

# 斜め構面を有する建物の剛心・偏心率の評価方法に関する研究

栗田研究室 5106089 山澤 正和

## 1. 研究背景と目的

1981年の新耐震基準法改正で、ねじれ振動による建物の倒壊を防ぐために偏心率の規定が導入され、約30年が経過したが、偏心率の算定で重要な剛心の計算方法については確立されているとは言い難いため、剛心・偏心率の精度に関しては調査されていない。

そこで本研究では、現在構造計算で使用されている剛心・偏心率の計算方法を整理し、その精度について適切な値が得られる1層建物モデルを用い、数値解析によって検証する。

## 2. 剛心・偏心率の計算方法

不整形な建物での剛心・偏心率の計算方法を提示する。現在使用されている代表的な鉛直部材の主軸の剛性の評価方法を整理する。

### 2.1 不整形な建物での剛心・偏心率の計算方法<sup>2)</sup>

図2のように、柱は主軸2方向の剛性を持つ。なお耐震壁は面内方向のみに剛性を持つ。各鉛直部材の主軸方向の剛性  $D_i$  は応力解析結果のせん断力  $Q_i$  と水平変位  $\delta_i$  から計算する。

$$D_i = Q_i / \delta_i \quad \dots(1)$$

剛床の原点における外力  $P_o(P_x, P_y, M)$  と変位  $U_o(u_x, u_y, \theta)$  との関係式は次式となる。

$$\begin{Bmatrix} P_x \\ P_y \\ M \end{Bmatrix} = \sum \begin{bmatrix} D_i \cos^2 \alpha_i & D_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i & -D_i \cdot l_i \cos \alpha_i \\ D_i \cos \alpha_i \sin \alpha_i & D_i \sin^2 \alpha_i & -D_i \cdot l_i \sin \alpha_i \\ -D_i \cdot l_i \cos \alpha_i & -D_i \cdot l_i \sin \alpha_i & D_i \cdot l_i^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_x \\ u_y \\ \theta \end{Bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} k_{xx} & k_{xy} & k_{x\theta} \\ k_{yx} & k_{yy} & k_{y\theta} \\ k_{\theta x} & k_{\theta y} & k_{\theta\theta} \end{bmatrix} \quad \dots(2)$$

剛床仮定より、力のつり合い、変位の関係を用い、座標変換を行うと剛心の座標  $(X_s, Y_s)$  は次式で表すことができる。

$$X_s = \frac{k_{xy} \cdot k_{\theta x} - k_{xx} \cdot k_{\theta y}}{k_{xy} \cdot k_{yx} - k_{xx} \cdot k_{yy}}, Y_s = \frac{k_{yy} \cdot k_{\theta x} - k_{yx} \cdot k_{\theta y}}{k_{xy} \cdot k_{yx} - k_{xx} \cdot k_{yy}} \quad \dots(3)$$

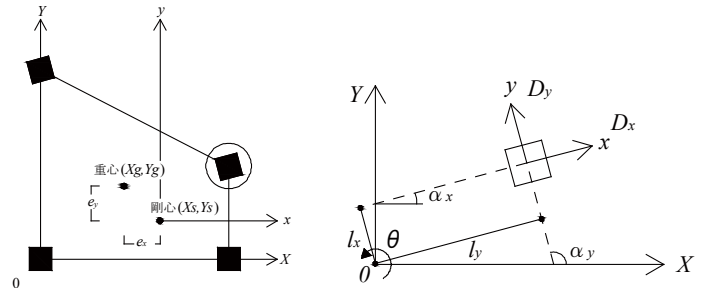


図1 重心と剛心の位置関係 図2 原点と鉛直部材の剛性の関係

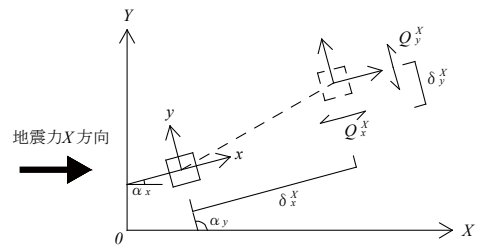


図3 X方向加力時の鉛直部材の変位とせん断力

$X, Y$  方向の偏心距離  $(e_x, e_y)$  は、重心  $(X_g, Y_g)$  及び剛心  $(X_s, Y_s)$  の座標から次式のように計算される。(図1参照)

$$e_x = |X_s - g_x|, e_y = |Y_s - g_y| \quad \dots(4)$$

$X, Y$  方向に対する偏心率  $R_{ex}, R_{ey}$  は次式によって求められる。

$$R_{ex} = \frac{e_y}{r_{ex}}, R_{ey} = \frac{e_x}{r_{ey}} \quad \dots(5)$$

$r_{ex}, r_{ey}$ :  $X, Y$  方向の弾力半径

### 2.2 鉛直部材の主軸の剛性の評価の整理

(1)式の鉛直部材の主軸の剛性の評価方法が計算方法1, 2, 3と本研究で考案する最適化手法でそれぞれ異なる。各計算方法での部材の水平剛性の評価方法、せん断力と変位の関係  $(Q-\delta)$  を表1に記載する。 $D_i$  を主軸  $(i$  方向)の剛性、 $Q_i^i$  を  $I$  方向加力時の主軸  $(i$  方向)のせん断力、 $\delta_i^i$  を  $I$  方向加力時の主軸  $(i$  方向)の変位、 $\alpha_i$  を鉛直部材の主軸方向の角度、 $\theta_i$  を加力方向の角度とする。(図3参照)

表1 鉛直部材の水平剛性の評価方法

計算方法 1	計算方法 2	計算方法 3	最適化手法
一方向から加力し、部材の主軸方向のせん断力と変位から剛性を算出する。	$X$ 方向、 $Y$ 方向加力のせん断力と変位を重ね合わせ重みづけし、剛性を算出する。	$X$ 方向、 $Y$ 方向加力のせん断力を比較し、大きい値を用いてそれに併せた変位から剛性を算出する。	$X$ 方向、 $Y$ 方向加力のせん断力と変位を用い、最小二乗法により誤差が最小となる剛性を算出する。
$D_x = \frac{Q_x^x}{\delta_x^x}$	$D_x = \frac{Q_x^x \cos(\alpha_i - \theta_i) + Q_y^y \sin(\alpha_i - \theta_i)}{\delta_x^x \cos(\alpha_i - \theta_i) + \delta_y^y \sin(\alpha_i - \theta_i)}$	$D_x = \frac{Q_x^{XorY}}{\delta_x^{XorY}}$	$D_x = \frac{(Q_x^x \cdot \delta_x^x + Q_y^y \cdot \delta_y^y)}{(\delta_x^x)^2 + (\delta_y^y)^2}$

### 3. 解析結果と考察

#### 3.1 理論値（適切な剛心・偏心率が得られる値）

固有値解析に用いる骨組み全体の剛性マトリクスを用い、全体曲げ変形も考慮した計算方法（理論値）を判断基準とする。これは 1 層の建物において剛心・偏心率を適切に評価できる計算方法である。

#### 3.2 対象建物及び解析方法

図 4 に示すモデル 1 とモデル 2 を用いて斜め構面を有する建物の剛心・偏心率について検討を行う。両モデルとも RC 造 1 層で、モデル 1 は耐震壁を有するモデルである。モデル 2 は梁が斜めに接合した純ラーメン構造のモデルである。階高は 4m とし、部材の断面寸法は表 2 に示す。次に各計算方法から得られた剛性を使用し、加力方向を変化させたときの剛心・偏心率の検討を行う。加力方向は反時計回りを正とし、5 度刻みで X 軸からなす角度が -45 度～45 度を対象に行う。

#### 3.3 モデル 1 の剛心・偏心率の検討

図 5 より、計算方法 1, 3 で剛心はわずかに変動しているが、偏心率への影響はほぼない。これは耐震壁の剛性が層の水平剛性を占有していることと、柱の Y 方向のせん断力が生じないことから各計算方法での差があまり表れなかったと考えられる。また、計算方法 1 の 10 度加力時、変位が微小な値になり、壁 W2 の剛性が他の加力方向のときに比べて約 10 倍である。剛性が適切に評価されていないことが剛心・偏心率に影響を及ぼしていると考えられる。

#### 3.4 モデル 2 の剛心・偏心率の検討

図 6 より、計算方法 1, 3 は剛心が大きく変動し、偏心率も安定した値となっていないことがわかる。これは各部材の剛性の評価が適切でないと考えられる。剛心  $Y_s$  は偏心率  $R_{ex}$  に影響を与え、剛心  $X_s$  は偏心率  $R_{ey}$  に影響を与えている。

各計算方法と理論値の剛心の値を比較したとき、剛心  $X_s$  は計算方法 1, 2, 3 では 9.5% の誤差が生じ、最適化手法では 1.3% の誤差となった。剛心  $Y_s$  は計算方法 1, 2, 3 では 5.3% の誤差が生じ最適化手法では 4.6% となった。剛心  $X_s$  は計算方法 1, 2, 3 と最適化手法の計算誤差は約 7 倍生じていることがわかる。なお、計算方法 1, 3 は加力方向によって剛心が変わるので 0 度加力時の剛心を使用した。また各計算方法と理論値の偏心率の値を比較したとき、偏心率  $R_{ey}$  は計算方法 1, 2, 3 では 11.7% の誤差が生じ、最適化手法では 1.0% の誤差となった。

#### 4. 結論

計算方法 1, 3 は鉛直部材の主軸の剛性で負剛性が生じた場合や変位が微小である場合に適切な剛性の評価できないことがある。このことが加力方向を変化させたときの剛心・偏心率の変動につながる。したがって、複雑な建物の値を算出する際にこれらの計算方法を使用できるとは言い難い。剛心の座標を各計算方法と理論値で比較すると、最適化手法が最も理論値に近い値となる。多層モデルを対象としたときの剛心・偏心率の算定方法を構築していくことが今後の課題である。

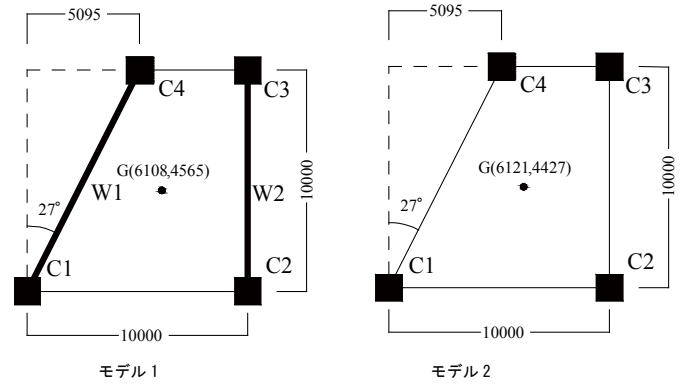


図 4 建物平面図

表 2 部材断面寸法

柱[mm]	耐震壁[mm]	基礎梁[mm]	大梁[mm]
600×600	150[幅厚]	350×1500	350×700

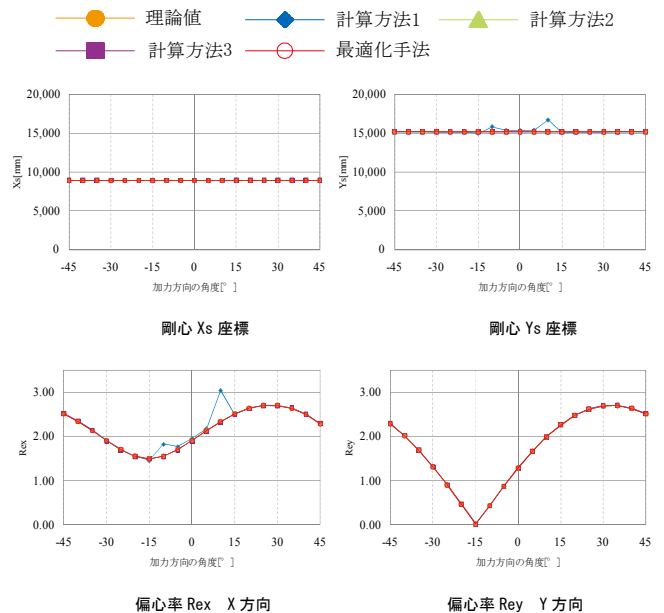


図 5 モデル 1 加力方向を変えたときの剛心と偏心率の関係

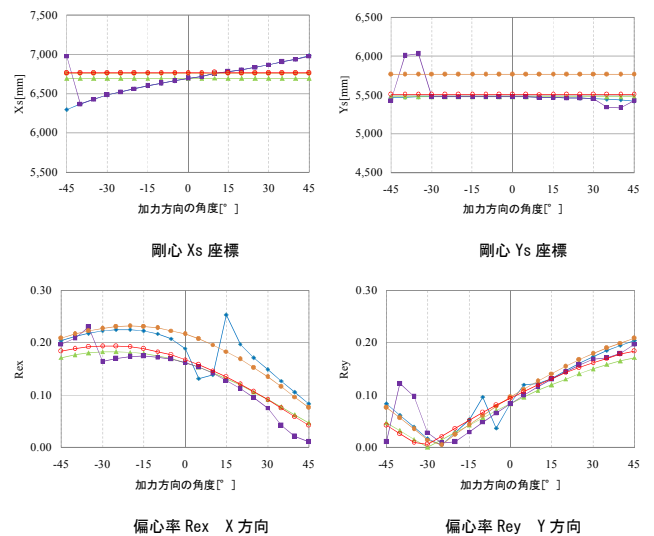


図 6 モデル 2 加力方向を変えたときの剛心と偏心率の関係

参考文献 1) 「建築物の構造関係技術基準解説書」 全国官報販売協同組合

2) 「構造物の振動」 志賀敏夫著, 共立出版