

# 低層建築物の耐震性能に関する研究

## －その1 検討用モデル－

日大生産工(院) ○甲地 哲也 日大生産工 藤本 利昭

### 1 まえがき

建築物の耐震設計における構造計算方法には、様々な検討法が建築基準法に示されている。それらの検討法は、通常建築物の規模により決定され、建築物が高くなるほどその検討方法が限定される。一方、小規模な建築物については、様々な検討法が適用可能だが、一般的には、許容応力度設計が用いられている。

そこで本研究では、低層の建築物モデルを用いて、設計法の違いによる建物の性能評価の差異を検討した。本報では、選定した検討用モデルの概要について報告する。

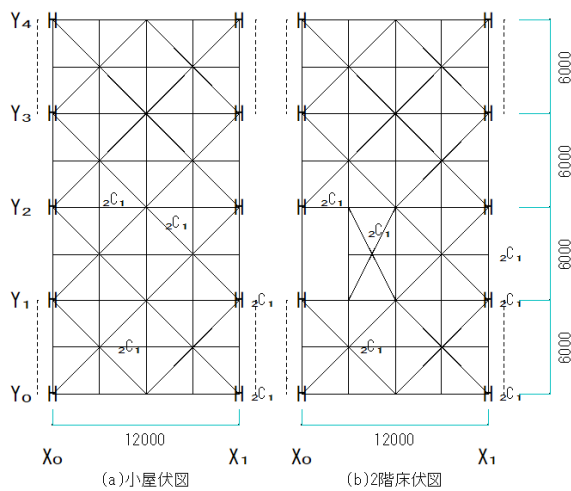


図1 伏図

### 2 検討用モデル

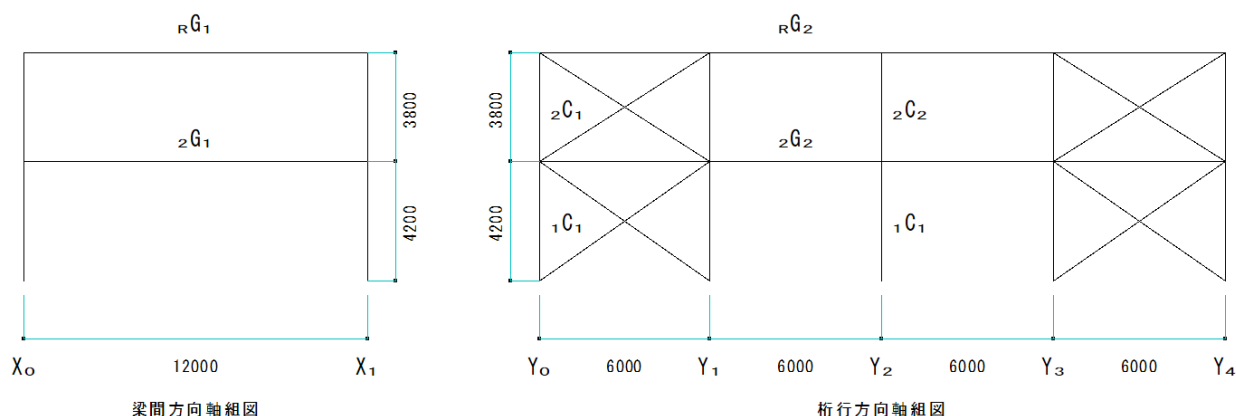
#### 2.1 建物概要

今回検討対象とした建物の概要を表1に、伏図、軸組図を図1、2に示す。本建築物は、文献1)に示された例題建物である。文献1)は、初学者向けの手計算による例題であり、本研究においても、最初に手計算により確認することにした。

表1 建物の概要

|                       |      |                                           |
|-----------------------|------|-------------------------------------------|
| 建築物の用途                |      | 事務所                                       |
| 規模                    |      | 地上2階建                                     |
| 地盤                    |      | 第1種地盤                                     |
| 構造概要                  |      | 鉄骨構造<br>独立基礎                              |
| 仕<br>上<br>げ<br>概<br>要 | 屋根   | デッキプレート<br>軽量コンクリート<br>露出防水               |
|                       | 床    | デッキプレート<br>軽量コンクリート<br>塩ビシート張り            |
|                       | 外壁   | ALC版<br>吹付けタイル(外部)<br>モルタル下地クロス張り<br>(内部) |
|                       | 天井   | 軽量鉄骨下地繊維板張                                |
|                       | 窓出入口 | アルミサッシ<br>アルミドア                           |

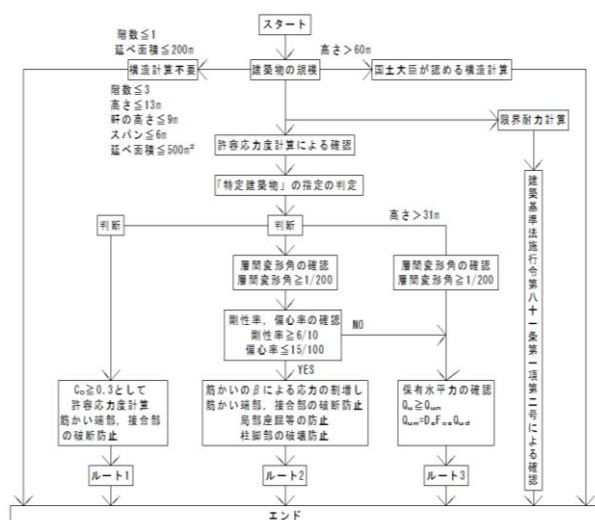
Study on seismic performance of low-rise building  
Part 1 Model for review  
Tetsuya KATCHI and Toshiaki FUJIMOTO



## 2.2 設計方針

本計算の設計方針として、建築基準法および日本建築学会の規準・指針に準拠して行い、算定に当たっては、X 方向純ラーメン、Y 方向ブレース構造として算定する。

ラーメンの算定は、鉛直荷重時は固定モーメント法、水平荷重時は D 値法によることとした。柱脚は固定とし、その固定度を確保するとともに、柱脚のモーメントは地中梁に負担させるものとした。基礎は独立基礎と、柱の軸力のみを負担する。上部構造は鉄骨造とし、使用材料は SN400 材とした。耐震ルートの選定は、図 3 より X, Y 両方向ともルート 2 を選んで設計する。



## 2.3 地盤

地盤の許容地耐力度は、地盤調査を行い、その結果に基づいて定めなければならないが、計算例では第1種地盤(岩盤、硬質砂礫層)を想定し、地盤の長期許容応力度 $f_{\ell}=150\text{kN/m}^2$ と仮定した。なお、短期許容応力度は、 $f_{\ell}=150 \times 2=300\text{kN/m}^2$ とする。

### 3 準備計算

### 3.1 荷重計算

まずは、対象とした建築物の固定荷重と積載荷重を計算した。

屋根、2階床の荷重一覧を表2、3に示す。

表2 屋根荷重表

|      | 床計算用 | 小梁計算用 | 梁・柱計算用 | 地震用  |
|------|------|-------|--------|------|
| 固定荷重 | 2700 | 2900  | 3200   | 3200 |
| 積載荷重 | 600  | 600   | 300    | 0    |
| 全荷重  | 3300 | 3500  | 3500   | 3200 |

表3 2階床荷重表

|      | 床計算用 | 小梁計算用 | 梁・柱計算用 | 地震用  |
|------|------|-------|--------|------|
| 固定荷重 | 2300 | 2500  | 2800   | 2800 |
| 積載荷重 | 3000 | 3000  | 1800   | 800  |
| 全荷重  | 5300 | 5500  | 4600   | 3600 |

### 3.2 剛比の算定

剛比の算定は、部材の曲げに対する剛さ(剛度)を表す比で、断面積や断面二次モーメントから計算する。剛比の算定結果をまとめて表4に示す。なお、本設計例は合成梁としない関係上、梁の剛比は鉄骨梁だけで算出した<sup>2)</sup>。

表4 剛比一覧 (標準剛度  $K_0=39.83\text{cm}^3$ )

| 部材名   | メンバー               | $I(\text{cm}^4)$ | $L(\text{cm})$ | $K(\text{cm}^3)$ | $k$ |
|-------|--------------------|------------------|----------------|------------------|-----|
| 柱 2C  | H390×300<br>×10×16 | 38700            | 380            | 101.84           | 2.6 |
| 柱 1C  | H390×300<br>×10×16 | 38700            | 420            | 92.14            | 2.3 |
| 梁 2G1 | H500×200<br>×10×16 | 47800            | 1200           | 39.83            | 1.0 |
| 梁 1G1 | H600×200<br>×11×17 | 77600            | 1200           | 64.66            | 1.6 |

なお、標準剛度  $K_0=39.83\text{cm}^3$  は、 $k \geq 1.0$  とするため、柱・梁の剛度で最小値の柱の剛度を標準剛度とした。

### 3.3 地震力

地震力の計算において、検討する建物の設定条件を表5に示す。

この条件の基で、算出した地震力を表6に示す。

表5 設定条件

|          |                                             |
|----------|---------------------------------------------|
| 建築物の高さ   | $h=8.1\text{m}$                             |
| 地域係数     | $Z=1.0$                                     |
| 一次固有周期   | $0.03h=0.243\text{秒}$                       |
| 振動特性係数   | $R=1.0$                                     |
| 層せん断分布係数 | $A=1+(1/\sqrt{\alpha_i}-\alpha_i)2T/(1+3T)$ |
| 標準せん断力係数 | $C_0=0.2$                                   |

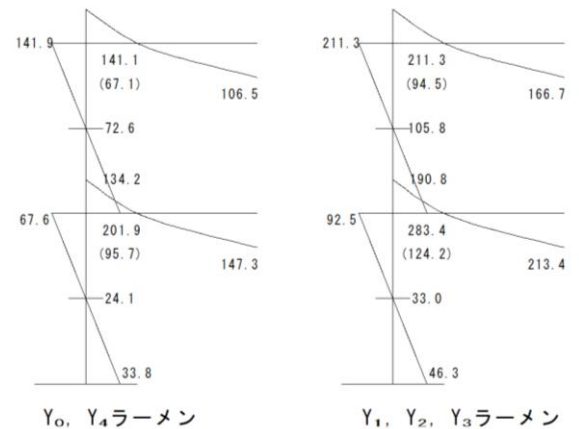
表6 地震力一覧

| 階 | $W_i$  | $\Sigma W_i$ | $\alpha_i$ | $A_i$ | $C_i$ | $Q_i$ |
|---|--------|--------------|------------|-------|-------|-------|
| 2 | 1158.5 | 1158.5       | 0.446      | 1.296 | 0.259 | 300   |
| 1 | 1440.0 | 2598.5       | 1.000      | 1.000 | 0.200 | 520   |

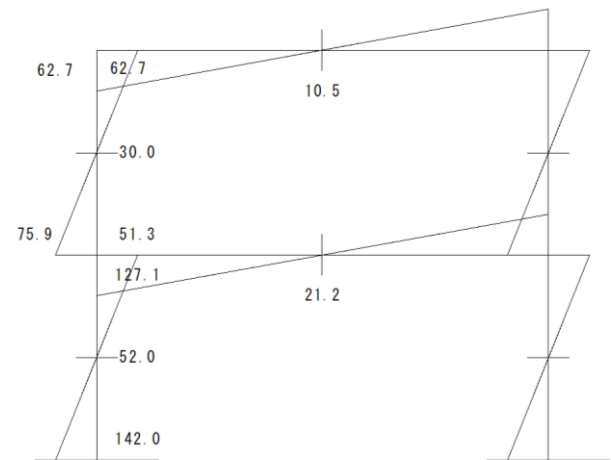
今回水平力の算定に関しては、風圧力に対して地震力が十分に大きいため、地震力のみをチェックする。積雪荷重による応力は、風や地震による応力よりも小さいため、考慮しないこととした。

### 3.4 応力計算

図2(a)(b)にそれぞれ、鉛直荷重時と水平荷重時のラーメン応力図を示す。



(a) 鉛直荷重時



(b) 水平荷重時

図4 ラーメン応力図

### 3.5 層間変形角

ラーメン方向(X方向)とブレース方向(Y方向)の層間変形角の一覧を表7に示す。

層間変形角は、全ての階で1/200以下であることを確認した。

表7 層間変形角の検討

ラーメン方向(X方向)

| 階 | $Q_i$ | $\Sigma D_i$ | $K_0$ | $h_i$ | $\delta_i$ | $\alpha_i$ | 判定  |
|---|-------|--------------|-------|-------|------------|------------|-----|
| 2 | 300   | 5.20         | 39.83 | 380   | 0.83       | 1/457      | YES |
| 1 | 520   | 10.10        | 39.83 | 420   | 0.90       | 1/467      | YES |

ブレース方向(Y方向)

| 階 | $Q_B$ | $\Sigma D_B$ | $h_i$ | $\delta_i$ | $\alpha_i$ | 判定  |
|---|-------|--------------|-------|------------|------------|-----|
| 2 | 300   | 736.8        | 380   | 0.41       | 1/927      | YES |
| 1 | 520   | 1345.6       | 420   | 0.39       | 1/1077     | YES |

### 3.6 剛性率及び偏心率

表8に剛性率の一覧を示す。各階の剛性率は、それぞれ0.6以上であることを確認した。

表8 剛性率の検討

ラーメン方向

| 階 | $r_s$ | $\bar{r}_s$ | $R_s$ | 判定  |
|---|-------|-------------|-------|-----|
| 2 | 457   | 462         | 0.99  | YES |
| 1 | 467   |             | 1.01  | YES |

ブレース方向

| 階 | $r_s$ | $\bar{r}_s$ | $R_s$ | 判定  |
|---|-------|-------------|-------|-----|
| 2 | 927   | 1002        | 0.93  | YES |
| 1 | 1077  |             | 1.07  | YES |

建築基準法では、偏心率( $R_e$ )を0.15以下と定められている。本計算例の場合、柱軸方向力の分布、D値の分布ともに対称であり、重心・剛心は図心にあるので、偏心率の検討は不要である。

## 4 部材断面の設計

### 4.1 梁

梁の断面計算は応力計算の結果より設計応力を求め、梁に生じる曲げモーメントM、せん断力Qにより断面仮定を行い、その断面の安全性の確認と、たわみについても検討を行った。

梁を設計する手順として、H形鋼の断面性能から、修正係数、細長比を求めた後に許容曲げ応力度を求め、その後曲げ応力度と許容曲げ応力度を比較する。

せん断力を受けるH形鋼は、その全てをウェブが負担すると考え、せん断応力度が許容せん断応力度以下になるように設計する。梁材のたわみは、1/300以下である制限がある。安全側の値として、単純梁と仮定して算出する<sup>3)</sup>。

表9 梁の検討

| 梁名                      | $rG_1$                 |      | $zG_1$                 |      | $rG_2$               | $zG_2$                |
|-------------------------|------------------------|------|------------------------|------|----------------------|-----------------------|
| 断面                      | H500×<br>200×10<br>×16 |      | H600×<br>200×11<br>×17 |      | H300×<br>150×5<br>×9 | H350×<br>175×7<br>×11 |
|                         | 長期                     | 短期   | 長期                     | 短期   | 長期                   | 長期                    |
| $\sigma_b=M/Z$          | 1.11                   | 1.43 | 1.09                   | 1.58 | 0.80                 | 0.73                  |
| $\sigma_b/f_b \leq 1.0$ | 0.69                   | 0.59 | 0.68                   | 0.66 | 0.60                 | 0.45                  |
| $\tau=Q/A_w$            | 0.20                   | 0.22 | 0.20                   | 0.23 | 0.14                 | 0.16                  |
| $\tau/f_s \leq 1.0$     | 0.22                   | 0.16 | 0.22                   | 0.17 | 0.15                 | 0.17                  |
| $\delta/l \leq 1/300$   | 1/632                  |      | 1/857                  |      | 1/667                | 1/857                 |

鉄骨梁の検討結果を表9に示す。いずれの梁も許容応力度およびたわみ制限を満足していることが分かる。

### 4.2 柱

鉄骨柱の結果を表10に示す。

表10 柱の検討

| 柱名 | $zC_1$                 |      | $zC_1$                 |      | $zC_2$                 |      | $zC_2$                 |      |
|----|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|------|
| 断面 | H390×<br>300×10<br>×16 |      | H390×<br>300×10<br>×16 |      | H390×<br>300×10<br>×16 |      | H390×<br>300×10<br>×16 |      |
|    | 長期                     | 短期   | 長期                     | 短期   | 長期                     | 短期   | 長期                     | 短期   |
| 1  | 0.72                   | 1.03 | 0.34                   | 0.91 | 1.07                   | 1.38 | 0.41                   | 0.99 |
| 2  | 0.07                   | 0.08 | 0.17                   | 0.19 | 0.11                   | 0.11 | 0.25                   | 0.28 |
| 3  | 0.50                   | 0.47 | 0.34                   | 0.48 | 0.75                   | 0.63 | 0.45                   | 0.55 |
| 4  | 0.20                   | 0.29 | 0.07                   | 0.22 | 0.29                   | 0.38 | 0.09                   | 0.24 |
| 5  | 0.22                   | 0.21 | 0.08                   | 0.16 | 0.31                   | 0.27 | 0.10                   | 0.17 |

1,  $\sigma_b=M/Z$  2,  $\sigma_c=N/A$  3,  $\sigma_b/f_b+\sigma_c/f_c \leq 1.0$  4,  $\tau=Q/A_w$   
5,  $\tau/f_s \leq 1.0$

## 5 まとめ

以上、検討対象としたモデルの概要を示した。本報では引用文献に従い、手計算による許容応力度計算による検討結果を示した。今後の研究では、手計算及び構造計算プログラムにより、他の設計法によって検討を行う予定である。

### 「参考文献」

- 1) 〈建築のテキスト〉編集委員会：初めての建築構造設計，学芸出版社，p46，2001
- 2) 高梨晃一，福島暁男：基礎からの鉄骨構造，森北出版，p187，2003
- 3) 宮下真一，藤田香織：初学者の建築講座 建築構造設計（第二版），市ヶ谷出版社，p131-136，2017