

# 論文 剛性・耐力偏心を有する建物の弾塑性地震応答性状

淵脇 常貴\*1・小暮 祝津夫\*2・前田 匡樹\*3・長田 正至\*4

**要旨：**剛性偏心は地震の際にねじれ振動をもたらし、しばしば過大変形の原因となると指摘されている。また、大地震により塑性化した建物は耐力偏心によってさらにねじれ振動が増大し局所的に過大変形が生じる場合もあると考えられる。本研究では、1層1軸偏心モデルの弾塑性地震応答解析を行い、塑性化後の偏心建物の最大応答変位および最大応答ねじれ角は剛性偏心よりもむしろ耐力偏心の影響を大きく受けるという結果が得られた。また、偏心建物の柔側フレームを各フレームの剛性および耐力差の20%から40%程度割り増すことで無偏心建物と同程度の最大応答変位に低減することができる。

**キーワード：**剛性・耐力偏心, 1層1軸偏心モデル, 弾塑性地震応答解析, 耐力の偏心率

## 1. はじめに

壁の偏在などによる剛性偏心は地震の際にねじれ振動をもたらし、しばしば過大変形の原因になると指摘されている<sup>1)</sup>。また、大地震により塑性化した建物は部材の降伏耐力の偏在によってさらにねじれ振動が増大し、局所的に過大変形が生じる場合もあると考えられる。現行の建築基準法の耐震計算では、平面的な剛性のバランスが悪い建物に対して偏心率に関する規定が存在するが、必要保有水平耐力割り増しの  $F_e$  (形状係数)の根拠は必ずしも明らかでなく<sup>2)</sup>、耐力偏心に関する規定がないなどの問題点がある。これまでも偏心率や  $F_e$  に関する研究<sup>3)</sup>があるが、本研究では1層1軸偏心モデルの弾塑性地震応答解析によって、剛性・耐力偏心が応答変位および応答ねじれ角に及ぼす影響について検討し、偏心建物の応答制御法について考察を行った。

## 2. 解析手法

### 2.1 解析モデルの概要

本研究では偏心建物の基本性状を把握するため、図-1のような単純な平面を有する1層建物(1層1軸偏心モデル)を用いて解析を行った。1層

1軸偏心モデルには柔側フレーム、剛側フレームを設定し、一軸のみ偏心を生じさせた。形状は一辺の長さ  $L=6(m)$ の正方形で、建物の柱脚は完全固定とし建物と地盤の相互作用は考慮しないこととした。また剛床を仮定し、質量は剛床に一樣に分布させ質量による偏心はないものとした。

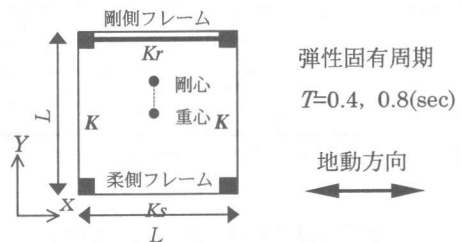


図-1 1層1軸偏心モデル

### 2.2 フレームの復元力特性

フレームの曲げばねの復元力モデルには鉄筋コンクリート部材を想定した修正 Clough モデル(降伏後の剛性低下係数は 0.01)を用いた。また耐力割り増しモデルを除き、各フレームの合計の保有水平耐力は  $Q_y=0.3W$  ( $W$ :建物重量)とした。

### 2.3 剛性偏心の設定

解析モデルの弾性剛性は  $X, Y$ 方向同一とし、

\*1 日本鋼管(株) (正会員)

\*2 群馬県庁

\*3 横浜国立大学 助教授 工学部 建設学科, 博士(工学) (正会員)

\*4 横浜国立大学 教授 工学部 建設学科, 工博 (正会員)

無偏心モデルの弾性固有周期が  $T=0.4, 0.8(\text{sec})$  となるように設定した。さらに、 $Y$  方向にのみ剛心を移動させ剛性偏心を生じさせた。すなわち、 $Y$  方向は各フレームの剛性を  $K$  で同一とし、 $X$  方向は図-2 のように柔側フレーム、剛側フレームそれぞれの剛性  $Ks, Kr$  を  $Ks+Kr=2K$  となるように設定した。図中の破線は無偏心モデルの復元力特性を示す。剛性偏心は現行の建築基準法で定義されている偏心率  $R_e$  をパラメータとして  $R_e=0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  の 6 通りとなるように  $Ks, Kr$  を定めた<sup>[4]</sup>。表-1 に無偏心モデルに対する各フレームの剛性の倍率を、表-2 に偏心モデルのそれぞれの固有モードの弾性周期を示す。

表-1 各フレームの剛性の倍率

偏心率	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
剛側	1.00	1.14	1.28	1.41	1.52	1.63
柔側	1.00	0.86	0.72	0.59	0.48	0.37

表-2 偏心モデルの固有モードの弾性固有周期

偏心率	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
1次	1.00	1.01	1.03	1.07	1.11	1.16
2次	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3次	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.55

(単位は  $T$ : 無偏心モデルの弾性 1 次固有周期)

## 2.4 耐力の偏心率の定義と耐力偏心の設定

耐力偏心の設定は、水平剛性を降伏耐力に置き換えて算出した耐力の偏心率、 $R_e$  をパラメータとして用いる。図-3 のように柔側フレーム、剛側フレームの降伏後の変位  $\delta_s, \delta_r$  が等しいと仮定した場合、降伏後の等価剛性の剛心、 $r_lx, r_ly$  は次式ようになる。

$$\begin{aligned} r_lx &= \frac{\sum(Q_Y \cdot Y)}{\sum Q_Y} \\ r_ly &= \frac{\sum(Q_X \cdot X)}{\sum Q_X} \end{aligned} \quad (1)$$

ここに  $Q_X, Q_Y$  は耐震要素の各部材耐力

$X, Y$  はその耐震要素の座標

これから降伏後の偏心距離が求まる。

$$\begin{aligned} r_eX &= |r_lx - g_x| \\ r_eY &= |r_ly - g_y| \end{aligned} \quad (2)$$

ここに  $g_x, g_y$  は重心座標

また弾力半径も同様に水平剛性を降伏耐力に置き換え、

$$\begin{aligned} r_r eX &= \sqrt{\frac{(Q_X \cdot \bar{Y}^2) + \sum(Q_Y \cdot \bar{X}^2)}{\sum Q_X}} \\ r_r eY &= \sqrt{\frac{(Q_X \cdot \bar{Y}^2) + \sum(Q_Y \cdot \bar{X}^2)}{\sum Q_Y}} \end{aligned} \quad (3)$$

ここに  $\bar{X} = X - r_lx, \bar{Y} = Y - r_ly$

したがって、耐力の偏心率は

$$\begin{aligned} R_e X &= r_eX / r_r eX \\ R_e Y &= r_eY / r_r eY \end{aligned} \quad (4)$$

となる。この耐力の偏心率、 $R_e$  は、等価剛性の偏心率と等しくなる。 $(Kr/Ks = Qr/Qs)$  つまり、耐力の偏心率、 $R_e$  は塑性化した建物の剛性の偏心率を示しているといえる。(ただし、実際は柔側フレームの降伏変位  $\delta_s$  のほうが大きくなるため、剛性の偏心率  $R_e$  より影響は大きいものと考えられる) 耐力の偏心率、 $R_e$  のパラメータは、剛性の偏心率と同様に、 $r_e R_e = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  の 6 通りとし、図-4 のように柔側フレーム、剛側フレームの降伏耐力  $Qs, Qr$  (ただし、 $Qs < Qr$  とする) を定めた。

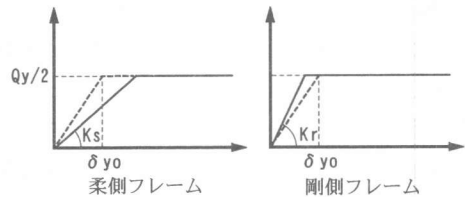


図-2 剛性偏心させた場合

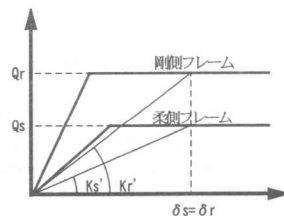


図-3 耐力の偏心率の定義