y	0.200	0.188	6190	6190

※ $C_{d1,2}$ : ダンパー1, ダンパー2のそれぞれのダンパー量

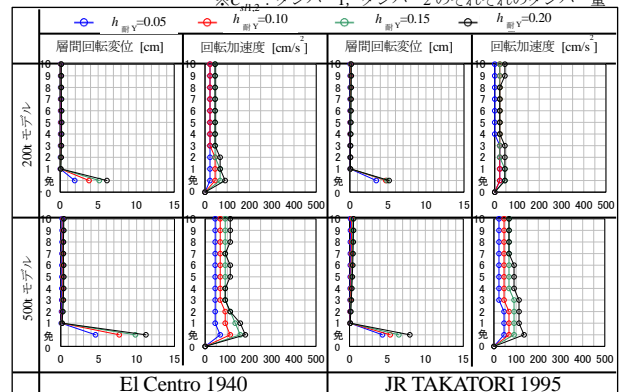


Figure 2-2 Response value of the base-isolated building in the 500t model and 200t model

Figure2-2 に示すように、両モデルにおいて目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  が増加するほど、免震建物が回転の影響を強く受けていることがわかる。これは Table 2-2 に示すように、X 方向、Y 方向ともに目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  の増加に伴い、ダンパー量が増加し、ダンパーから受ける免震建物への捻りモーメントが増加した為と考えられる。また、200t モデルより 500t モデルの方が、目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  の増加に伴い免震建物が回転の影響を大きく受けていることがわかる。これは耐震建物

の構造規模が大きくなるにつれて、目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  を満たす目標免震減衰定数  $h_{免}$  が増加し、それに伴い付加するダンパー量が増加したからである。

### 2.2.2 入力方向に対する目標耐震減衰定数

次に、X 方向、Y 方向に対する目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  の違いによる、免震建物の回転について検討を行う。検討方法は、200t モデルを使用し、Y 方向の目標耐震減衰定数  $h_{耐Y}$  を 10% に固定し X 方向の目標耐震減衰定数  $h_{耐X}$  を 5%、10%、15%、20% としたモデル ( $h_{耐X}=15\%$ 、10%、15%、20%) と、X 方向の目標耐震減衰定数  $h_{耐X}$  を 10% に固定し Y 方向の目標耐震減衰定数  $h_{耐Y}$  を 5%、10%、15%、20% としたモデル ( $h_{耐Y}=5\%$ 、10%、15%、20%) の層間回転変位及び回転加速度を比較するものとする。Table2-3 に各モデルの目標減衰定数とダンパー量の関係を示す。Figure2-3 に  $h_{耐X}$  モデルの各減衰定数における層間回転変位と回転加速度を、Figure2-4 に  $h_{耐Y}$  モデルの各減衰定数における層間回転変位と回転加速度を示す。

Table 2-3 Relationship of Target damping constant and Damper amount (2)

	方向	$h_{耐}$	$h_{免}$	$C_d$ [kN・s/m]	$C_{st1,2}$ [kN・s/m]
$h_{耐X}=5\%$	X	0.050	0.016	530	860
	Y	0.100	0.036	1190	
$h_{耐X}=10\%$	X	0.100	0.036	1190	1190
	Y	0.100	0.036	1190	
$h_{耐X}=15\%$	X	0.150	0.055	1840	1515
	Y	0.100	0.036	1190	
$h_{耐X}=20\%$	X	0.200	0.075	2490	1840
	Y	0.100	0.036	1190	
$h_{耐Y}=5\%$	X	0.100	0.036	1190	860
	Y	0.050	0.016	530	
$h_{耐Y}=10\%$	X	0.100	0.036	1190	1190
	Y	0.100	0.036	1190	
$h_{耐Y}=15\%$	X	0.100	0.036	1190	1515
	Y	0.150	0.055	1840	
$h_{耐Y}=20\%$	X	0.100	0.036	1190	1840
	Y	0.200	0.075	2490	

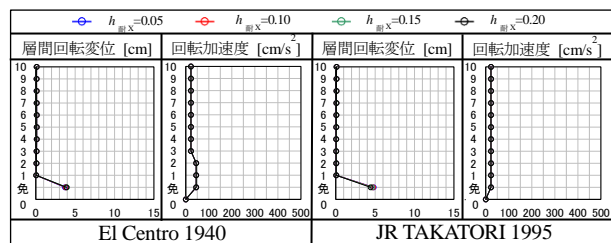


Figure 2-3  $h_{耐X}$  Response value of the base-isolated building in the model

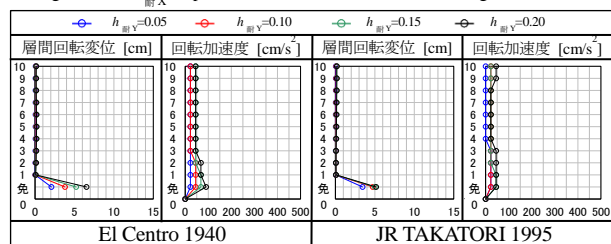


Figure 2-4  $h_{耐Y}$  Response value of the base-isolated building in the model

Table2-3 から窺えるように、X 方向の目標耐震減衰定数  $h_{耐X}$  を増加させると、X 方向の目標免震減衰定数  $h_{免X}$  及びダンパー量  $C_x$  も増加し、それに伴いダンパー1基のダンパー量  $C_{st1,2}$  も増加していることがわかる。また、Y 方向も同様な傾向がみられる。ここで、 $h_{耐X}=5\%$  と  $h_{耐Y}=5\%$ 、 $h_{耐X}=10\%$  と  $h_{耐Y}=10\%$ 、 $h_{耐X}=15\%$  と  $h_{耐Y}=15\%$ 、 $h_{耐X}=20\%$  と  $h_{耐Y}=20\%$  でそれぞれ 1 基あたりのダンパー量  $C_{st1,2}$  が同等であることがわかる。しかし、Figure2-3、Figure2-4 に示すように、 $h_{耐X}$  モデルでは、目標耐震減衰定数  $h_{耐X}$  が変化しても免震建物の回転への影響は小さいことがわかる。一方、 $h_{耐Y}$  モデルでは、目標耐震減衰定数  $h_{耐Y}$  の変化に伴い、免震建物への回転の影響が顕著に表れていることがわかる。これは、Figure2-5 に示すように、検討モデルが免震建物と耐震建物の重心を通る線(以降、重心軸)に対して対称であり、検討方向(入力地震波の EW 成分入力方向)が重心軸方向と同一である為と考えられる。これより、本報で検討したモデルにおいては、免震建物の回転は Y 方向に効くダンパー量  $C_y$  に大きく依存しているといえる。

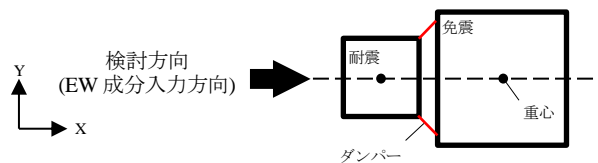


Figure 2-5 Roof plan of study models

### 2.3 まとめ

本報その 2 では、免震建物に対する回転の検討を行った。その結果、2.2.1 項の検討より、耐震建物の構造規模が大きいほど、目標耐震減衰定数  $h_{耐}$  を確保するためのダンパー量が増えるため、捻れモーメントが大きくなり、回転しやすくなることがわかった。また、2.2.2 項の検討より免震建物の回転は、入力方向に効くダンパー量  $C_d$  に依存していることがわかった。

次報その 3 では、本報で示した設計法に耐震建物の建物規模の変化に伴う制限について検討し、耐震建物の規模と制震効果の関係を明らかにする。

### 参考文献

- 1) 石丸辰治：応答性能に基づく「対震設計」入門, 彰国社 2004
- 2) 押山育未, 古橋剛, 土田堯章, 弓削貴史：免震建物と耐震建物の連結制震に関する研究(その 1~その 3), 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 2013.9
- 3) 油野球子：D.M.(ダイナミック・マス)を用いた連結制震システムに関する基礎的研究, 日本大学大学院理工学研究科修士論文, 2011