

非比例減衰の影響を考慮した偏心建物に関する基礎的研究

Fundamental Research of Eccentric Building considered the influence of Proportional Decay

○4076 毛塚雅人², 古橋剛¹, 守安央克³

*Masato Kezuka², Takeshi Huruhashi¹, Hirokatu Moriyasu³

In former earthquake, buildings have possibility to collapse because of twist. Some research papers concluding, this twist vibration is occurred by eccentricity of rigidity. However recent constructions are designed by evaluation about eccentricity of x and y direction each and time history response analysis. For the reason, this research consider about influence of damping on eccentric building by using eccentric building model considered proportional decay.

1.はじめに

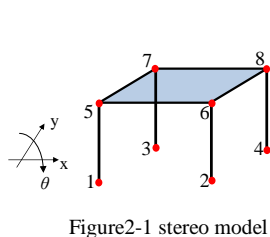
過去の震災より、建物はねじれが原因で崩壊することがあるとされている。このねじれ振動は建物における剛性の偏心によって生じることが様々な論文により結論づけられている。よって、建物における剛性の偏心は軽視できない問題である。

しかし、今日の偏心した構造物の設計は偏心率による評価や、時刻歴応答解析によって設計されている。これらによる設計では、x、y 方向の応答値によるねじれ振動を考慮した評価のみのため、現在の検討は十分に検討したとは言い難い。また、減衰は剛性比例で計算されることが多いが、オイルダンパーを配置した場合、剛性比例減衰ではなくなり、異なる結果となる。

そのため、本報では、偏心建物に非比例減衰を考慮したモデルを用いて、減衰が偏心建物に及ぼす影響を検討する。

2.解析方法

本検討では Figure2-1 に示す立体モデルを用いて検討を行う。スパンは縦横 6m、高さ 4m とし、各節点番号を 1~8 で示す。減衰要素と剛性要素は 4 本の柱に、質量は各節点に縮約し、以下の諸元を与える。このとき、C による h は 5% とした。また、本検討では軸剛性を考慮せず、座標は節点 5 を原点とし、B1 を X 軸、B3 を Y 軸とする。Table2-1 Structure element setting



	方向	単位	値	
質量	-	[ton]	100	
減衰	x方向	[kN・s/m]	44.7	
	y方向	[kN・s/m]	49.0	
剛性	x方向	[kN/m]	2000	
	y方向	[kN/m]	2400	
構造要素	記号	節点番号	設定	
床	S1	5-6-8-7	剛床	
	梁	B1	5-6	剛性∞
		B2	7-8	
		B3	5-7	
	B4	6-8		

また、1層 3 自由度の運動方程式は式(2-1)のように表せる。²⁾

$$M\ddot{d} + C\dot{d} + Kd = -M\dot{d}' \quad (2-1)$$

ここで、層質量を m とする。それぞれの軸方向の層減衰、層剛性をそれぞれ (C_x, C_y) 、 (K_x, K_y) とし、これらの偏心距離を (e_{dx}, e_{dy}) 、 (e_{rx}, e_{ry}) とする。さらに、重心周りのねじれ減衰、ねじれ剛性を C_θ 、 K_θ とし、床の回転慣性を I とする。このとき、減衰中心の偏

心距離 (e_{dx}, e_{dy}) および、重心周りのねじれ減衰 C_θ は剛性の偏心距離 (e_{rx}, e_{ry}) および、重心周りのねじれ剛性 K_θ と同様にして求めた。これらを用いて、x, y, θ 方向の力のつり合い式より以下の行列が得られる。

$$M = \begin{bmatrix} m & & \\ & m & \\ & & I \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} x \\ y \\ \theta \end{bmatrix} \quad d' = \begin{bmatrix} \dot{x}_0 \\ \dot{y}_0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} C_x & & C_x e_{dx} \\ & C_y & -C_y e_{dy} \\ C_x e_{dx} & -C_y e_{dy} & C_\theta \end{bmatrix} \quad K = \begin{bmatrix} K_x & 0 & K_x e_{rx} \\ 0 & K_y & -K_y e_{ry} \\ K_x e_{rx} & -K_y e_{ry} & K_\theta \end{bmatrix}$$

この行列式を用いて固有値問題を解く際、標準固有値よりモードが生じる方向を算出し、応答を検討することは困難である。そこで、本検討では固有値解析を行わず、時刻歴応答解析によって応答の検討を行う。本検討では入力地震動に JMAKOBÉ 1995 NS を使用し、入力方向は x 軸方向に対して -90 度から 90 度まで 5 度刻みで入力する。このとき、x 軸に対して時計回りを正とする。

3.検討モデルと解析結果

3-1. 剛性無偏心モデルの解析

Figure2-1 のモデルに対し、重心座標、剛性座標を節点 5 より x 方向、y 方向ともに 3.0m、減衰中心座標を x 方向、y 方向ともに 3.0m から 4.5m まで 0.5m 刻みで設定した検討モデルを作成する。時刻歴解析を行った結果のうち、傾向の大きい 2 つのモデルを以下にまとめる。Figure3-1 から Figure3-3 はモデル平面図と入力方向ごとの回転変位および各時刻における変位のベクトル和の最大値を図に示す。●:重心 ●:剛性 ●:減衰中心

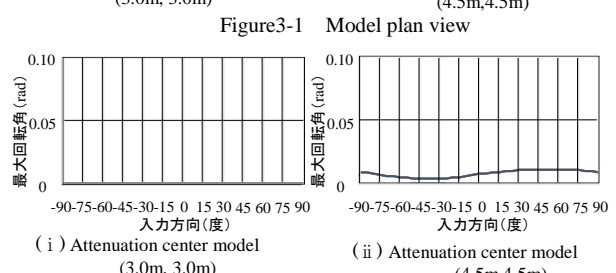
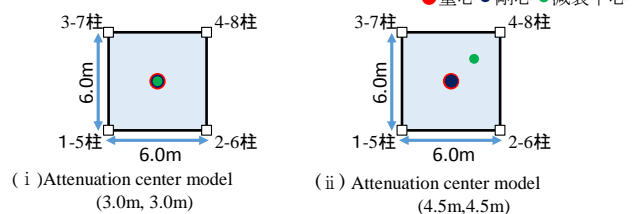


Figure3-2 Relationship between input method and rotational displacement

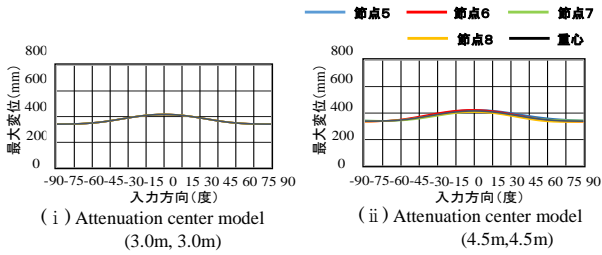


Figure3-3 Relationship between input method and rotational displacement

Figure3-2 より、無偏心時に回転は生じてないが、減衰中心を偏心させることで最大0.01radの回転変位が生じていることが分かる。よって、減衰が偏心した場合でもねじれ応答は生じると言える。しかし、Figure 3-3 より無偏心時に対する減衰中心を偏心させたときの最大変位は2%の増加ということから、建物全体の応答には大きな影響を及ぼしていないといえる。

3-2. 剛性偏心モデルの解析

3-1 節と同様に Figure2-1 のモデルに対し、重心座標、剛心座標を節点 5 から x 方向, y 方向ともに 3.5m, 減衰中心座標を x 方向, y 方向ともに 1.5m から 4.5m まで 0.5m 刻みに設定した検討モデルを作成する。時刻歴解析を行った結果のうち、傾向の大きい 2 つのモデルを以下にまとめる。Figure3-4 から Figure3-5 はモデル平面図と入力方向ごとの回転変位および各時刻における変位のベクトル和の最大値を図に示す。

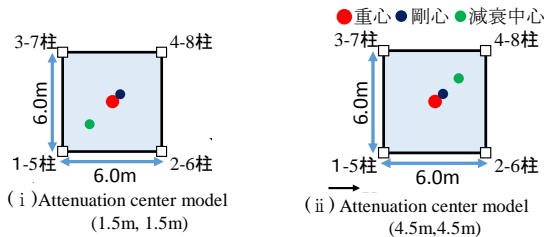


Figure3-4 Model plan view

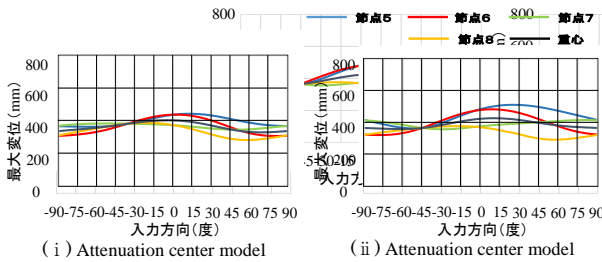


Figure3-5 Relationship between input method and sum of vectors

Figure3-5 より、剛性の偏心距離が小さい場合には、減衰中心の位置が変化しても応答の傾向に大きな差異はないことが分かる。これより、剛性の偏心が小さい場合、減衰中心の位置を考慮する重要性は低いと言える。しかし、剛性の偏心方向に減衰が偏心し、偏心距離が大きくなるとベクトル和が大きくなっていくことから、減衰中心が剛心より外側に設計すると、建物全体で偏心が増大し、応答が悪くなると言える。

次に、剛性の偏心距離を大きくして同様の検討を行う。Figure2-1 のモデルに対し、重心座標、剛心座標を節点 5 から x 方向, y 方向ともに 3.5m, 減衰中心座標を x 方向, y 方向ともに 1.5m から 4.5m まで 0.5m 刻みに設定した検討モデルを作成する。時刻歴解析を行った結果のうち、傾向の大きい 2 つのモデルを以下にまとめる。Figure3-6 から Figure3-7 はモデル平面図と入力方向ごとの回転変位および各時刻における変位のベクトル和の最大値を図に示す。

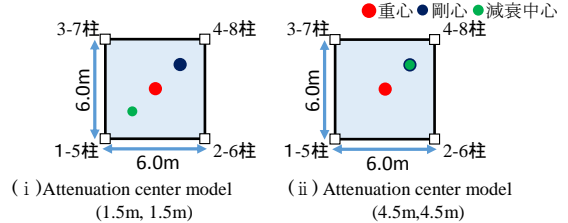


Figure3-6 Model plan view

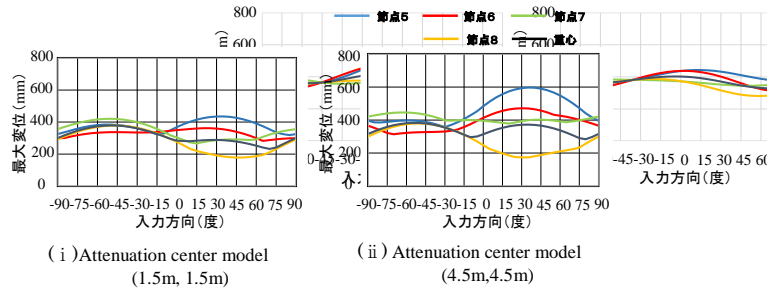


Figure3-7 Relationship between input method and sum of vectors

Figure3-7 より、剛性の偏心距離が大きい場合に減衰中心の位置が剛心から離れるほど応答が小さくなるのがわかる。これより、剛性の偏心が大きい時は減衰中心の位置を考慮する重要性は高い。また、剛心と減衰中心が離れていると応答が抑えられていることから、減衰中心は剛心から重心を挟んで大きく偏心していると大きな効果が得られると言える。

では、非比例減衰を用いて減衰中心と剛心偏心建物に及ぼす影響について検討した。

減衰中心の偏心は建物にねじれを生じさせるが、応答への影響は少ないことを示した。そのうえで、建物全体の偏心は、減衰中心を剛心よりも外側に設計をするとねじれが大きくなることを示した。剛性の偏心が小さい場合は、減衰位置で応答の傾向は変化せず、減衰位置を考慮する重要性は低い。剛性の偏心が大きい場合は、剛心と減衰中心は重心を挟んで反対方向に設計することで減衰が効果的にはたらくことが分かった。

今後の検討として、減衰中心の位置を剛性の偏心方向からずらしたモデルにおける検討を行う。

【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」
- 2) 柴田明德「最新耐震構造解析第2版」森山出版 2003.05