

粘性減衰を用いた偏心建物の制御に関する基礎的研究

剛心と減衰中心の配置を考慮した応答の検討

Fundamental study on eccentric buildings controlled by viscous damping

Study on response considered by the positioning between center of rigidity and damping

○淵泉貴文<sup>2</sup>,古橋剛<sup>1</sup>,毛塚雅人<sup>3</sup>

\*Takahumi Fuchiizumi<sup>2</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>1</sup>, Masato Kezuka<sup>3</sup>

Abstract: In the past earthquakes, there were many buildings collapsed by twist. One of the reasons of twist vibration is occurred by eccentricity of rigidity. In this paper, this research consider the response controlled by the positioning between center of rigidity and damping, and consider the most effective positioning.

1.はじめに

過去に起きた震災の中にねじれが原因で崩壊したと思われる建物が確認されている。このようなねじれ振動が発生する原因の一つに、剛性の偏心がある。ここでは、剛性の偏心を取り上げる。

まず、既往の研究<sup>1)</sup>では、剛性と減衰が偏心するとねじれが生じ、それぞれの偏心距離によって応答が変化すると結論付けられている。そこで、剛性偏心した建物に対して、オイルダンパーなどの減衰の配置を考慮した場合、偏心応答は制御できるのかを本報で問題提起する。本報では、剛心と減衰の位置関係による応答制御の検討を行い、最も効果的な位置関係を検討する。

2.検討方法

本検討では、Figure 2-1 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。

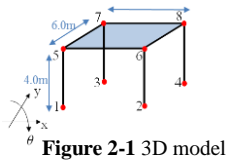


Figure 2-1 3D model

Table 2-1 Elements of the examination model

|    | 方向  | 単位     | 値    |
|----|-----|--------|------|
| 質量 | —   | ton    | 100  |
|    | —   | —      | —    |
| 剛性 | x方向 | kN/m   | 2000 |
|    | y方向 | kN/m   | 2400 |
| 減衰 | x方向 | kN·s/m | 400  |
|    | y方向 | kN·s/m | 480  |

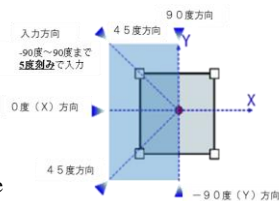


Figure 2-2 Input direction

x 方向の一次固有周期  
T = 1.25s

また、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 JMAKOBE 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。また今回は、x 方向の一次固有周期 1.25(s) を使用したとき、剛性の大きさと減衰の大きさが 1:1 になるようにし、解析を行い検討する。

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| $m\ddot{x} + kx = 0$ $\omega^2 = \frac{k}{m}$ $\text{固有周期 } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ | $ x  =  A  \cos \omega t$ $ \dot{x}  =  \omega A  \sin \omega t$ | <p><b>x 方向</b></p> $k = 2000(\text{kN/m})$ $c = 400(\text{kN}\cdot\text{s/m})$ $F_k : F_c = kA : c\omega A$ $= k : c\omega$ $= 2000 : 400 \cdot 5$ $= 2000 : 2000$ $= 1 : 1$ | <p><b>y 方向</b></p> $k = 2400(\text{kN/m})$ $c = 480(\text{kN}\cdot\text{s/m})$ $F_k : F_c = kA : c\omega A$ $= k : c\omega$ $= 2000 : 480 \cdot 5$ $= 2400 : 2400$ $= 1 : 1$ |
|---|--|--|--|

剛性  $F_k = kx = kA$     減衰  $F_c = cv = c\omega A$   
 $F_k : F_c = kA : c\omega A$   
 固有周期  $T = 1.25(\text{s})$      $\omega = 5(\text{rad/s})$

3.調査方法

本検討では、一軸偏心と二軸偏心のモデルを使用する。まず、一軸偏心のモデルは、剛心の偏心距離が 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m の 4 つのモデルでそれぞれ時刻歴応答解析を行う。このとき、それぞれの柱に与える減衰を変化させ、減衰中心を偏心距離 0.5m から 2.5m まで 0.5m 刻みで x 方向に動かしていき、応答の変化を見ていく。同様に、二軸偏心のモデルでも剛心と減衰中心を動かし、柱 1-5 の方向に動かしていき、応答の変化を検討する。

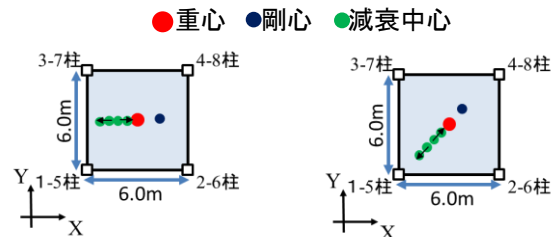


Figure 3-1 Uniaxial eccentric model

Figure 3-2 Biaxial eccentric model

Table 3-1 Elements of uniaxial eccentric

|      | 方向  | 偏心距離      |
|------|-----|-----------|
| 剛性   | x方向 | 0.5m~2.0m |
|      | y方向 | 0m        |
| 減衰中心 | x方向 | 0.5m~2.5m |
|      | y方向 | 0m        |

Table 3-2 Elements of biaxial

|      | 方向  | 偏心距離      |
|------|-----|-----------|
| 剛性   | x方向 | 0.5m~2.0m |
|      | y方向 | 0.5m~2.0m |
| 減衰中心 | x方向 | 0.5m~2.5m |
|      | y方向 | 0.5m~2.5m |

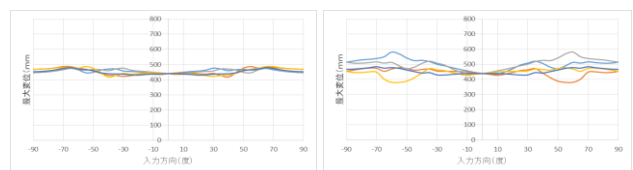
4.解析結果

4-1.一軸偏心モデルの時刻歴応答解析結果

まず、一軸偏心のモデルで、時刻歴解析を行った結果のうち、剛心の偏心距離が 0.5m, 1.0m のモデルで、減衰の偏心距離が 0.5m から 1.5m までの結果を図に示す。

Rigidity eccentricity=R.E    Damping eccentricity=D.E

— 節点 5    — 節点 6    — 節点 7    — 節点 8    — 重心



i) R.E 0.5m    D.E 0.5m

ii) R.E 1.0m    D.E 0.5m

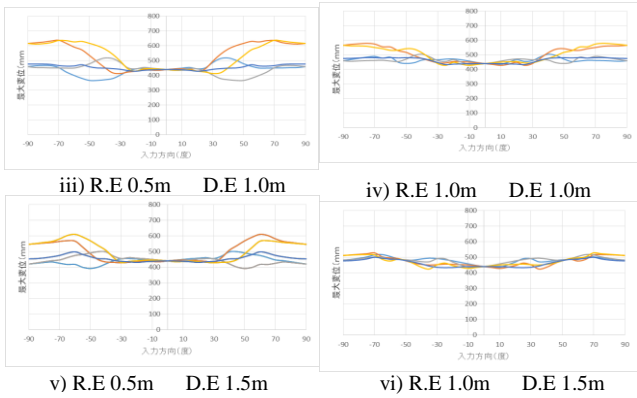


Figure 4-1-1 Relationship between input direction and vector sum of nodes

結果から、剛性と減衰中心の偏心距離が等しいとき、応答が最も小さくなる傾向があることがわかる。

また、剛性と減衰中心の偏心距離の差が大きくなると応答が大きくなることから、減衰が大きく偏心した場合でも、建物に影響を及ぼすと言える。

— 節点 5 — 節点 6 — 節点 7 — 節点 8 — 重心

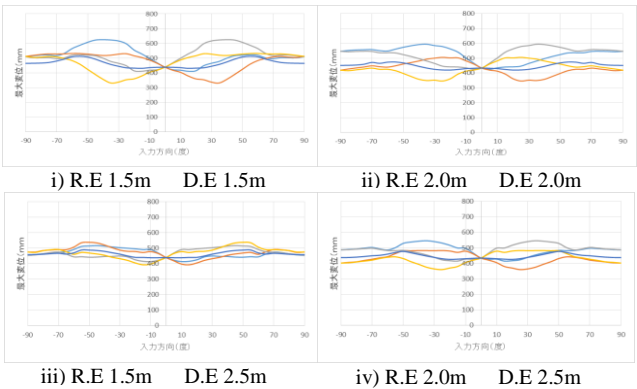


Figure 4-1-2 Relationship between input direction and vector sum of nodes

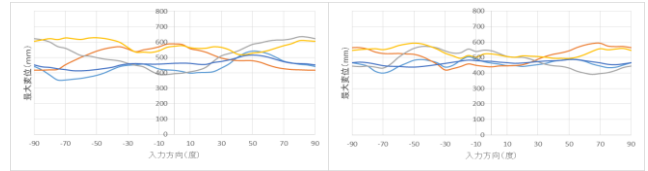
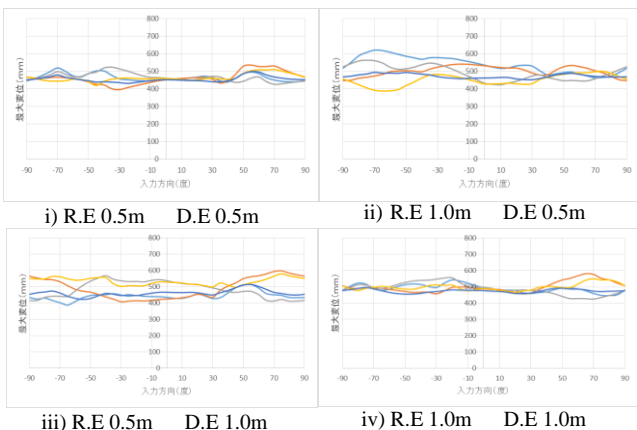
また、先ほど剛性の偏心距離と減衰中心の偏心距離が等しいとき、応答が最も小さくなると示した。

しかし、剛性偏心距離 1.5m を超えると、偏心距離が等しいときに応答が小さくならない結果となり、減衰で偏心応答を打ち消すことが難しくなる。

#### 4-2. 二軸偏心モデルの時刻歴応答解析結果

二軸偏心のモデルで時刻歴解析を行った結果のうち、剛心の偏心距離が 0.5m, 1.0m のモデルで減衰の偏心距離が 0.5m から 1.5m までの結果を図に示す。

— 節点 5 — 節点 6 — 節点 7 — 節点 8 — 重心

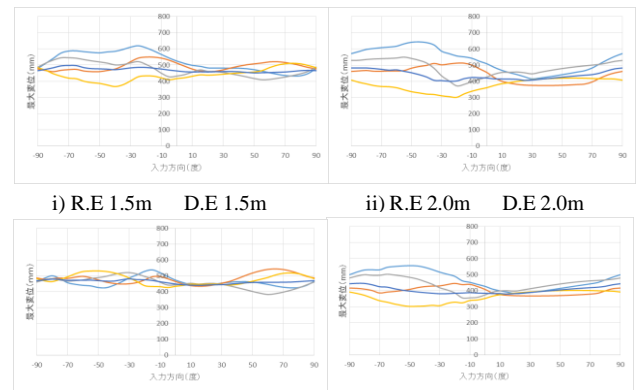


v) R.E 0.5m D.E 1.5m vi) R.E 1.0m D.E 1.5m

Figure 4-2-1 Relationship between input direction and vector sum of nodes

結果から、剛性の偏心距離と減衰中心の偏心距離が等しいとき、応答が最も小さくなる傾向があることがわかる。また、剛性と減衰中心の偏心距離の差が大きくなると応答が大きくなることから、減衰が大きく偏心した場合、建物に影響を及ぼすと言える。

— 節点 5 — 節点 6 — 節点 7 — 節点 8 — 重心



iii) R.E 1.5m D.E 2.5m iv) R.E 2.0m D.E 2.5m

Figure 4-2-2 Relationship between input direction and vector sum of nodes

また、一軸偏心の時と同様に、剛性偏心距離 1.5m を超えると、偏心距離が等しいとき応答が小さくなくなり、減衰で応答を消すことが難しくなる。

#### 5. 考察

解析結果を見ると、一軸偏心、二軸偏心ともに、剛性と減衰の大きさが 1:1 で偏心距離が等しい時、偏心応答を小さくすることができる。しかし、現行の設計基準の偏心率 0.3 を超えるあたりから、偏心距離を等しくした場合でも応答は小さくできなくなった。また、剛性の偏心距離が大きくなるにつれて応答が大きくなることから、剛性の偏心距離が大きくなると、減衰の位置を考慮しても、効果的に応答を制御することが難しいと言える。剛性と減衰の偏心距離の差が大きいと応答も大きくなることから、減衰の偏心でもねじれが生じる。本検討では、一軸偏心と二軸偏心のモデルで、剛性と減衰中心の偏心距離を変化させ、時刻歴応答解析を行い比較した。偏心建物は、オイルダンパーなどを使用し、剛性と減衰の大きさが 1:1 のとき偏心距離を等しくすることで、現行の基準である偏心率 0.3 までは、概ね応答を制御できるといふ知見が得られた。

#### 6. 参考文献

[1] 守安央克「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」、日本大学 卒業論文