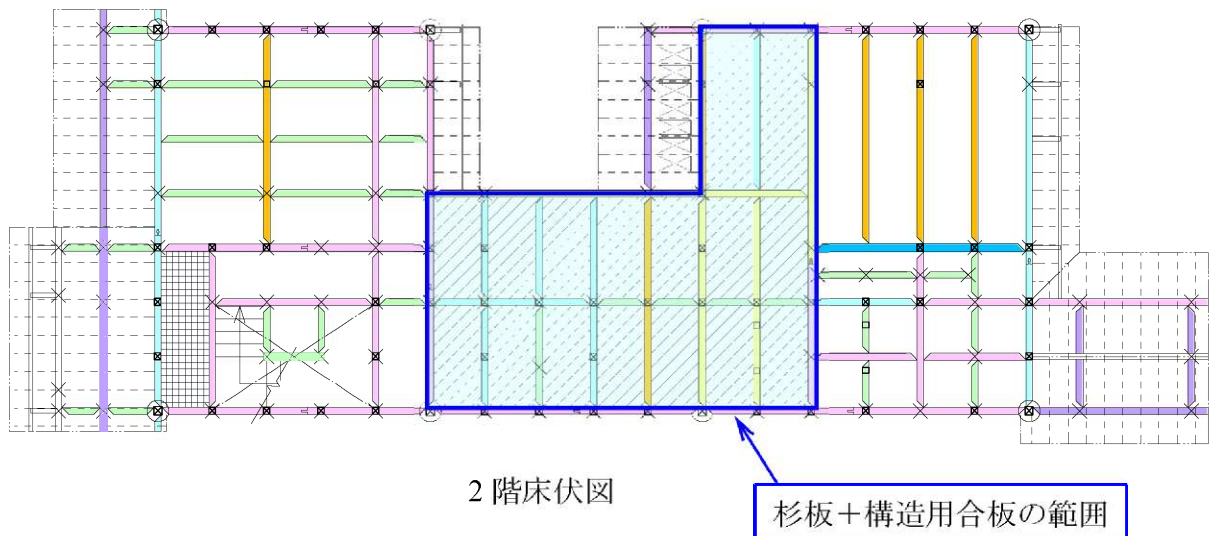


## 9) 2階床の剛性および耐力

### a) 基本方針

2階床は、「①杉板のみ」と「②杉板＋構造用合板」の2種類がある。X8～X15間は1階Y方向耐力壁間の距離が長いため、この範囲のみ構造用合板を追加する。①杉板のみの範囲と②杉板＋構造用合板の範囲は、床剛性をそれぞれ変えて解析を行う。



### b) 2階床（①杉板のみ）の復元力特性

2階床のうち、①杉板のみの、(一社)木を活かす建築推進協議会「耐力要素の強度性能評価書」床構面（床板くぎ打ち 根太なし）（平成22年3月版）」（以下、評価書という）を基に設定する。評価書に記載の適用範囲（試験体 H-3-③）と本設計の屋根面仕様を下表に示す。

| 項 目 |      | 評価書に記載の適用範囲<br>【 試験体名：H-3-③ 】 | 本設計の床面仕様                |
|-----|------|-------------------------------|-------------------------|
| 床 板 | 樹種   | スギ                            | スギ                      |
|     | 断面寸法 | 厚 30 × 幅 180 mm               | 厚 30 × 幅 180 mm         |
|     | 本実寸法 | 厚 10 × 高 10mm                 | 厚 10 × 高 10mm           |
|     | 密度   | 0.4g/cm <sup>3</sup> 程度       | 0.4g/cm <sup>3</sup> 程度 |
|     | 含水率  | 15%以下                         | 15%以下                   |
|     | 留め付け | 3-N75                         | 3-N75                   |
| 梁、桁 | 樹種   | スギ                            | ペイマツ                    |
|     | 断面寸法 | 幅 120 × せい 180 mm 以上          | 幅 120 × せい 180～360 mm   |
|     | 含水率  | 20%以下                         | 20%以下                   |

評価書より試験体 H-3-③の復元力特性を以下に示す。

### 3. 特性値

特性値は以下のとおりとする。ただし、この値は、低減係数 $\alpha$ を乗じる前のものである。利用に当たっては、適切に $\alpha$ を考慮する必要がある。

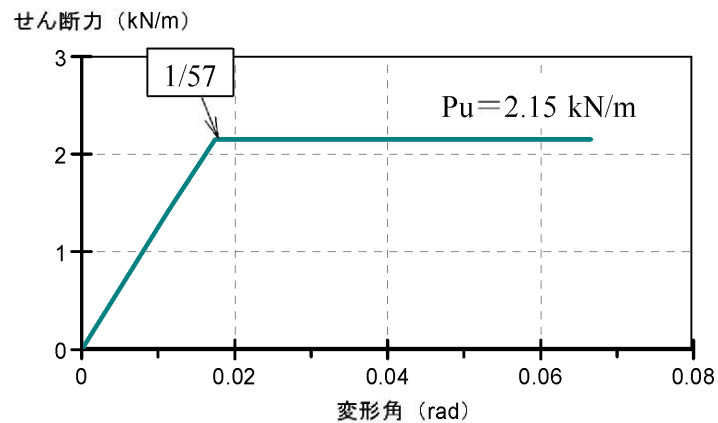
| 仕 様              | $P_y$<br>(kN/m) | $\frac{0.2P_u}{D_s}$<br>(kN/m) | $\frac{2}{3}P_{max}$<br>(kN/m) | $P_{(1/150rad)}$<br>(kN/m) | Min<br>(kN/m) | $P_u$<br>(kN/m) | K<br>(kN/rad/m) | $\gamma_y$<br>( $\times 10^{-3}rad$ ) | $\gamma_v$<br>( $\times 10^{-3}rad$ ) | $\gamma_u$<br>( $\times 10^{-3}rad$ ) | $\mu$ | Ds   | 破壊形式<br>(当該破壊形式の数/<br>試験体数) |
|------------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------|------|-----------------------------|
| H-3-①            | 1.12            | 0.73                           | 1.54                           | 0.76                       | 0.73          | 1.74            | 72              | 16.0                                  | 24.8                                  | 66.7                                  | 2.69  | 0.48 | スギ板のズレ(3/3)                 |
| H-3-②            | 6.86            | 6.14                           | 8.50                           | 5.42                       | 5.42          | 11.88           | 733             | 9.5                                   | 16.4                                  | 58.7                                  | 3.59  | 0.40 | くぎ頭の抜け(3/3)                 |
| H-3-③            | 1.43            | 1.09                           | 1.71                           | 1.11                       | 1.09          | 2.15            | 130             | 11.5                                  | 17.5                                  | 66.7                                  | 3.81  | 0.39 | スギ板のズレ(3/3)                 |
| H-3-④            | 7.36            | 6.16                           | 8.91                           | 4.90                       | 4.90          | 12.56           | 677             | 11.2                                  | 19.0                                  | 65.1                                  | 3.43  | 0.41 | くぎ頭の抜け(3/3)                 |
| H-6-①            | 1.63            | 1.25                           | 2.25                           | 1.29                       | 1.25          | 2.63            | 135             | 12.4                                  | 20.2                                  | 66.7                                  | 3.30  | 0.42 | スギ板のズレ(3/3)                 |
| 信頼水準 75%の 50%下限値 |                 |                                |                                |                            |               |                 | 平均値             | 最小値                                   | $\frac{\gamma_u}{\gamma_v}$           | $\frac{1}{\sqrt{2\mu-1}}$             |       |      |                             |

※特定変形角時の耐力は、タイロッド式であることから真のせん断変形角の 1/150rad 時の値を用いた。

(評価書より抜粋)

H-3-③ : 採用

床構面 ①杉板の復元力特性



c) 2 階床 (②杉板+構造用合板) の復元力特性

②杉板+構造用合板の復元力特性は、杉板の復元力特性と構造用合板の復元力特性を重ね合わせたものとする。杉井対の復元力特性は、前述の①杉板のみの値を用いる。構造用合板の復元力特性は、(財)日本住宅・木材技術センター「木造軸組工法住宅の許容応力度設計 (2008)」P.368 の算定式より求める。

i) 面材貼り床のせん断剛性・降伏モーメント・終局モーメント・塑性率

$$\text{せん断剛性 } K : K = \frac{K_0}{H} \quad (\text{N/rad})$$

$$\text{回転剛性 } K_0 : K_0 = A_w \cdot \Delta K_0 \quad (\text{Ncm/rad})$$

$$\text{単位面積当たりの回転剛性 } \Delta K_0 : \Delta K_0 = \frac{1}{\left(\frac{1}{I_{xy} \cdot k} + \frac{1}{G_B \cdot t}\right)} \quad (\text{N/rad} \cdot \text{cm})$$

$$\text{降伏モーメント } M_y : M_y = A_w \cdot \Delta M_y$$

$$\text{単位面積当たりの降伏モーメント } \Delta M_y : \Delta M_y = Z_{xy} \cdot \Delta P_v$$

$$\text{終局モーメント } M_u : M_u = A_w \cdot \Delta M_u$$

$$\text{単位面積当たりの終局モーメント } \Delta M_u : \Delta M_u = C_{xy} \cdot M_y$$

$$\text{釘で決まる面材の靱性率 } \mu : \mu = \frac{\delta_u \cdot G_B \cdot t + \delta_v \cdot I_{xy} \cdot k}{\delta_v \cdot (G_B \cdot t + I_{xy} \cdot k)}$$

本設計で採用する仕様は、面材 15mm、釘 N90 である。木造軸組工法住宅の許容応力度設計より、N90 と胴径の近い CN65 の数値を採用する。

(N90 胴径 : 3.75mm、CN65 胴径 : 3.33mm)

面材釘一本あたりの 1 面せん断の諸数値を下表に示す。

面材釘 1 本あたりの 1 面せん断の数値

| 面 材                    | 釘             | k<br>(kN/cm) | $\delta_v$<br>(cm) | $\delta_u$<br>(cm) | $\Delta P_v$<br>(kN) | $G_B$<br>(kN/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|---------------|--------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| 合板 15 mm<br>(合板 12 mm) | N90<br>(CN65) | 8.26         | 0.25               | 2.17               | 2.05                 | 39.2                           |

(木造軸組工法住宅の許容応力度設計より)

ii) 釘打ち面材の釘配列諸定数

木造軸組工法住宅の許容応力度設計 336 頁 表 4.1.1 より、以下の仕様の値を採用する。

| 面 材                                | $I_{xy}$<br>(cm <sup>4</sup> /cm <sup>2</sup> ) | $Z_{xy}$<br>(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ) | $C_{xy}$ |
|------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|
| 面材 91 cm × 182 cm 釘ピッチ 15 cm、縦置、川型 | 1.91                                            | 0.043                                           | 1.00     |

iii) 面材貼り床のせん断剛性・降伏モーメント

$$Qa = \min \left[ \begin{array}{c} P_y \\ P_{150} \\ 0.2\sqrt{2\mu-1} \times P_u \end{array} \right]$$

$$P_y = \Delta M_y$$

$$\Delta M_y = Z_{xy} \times \Delta P_v$$

$$K_R = \Delta K_0$$

$$\Delta K_0 = \frac{1}{\left( \frac{1}{I_{xy} \times k} + \frac{1}{G_B \times t} \right)}$$

$$P_{150} = \frac{K_R}{150}$$

根太無し工法の場合：  $P_u = \Delta M_u$

ここで、 $\Delta M_u$ ：面材釘による単位面積あたりの終局モーメント。

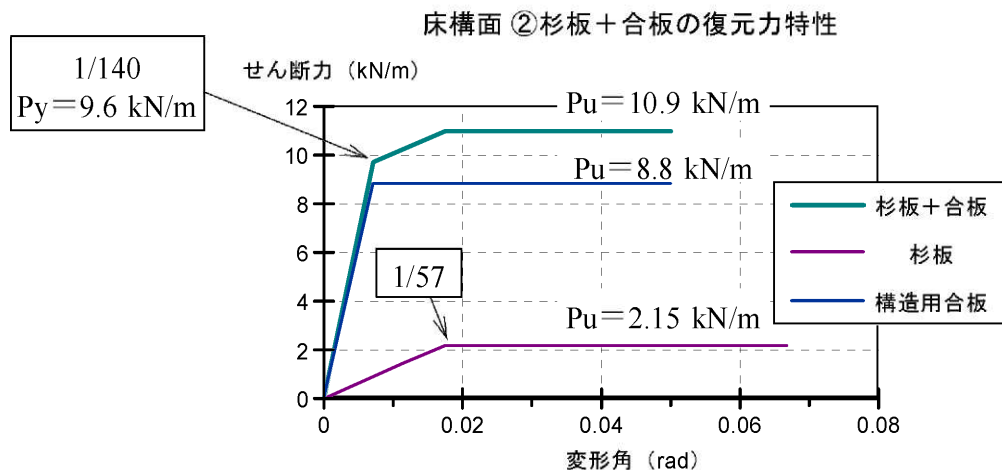
$$\Delta M_u = C_{xy} \times \Delta M_y$$

$$\mu = \frac{R_u}{R_y}$$

ここで、 $R_y$ ：水平構面の降伏変形角 [rad]

|                           |                   |                       |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|
| 面材                        |                   | 合板15<br>縦置, 川型        |
| 面材釘                       |                   | N90@150<br>(CN65@150) |
| 面材の巾                      | cm                | 91                    |
| 面材の高さ H                   | cm                | 182                   |
| 面材の厚さ                     | cm                | 1.5                   |
| 面材釘のすべり剛性 k               | N/cm              | 8260                  |
| $\delta_v$                | cm                | 0.25                  |
| $\delta_u$                | cm                | 2.17                  |
| 面材釘1本あたりの終局耐力 N           |                   | 2050                  |
| 面材のせん断弾性係数 GB             | N/cm <sup>2</sup> | 39200                 |
| I <sub>xy</sub>           | cm <sup>4</sup>   | 1.91                  |
| Z <sub>xy</sub>           | cm                | 0.043                 |
| C <sub>xy</sub>           |                   | 1.00                  |
| 面材の面積 A <sub>w</sub>      | cm <sup>2</sup>   | 16562                 |
| 1/ΔK <sub>0</sub>         |                   | 8.04E-05              |
| 回転剛性 ΔK <sub>0</sub>      |                   | 12439                 |
| せん断剛性 K <sub>0</sub>      |                   | 206015996             |
| せん断剛性 K                   |                   | 1131956               |
| ΔM <sub>y</sub>           |                   | 88.15                 |
| 降伏モーメント M <sub>y</sub>    |                   | 1459940               |
| ΔM <sub>u</sub>           |                   | 88.15                 |
| 終局モーメント M <sub>u</sub>    |                   | 1459940               |
| 塑性率 μ                     |                   | 7.06                  |
| 許容せん断耐力 M <sub>y</sub> /H |                   | 8021.7                |
| K <sub>0</sub> /150/H     |                   | 7546.4                |
| M <sub>u</sub> /H         |                   | 5809.1                |
| 許容せん断耐力 P <sub>a</sub>    | N                 | 5809.1                |
| 許容せん断耐力 P <sub>a</sub>    | N/m               | 6383.6                |

杉板と構造用合板の復元力特性を重ね合わせたグラフを以下に示す。



d) 2 階床の短期許容せん断耐力、降伏せん断耐力

|         | 短期許容せん断耐力 (N/m) | 降伏せん断耐力 (N/m)   | 限界変形角 (rad) | 塑性率  |
|---------|-----------------|-----------------|-------------|------|
| ① 杉板のみ  | 1.09<br>(1/119) | 2.15<br>(1/57)  | 1/15        | 3.81 |
| ② 杉板+合板 | 6.92<br>(1/194) | 9.60<br>(1/140) | 1/20        | 7.05 |

e) 2 階床のモデル化

2 階床は、屋根面と同様に面要素として入力する。

$t = 1.0 \text{ mm}$  とすると、

$$G = \kappa \cdot K_R / t = 1.2 \times K_R$$

| 床 名 称   | せん断剛性 $K_R$<br>(kN/rad/m) | 入力スラブ厚 $t$<br>(mm) | せん断剛性係数 $G$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|--------------------|-------------------------------------|
| ① 杉板のみ  | 130                       | 1.0                | 156                                 |
| ② 杉板+合板 | 1240                      | 1.0                | 1488                                |

#### 4.4 解析の結果

SEIN 出力に関する注記

SEIN の出力では、「地震時 X 方向」を「地震 1」「地震時 Y 方向」を「地震 2」と称する。

1) 計算の結果は、以下の項目を § 10 (添付省略) に示す。

- ・ 長期および地震時の応力図 (SEIN の出力)
- ・ 地震時の水平力分担 (        "        )
- ・ 長期および地震時の鉛直支点反力 (        "        )
- ・ 層間変形角・剛性率・偏心率 (        "        )

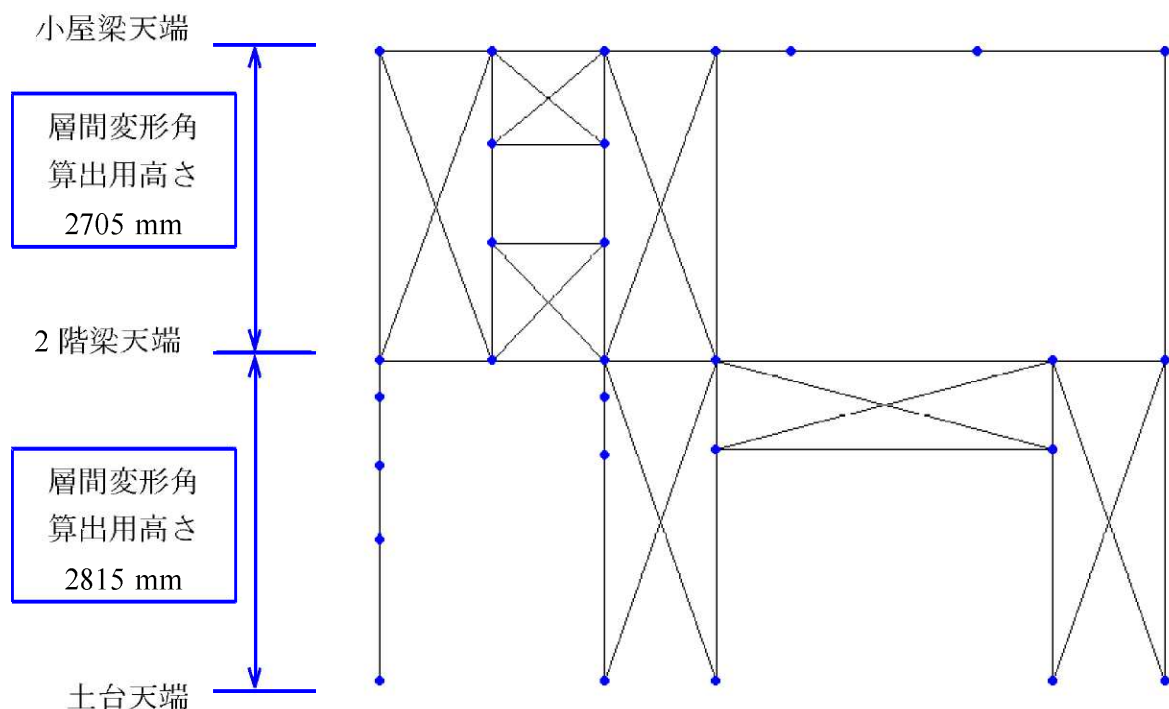
2) 層間変形角

本建物は、床の変形を考慮した解析であるため、各節点の水平変位量が異なる。層間変形角は下記のとおり、告示に基づいた方法で求める。

層間変形角：国交告第 594 号第 3 の一より、全ての鉛直部材について層間変形角を確認する。つまり、本件では層間変形角は柱の数だけ存在し、その最大値を各階各方向の層間変形角とする。

層間変形角算出用高さは、梁天端～梁天端までとし、層間変形角を下式のように設定する。ただし、下屋部分など、土台天端より下に柱がある場合、その柱脚までの長さとする。

層間変形角＝梁天端レベルの節点変位/層間変形角算出用高さ



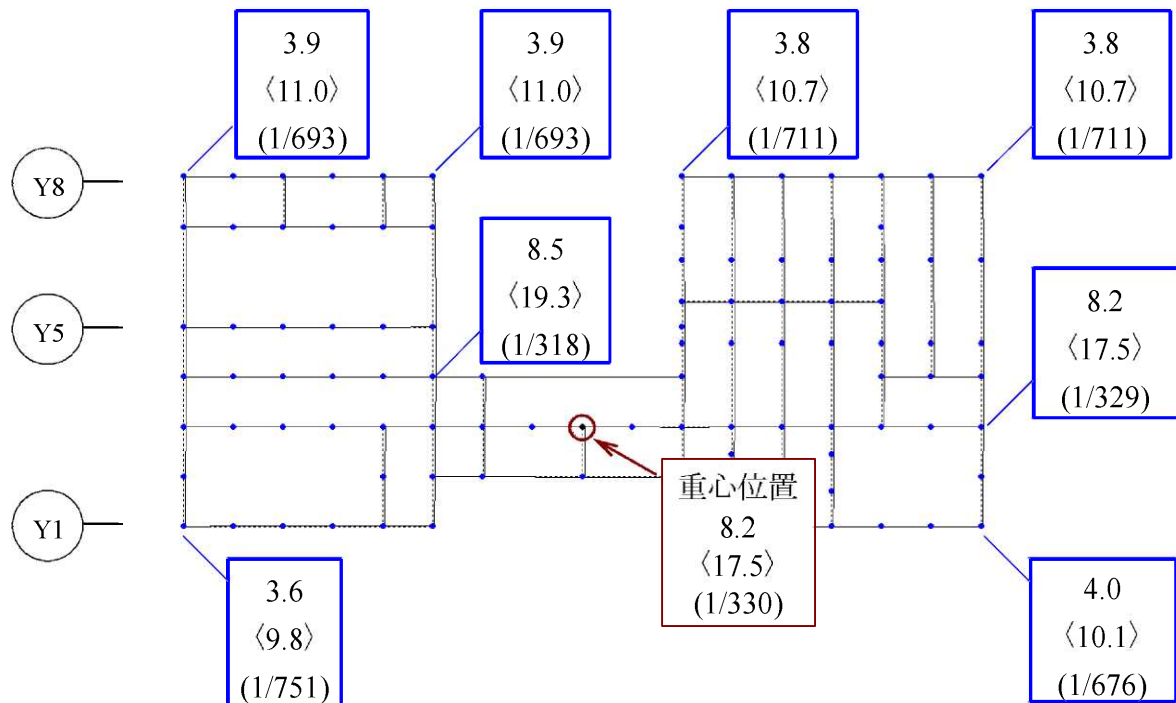


a) 稀地震時の各階層間変位およびフレーム毎の層間変形角

稀地震時における各階の層間変位および層間変形角を以下に示す。

なお、荷重増分解析において、 $i$  ステップ目と  $i+1$  ステップ目の間に応答値がある場合は、 $i+1$  ステップ目の数値を示す。そのため、§ 5.6 に示す応答値と図中の重心位置の変位が若干ずれることがある。

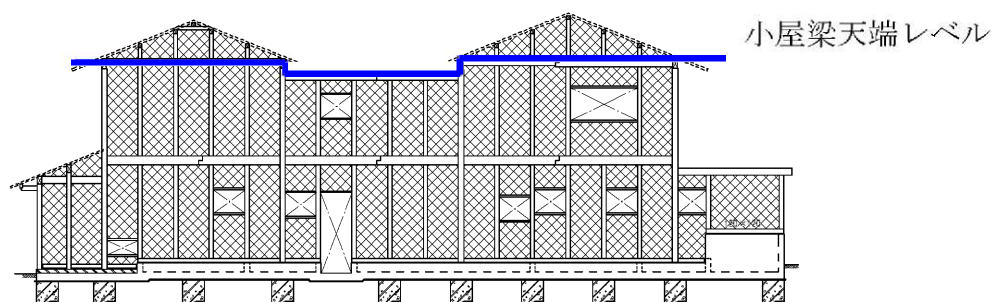
【 X 方向正加力時 小屋梁天端レベル節点変位 】  $Q_2 = 58.5 \text{ kN}$  のとき



図中の値は、上段（括弧無し）：層間変位  
中段（〈 〉内）：絶対変位  
下段（（ ）内）：層間変形角



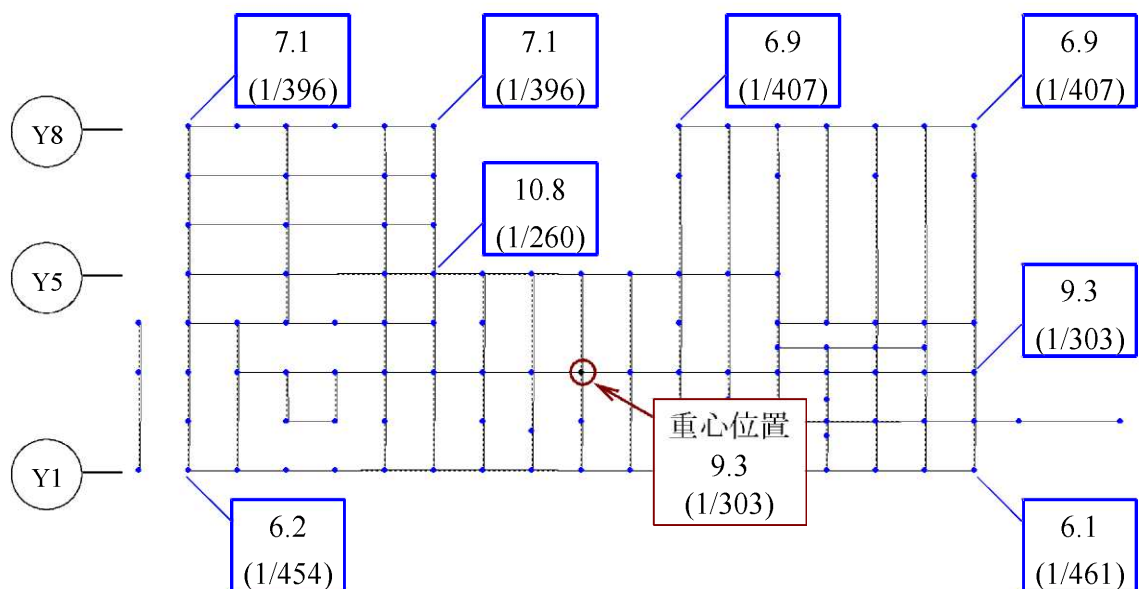
小屋梁天端レベル 変形図（単位：mm）



Key Section

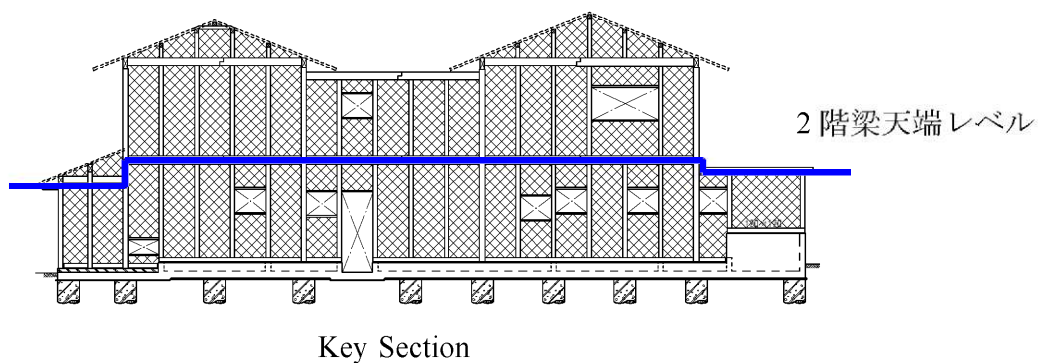


【 X 方向正加力時 2 階梁天端レベル節点変位 】  $Q_1 = 115.7 \text{ kN}$  のとき



図中の値は、上段（括弧無し）：層間変位  
下段（（ ）内）：層間変形角

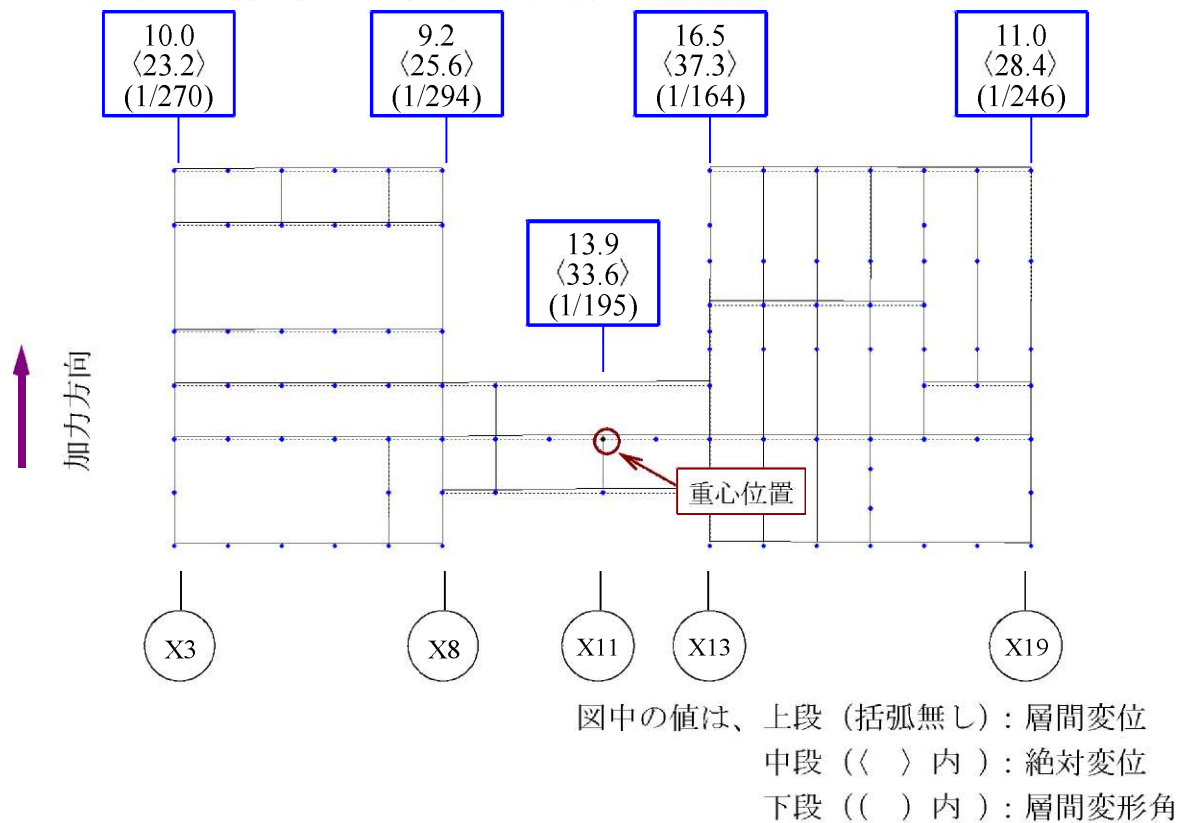
➡ 2 階梁天端レベル 変形図（単位：mm）  
加力方向



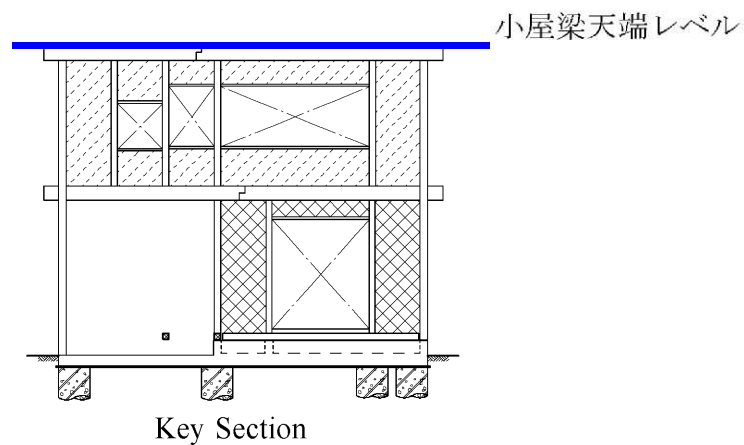
X 方向について、各階の層間変形角は 1/120 以下であることを確認した。

◆ 稀地震時の各階層間変位およびフレーム毎の層間変形角

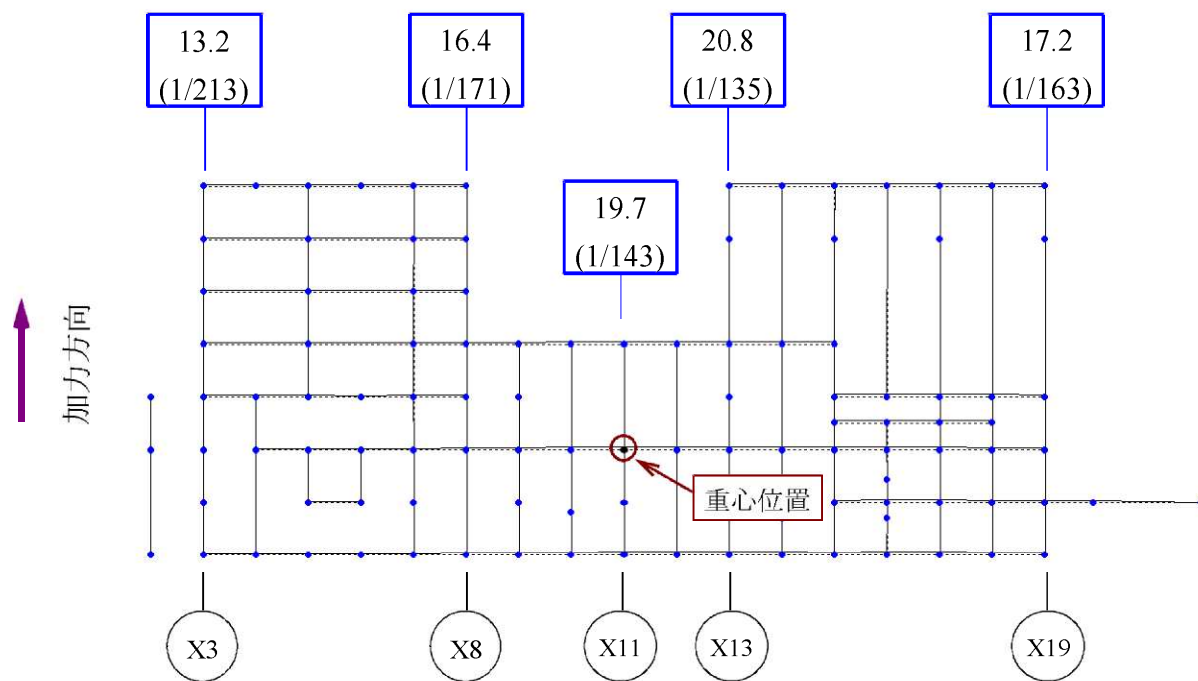
【 小屋梁天端レベル節点変位 Y 方向正加力時 】  $Q_2 = 61.3 \text{ kN}$  のとき



小屋梁天端レベル 変形図および層間変位（単位：mm）

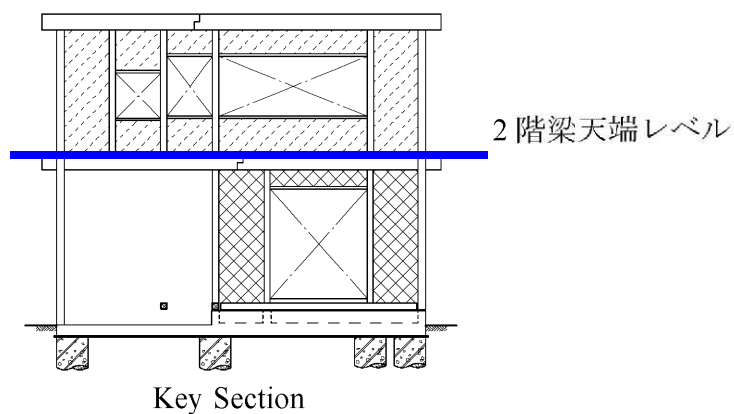


【 2 階梁天端レベル節点変位 Y 方向正加力時 】  $Q_1 = 121.2 \text{ kN}$  のとき



図中の値は、上段（括弧無し）：層間変位  
下段（（ ）内）：層間変形角

2 階梁天端レベル 変形図（単位：mm）



Y 方向について、各階の層間変形角は  $1/120$  以下であることを確認した。

### 3) 剛性率

剛性率を以下に示す。なお、下表の剛心位置変位および層間変形角は、層せん断力係数  $C_0 = 0.2$  としたときの値である。

#### \*地震X正

|     | 剛心位置変位(mm) |       | 層間変形角  | 層間変形角の<br>逆数の相加平均 | 剛性率   | Fs    |
|-----|------------|-------|--------|-------------------|-------|-------|
|     | 上層         | 下層    |        |                   |       |       |
| ZS2 | 18.94      | 10.63 | 1/ 325 | 303               | 1.073 | 1.000 |
| ZS1 | 10.00      | 0.00  | 1/ 281 |                   | 0.927 | 1.000 |

#### \*地震Y正

|     | 剛心位置変位(mm) |       | 層間変形角  | 層間変形角の<br>逆数の相加平均 | 剛性率   | Fs    |
|-----|------------|-------|--------|-------------------|-------|-------|
|     | 上層         | 下層    |        |                   |       |       |
| ZS2 | 31.74      | 18.43 | 1/ 203 | 177               | 1.147 | 1.000 |
| ZS1 | 18.63      | 0.00  | 1/ 151 |                   | 0.853 | 1.000 |

### 4) 偏心率

#### \*地震X

(mm)

| 階   | 重心     |        | 剛心      |        | 弾力半径   | 偏心距離  | 偏心率   | Fe    |
|-----|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
|     | X      | Y      | X       | Y      |        |       |       |       |
| ZS2 | 9752.5 | 3205.1 | 9303.4  | 2763.3 | 4859.9 | 441.7 | 0.091 | 1.000 |
| ZS1 | 9401.6 | 3144.2 | 10012.3 | 2260.3 | 5560.1 | 883.9 | 0.159 | 1.030 |

#### \*地震Y

(mm)

| 階   | 重心     |        | 剛心      |        | 弾力半径   | 偏心距離  | 偏心率   | Fe    |
|-----|--------|--------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|
|     | X      | Y      | X       | Y      |        |       |       |       |
| ZS2 | 9752.5 | 3205.1 | 9303.4  | 2763.3 | 7428.7 | 449.1 | 0.060 | 1.000 |
| ZS1 | 9401.6 | 3144.2 | 10012.3 | 2260.3 | 8078.3 | 610.7 | 0.076 | 1.000 |

剛性率は各階とも 0.6 以上であった。

偏心率について、X 方向（南北方向）は 1 階が 0.159 で 0.15 を超えるが、0.3 以下である。Y 方向（東西方向）1 階、2 階とも 0.15 以下であることを確認した。

本設計の解析は非剛床立体解析であり、この解析結果による応力は、いわゆる「ねじれ補正」が行われた結果であるため、各部材はこの応力で断面算定を行う。