

偏心した建物を免震化した際の検討 Consideration when seismically isolating an eccentric building

○羽中田翔梧³, 古橋剛¹, 小澤祐輝²

*Hanakata Shogo³, Huruhasi Takeshi¹, Ozawa Yuki²

Torsional vibration is caused by uneven distribution of the rigidity and weight of the structure, and the load bearing wall, etc., when the building receives earthquake motion. Therefore, in this study, we clarify the knowledge when we will not have any directionality when seismically isolating buildings with directionality. we analyze the time history response of two eccentric patterns of stiffness eccentricity which gradually moves stiffness, mass eccentricity which gradually moves the center of gravity, and examines displacement amount and the like.

1. はじめに

ねじれ振動とは建築物が地震動を受けた際に、構造物の剛性や重量、耐力壁の偏り等が原因で生じるものである。現行の設計では、時刻歴応答解析による設計では立体モデルを用いて X、Y 方向の応答値のみで評価しているが既往の研究¹では X、Y 方向の応答値に加えて、ねじれ振動を考慮すべきだとされている。そこで本検討では、方向性がある建物を免震化した際に、方向性を持たなくなるか知見を明らかにする。また重心と剛心が偏心した建物を免震化した際の、ねじれの挙動を検討する。今回は剛心を徐々に移動させる剛性偏心、重心を徐々に移動させる質量偏心の2つの偏心パターンを時刻歴応答解析して変位量等を検討する。

2. 検討モデルと検討方法

2-1. 検討モデル

本研究では図 2-1-1 に示す立体モデルと図 2-1 に免震履歴型ダンパーを設置した図 2-1-2 の免震立体モデルを用いる。スパンは縦横を 6m、高さを 4m とし、各節点番号を 1~13 で示す。図 2-1-2 においての 1-10, 2-11, 3-12, 4-13 の各節点間は免震履歴型ダンパーを設置しているものとする。剛性要素は、図 2-1-1 は 4 本の柱、図 2-1-2 は 4 本の柱と免震装置に縮約している。質量は両モデル、節点 5, 6, 7, 8 それぞれに 20t ずつ、節点 10, 11, 12, 13 それぞれに 5t ずつ、計 100t としている。今回検討に用いた免震装置は 1 次周期を 4 秒に設定し、MSS モデルとして、せん断バネ 12 本を 15 度ずつ配置し、方向性を持たせないように設定した。免震装置のせん断力係数は無視し、二次剛性のみで検討する。本検討は低層の構造物を対象とし、軸剛性を考慮しないものとする。

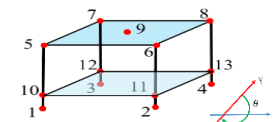


Fig. 2-1-1 stereo model

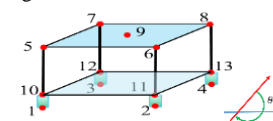


Fig. 2-1-2 Seismic isolation solid model

構造要素	記号	節点番号	設定
節点		1~13	-
柱	C1	1-5	-
	C2	2-6	
	C3	3-7	
	C4	4-8	
床	S1	5-6-8-7	剛床
	B1	5-6	
	B2	7-8	
	B3	5-7	
梁	B4	6-8	剛床∞
	D1	1-10	
	D2	2-11	
	D3	3-12	
免震層	D4	4-13	MSSモデル(無方向性)

2-2. 検討方法

剛性偏心の検討方法は、免震装置の剛性と各節点の質量は変化させず、柱の剛性を変化させ、剛心を移動させる。質量偏心は柱の剛性は変化させず、各節点の質量と免震装置の剛性を変化させ、重心を移動させる。検討モデル平面図を図 2-2-1、検討モデルの諸元を表 2-2-1 に示す。今回使用する地震波は JMA-KOBE 1995 NS 波である。

Table 2-2-1 Study model parameters

項目	方向	単位	値
質量	-	[ton]	100
層剛性	X方向	[kN/m]	2000
	Y方向	[kN/m]	2400
免震装置剛性	-	[kN/m]	80
偏心距離	X方向	[m]	0~1.5
	Y方向	[m]	0~1.5

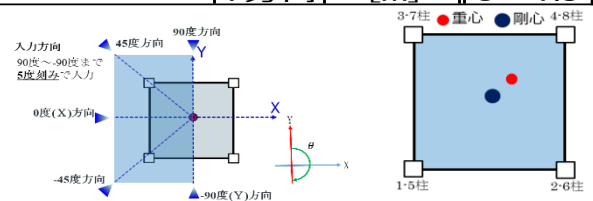


Fig. 2-2-2 Input Direction Definition

Fig. 2-2-1 Model plane

前項の検討モデルを用いて、重心と剛心を 0m から 1.5m まで 0.25m ずつ偏心距離を増加させ、時刻歴応答解析し変位量やねじれ応答を確認する。

3. 時刻歴応答解析結果

3-1. 剛性偏心時の各モデルの解析結果

今回は、もっともねじれが起きやすい偏心距離 (1.5, 1.5) の解析結果を示す。

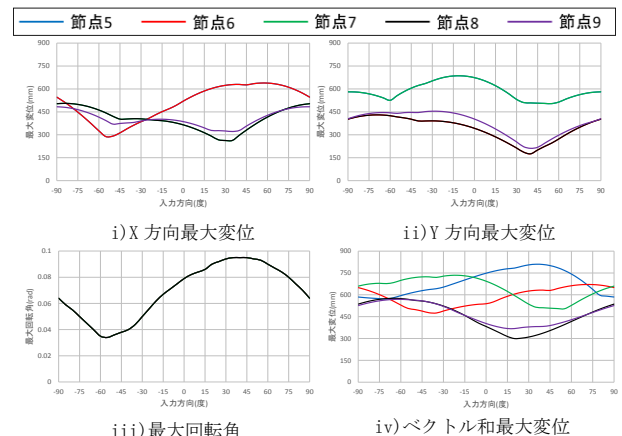


Fig. 3-1-1 Response analysis result of non-seismic model at stiffness eccentricity

図 3-1-1 より、X、Y 方向の最大変位と最大回転角を見ると 45 度方向が最も変位の差が大きいことがわかる。ベクトル和最大変位のグラフを見ると、45 度方向に入力されたとき、剛心から遠い節点 5 の変位が最も大きく、剛心に近い節点 8 の変位が最も小さい。これらより、45 度方向からの地震波の入力が、建物が最もねじれる危険性が高いと考えられる。

図 3-2.質量偏心時の各モデルの解析結果

次に偏心距離は変えず、免震化したモデルの時刻歴応答解析結果を示す。

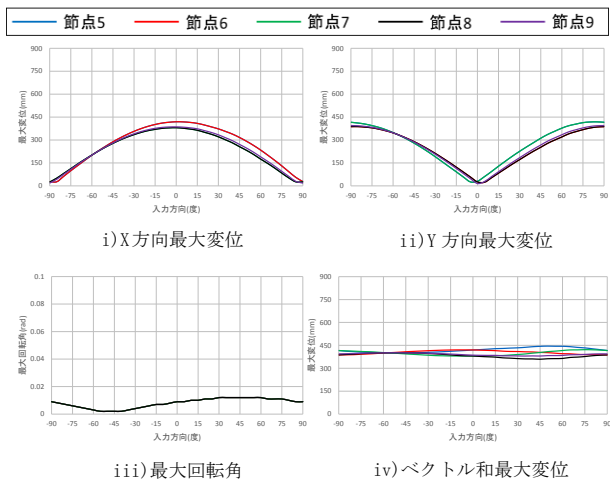


Fig. 3-1-2 Response analysis result of seismic isolation model at stiffness eccentricity

図 3-1-2 の応答解析結果を見ると、どの節点も変位量が減少していることがわかる。X、Y 方向の最大変位を見ると、各節点の変位量の差がかなり減少している。ベクトル和最大変位のグラフを見ると、45 度方向が節点 5 と節点 8 の変位量が最も差が出ている。しかし、先ほどより変位量の差は小さくなっているためねじれの危険性は低いと考えられる。

3-2.質量偏心時の各モデルの解析結果

次に前節と同じモデルを用いて、質量偏心したモデルを時刻歴応答解析する。偏心距離は前節と同じ(1.5,1.5)の解析結果を示す。

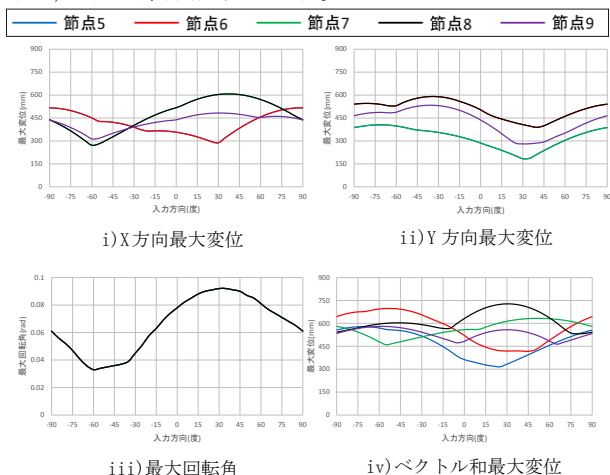


Fig. 3-2-1 Response analysis result of non-seismic model at center of gravity eccentricity

図 3-2-1 より、振動方向が 30 度方向のとき X、Y 方向の最大変位の差が最も大きいことが分かる。ベクト

ル和最大変位のグラフを見ると、30 度方向において節点 5 と節点 8 の変位の差が大きく、建物がねじれる危険性が高いと考えられる。

次に前節と同じように、偏心距離は変えず免震化したモデルの時刻歴応答解析結果を示す。

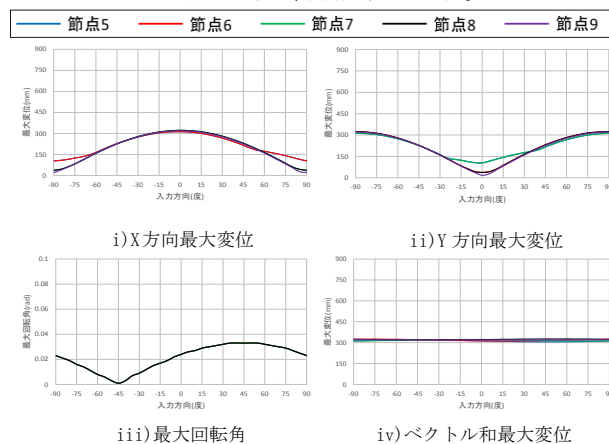


Fig. 3-2-2 Response analysis results on model of seismic isolation at center of gravity eccentricity

免震モデルの応答解析結果を見ると、どの節点も変位量が減少し、変位量の差も減少していることが分かる。ベクトル和最大変位のグラフを見ても、変位量の差は小さくなっているため、ねじれの危険性は低いと考えられる。

4. 時刻歴応答解析結果からの考察

解析結果を見ると、免震装置を設置することによって全体的にねじれ応答が低減できている。MSS モデル化の影響で、方向性がある建物が地震動の入力方向に影響を受けなくなり、方向性を持たなくなったことがわかる。免震層が設置されたモデルを比較すると、剛性偏心の場合、剛心が重心から離れ、偏心距離が増加するにつれてベクトル和の最大変位の差が大きくなる。一方、質量偏心の場合、重心が剛心から離れ偏心距離が増加するにつれてベクトル和の最大変位の差が小さくなる。また、剛性偏心と質量偏心の2つの偏心パターンで、どちらも検討モデルに振動方向やねじれ振動といった方向性が出てしまったが、免震化することにより、振動方向やねじれ振動が低減され、方向性を持たなくなった。

5. まとめ

本検討では、2つのモデルを剛性偏心、質量偏心させた状態で地震波を入力し時刻歴応答解析を行い、比較を行った。免震化したモデルを剛性偏心、質量偏心させた状態での地震波による変位量を比較すると、両モデルとも全体的に変位量が減少し、変位量の差も減少した。これにより、方向性がある建物を免震化すると振動方向やねじれ振動の影響を受けなくなり、方向性を持たなくなるという知見を得られた。

【参考文献】

- 1) 増澤拓也「並進とねじれの連成振動モードに関する基礎的研究」