

2 方向入力時における連結制震システムの適用

その 3 耐震建物の建物規模による制限の検討

The application of the Coupled Vibration Control System against seismic input from two directions

Part 3, study of the limit by building scale of earthquake-resistant building

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

*Yuichiro Tanaka², Takuya Isaji², Daichi Suyama², Takeshi Furuhashi¹, Masakazu Takabayashi³, Hiromichi Inoue⁴

In this paper, we shows the limit of the building scale that is applied with performance specified type design method is extended to three-dimensional-model.

3.1 はじめに

前々報その 1 では、立体モデルにおいて、連結制震システムの性能指定型設計法を適用させ、2 方向入力に対する有効性を示した。前報その 2 では、免震建物の回転を低減させる設計を示した。このことから、高減衰の付加による免震建物の性能低下を抑制し、耐震建物の対震性を向上させることができた。

本報その 3 では、その 2 で示した手法において発生する、建物規模の変化に伴う制限について検討する。

3.2 ダンパーの設置角度の制限

Figure3-1 に 1000t モデル図を示し、Table3-1, Table3-2, Table3-3 に 1000t モデルの諸元を示す。検討モデルは 200t モデル、500t モデル、1000t モデルを用いる。

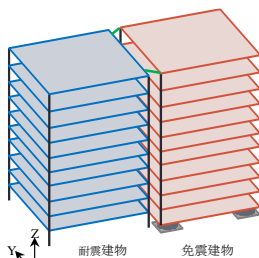


Figure3-1 1000t model figure
Table3-3 Scale of 1000t model

	耐震建物	免震建物
階高 [m]	4	4
免震層深さ [m]	-	0.4
スパン [m]	32	32
建物間距離 [m]	3	

Table3-1 Seismic isolation building top and earthquake-resistant building top

層	耐震建物		免震建物上部	
	質量 [ton]	剛性 [kN/m]	質量 [ton]	剛性 [kN/m]
10	1000	1750000	1000	1750000
9	1000	1750000	1000	1750000
8	1000	1750000	1000	1750000
7	1000	1750000	1000	1750000
6	1000	1750000	1000	1750000
5	1000	1750000	1000	1750000
4	1000	1750000	1000	1750000
3	1000	1750000	1000	1750000
2	1000	1750000	1000	1750000
1	1000	1750000	1000	1750000

Table3-2 Isolation layer specifications

免震層質量 [ton]	1500
降伏せん断力係数	0.03
降伏せん断力 [kN]	3381
免震周期 [s]	4.0
2次剛性 [kN/m]	28375.1
ハイリニア係数	0.1
1次剛性 [kN/m]	283751.1
弾性限度変形 [cm]	1.19

1000t モデルは、耐震建物が免震建物と同規模の場合を想定している。また、200t モデル及び 500t モデルの諸元は、前報その 2 と同様である。Figure3-2 に各モデルにおけるダンパーの設置限界角度の概略図を示す。

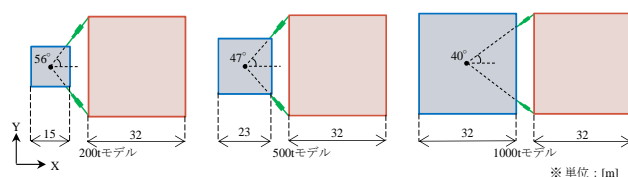


Figure3-2 Installation limit angle of the damper

Figure3-2 より、耐震建物の建物規模が大きくなるほど、

免震建物のダンパーの接合点と耐震建物の重心との距離が広がり、ダンパーの設置角度は減少することがわかる。Figure3-3 に各モデルに対して、ダンパーを設置限界角度とした時に、X 方向の目標耐震減衰定数を変化させた時の Y 方向の目標耐震減衰定数を示す。

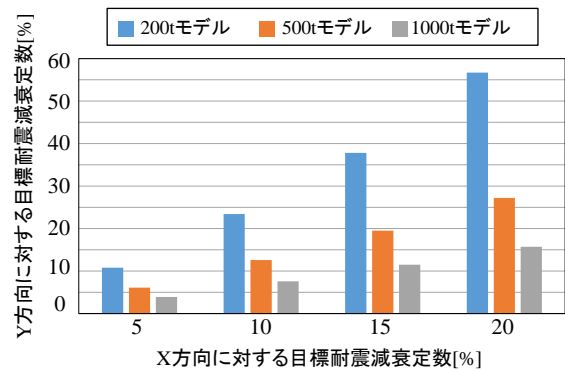


Figure3-3 Goal seismic attenuation constant in the Y direction in damper

Figure3-3 より、耐震建物の建物規模が大きくなるほど、ダンパーの設置限界角度時に、X 方向に対する目標耐震減衰定数を各モデルで統一した時の Y 方向に対する目標耐震減衰定数が減少していくことがわかる。例えば、X 方向に対する目標耐震減衰定数を 10% とした場合、Y 方向に対する目標耐震減衰定数は、200t モデルでは 23%、500t モデルでは 13%、1000t モデルでは 8% 以上付加できないことを意味している。つまり、耐震建物の建物規模が大きくなるほど、Y 方向に対する目標耐震減衰定数の上限が低くなると考えられる。

3.3 免震建物への高減衰の付加による制限

本節では、免震建物への高減衰の付加による応答値の悪化に対する検討を行っていく。検討モデルは前節と同様であり、ダンパーは設置限界角度をとっている。Figure3-4 に各モデルに対して、ダンパーを設置限界角度とした時に、X 方向の目標耐震減衰定数を変化させた時の X 方向・Y 方向の目標免震減衰定数を示す。既往の研究²⁾により、目標免震減衰定数は高くても 20%

1: 日大理工・教員・建築 2: 日大理工・学部・建築 3: 日大理工・院(前)・建築 4: 株式会社構造ソフト

までとし、それ以上の減衰を免震建物に付加させると、免震性能が悪化する可能性が指摘されている。

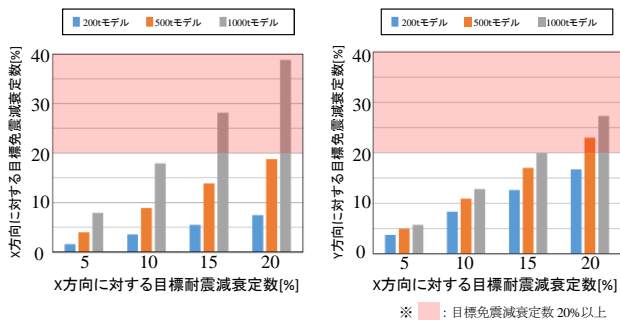


Figure3-4 goal seismic damping constant of the damper installation angle limit when (right:X direction left:Y direction)

Figure3-4 より、X 方向に対する目標免震減衰定数において、1000t モデルが X 方向に対する目標耐震減衰定数 15%及び 20%で、目標免震減衰定数 20%を超えていることがわかる。つまり、1000t モデルでは、X 方向に目標耐震減衰定数を 15%以上付加させると、免震建物の応答が悪化する可能性があることを意味している。Y 方向に対する目標免震減衰定数において、500t モデル及び 1000t モデルに対する X 方向の目標耐震減衰定数 20%で、目標免震減衰定数 20%を超えていることがわかる。これは、500t モデル及び 1000 t モデルにおいて、X 方向に対して目標耐震減衰定数 20%をとった場合、Y 方向に対する目標耐震減衰定数の最大値をとれないことを意味している。このため、ダンパーの設置角度を限界角度よりも小さくする必要があるといえる。

3.4 免震建物の回転による制限

免震建物の回転の応答値による耐震建物の建物規模の制限について検討を行う。検討方法は、回転の影響を受けやすい免震層の応答値を比較する。Figure3-5 に各モデルに対する Y 方向に効くダンパー量を示す。

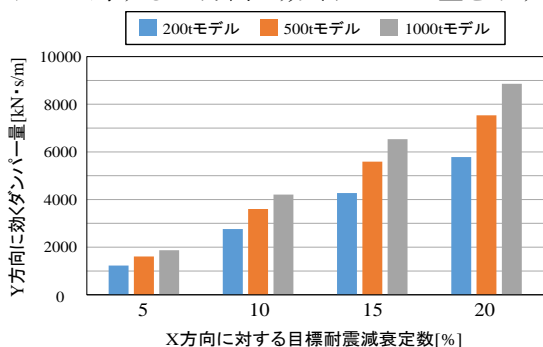


Figure3-5 Damper amount of work in the Y direction for each model

Figure3-5 に示すように、耐震建物の建物規模が大きくなるほど、X 方向に対する目標耐震減衰定数を付加させた時の Y 方向に効くダンパー量は増加することがわかる。また、前報の検討より、検討モデルが重心軸に対して対称であり、重心軸方向と入力方向が一致して

いるため、直交方向である Y 方向に効くダンパー量が免震建物の回転に寄与するといえる。Figure3-6 に各モデルに対する免震層の回転による応答値を示す。

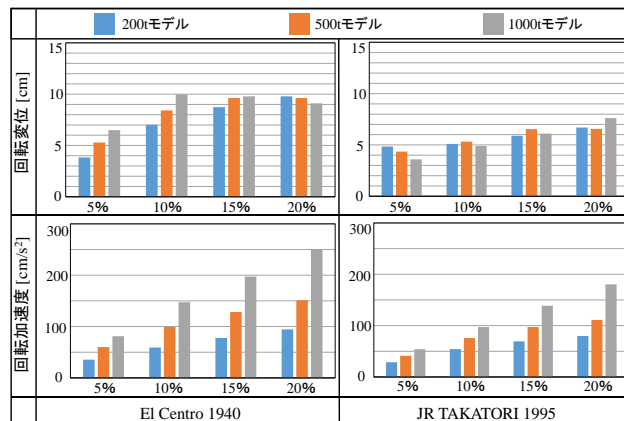


Figure3-6 Response value due to the rotation of the base isolation layer for each model

Figure3-6 に示すように、免震層の回転加速度において、耐震建物の建物規模が大きいほど、応答値が高くなっていることがわかる。免震層の回転変位においても概ねその傾向がみられるが、500t モデル及び 1000t モデルから、目標耐震減衰定数が 15%や 20%で、応答値が低減していることがわかる。これは、前節で示した、免震建物への高減衰の付加による影響だといえる。よって、回転の影響を軽減するためには、ダンパーの設置角度を限界角度よりも小さくし、直交方向に効くダンパー量を低減する必要があると考えられる。

3.5 まとめ

前々報その 1 では、立体モデルにおいて、連結制震システムの性能指定型設計法を適用させ、2 方向入力に対する有効性を示した。前報その 2 では、免震建物の回転を抑制し、耐震建物の応答を低減する手法を示した。だが、これには建物規模による制限があり、本報その 3 では、この制限について検討した。耐震建物規模と制震効果の関係を明確に示した。耐震建物規模が免震建物と同程度ある場合は、X・Y 方向の目標耐震減衰定数を 10%程度に収める必要がある事を示した。

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, 「免震建物と耐震建物の連結制震に関する研究 - 最適設計理論の適用性の検証と性能指定型設計法の提案 - 」, 日本大学大学院理工学研究科修士論文, 2013
- 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