

## 吊り天井の耐震設計 設計例 2

Jビル 大会議室

(10階建て S造 オフィスビル)

設計手法：計算ルート（応答スペクトル法）

## 目次

§ 1. 吊り天井の耐震設計概要 .....	2-4
1-1 建物概要 .....	2-4
1-2 設計方針 .....	2-5
1-3 チェックシート .....	2-7
1-4 使用材料と許容応力度・許容耐力.....	2-8
1-5 部材断面性能 .....	2-9
§ 2. 固有値解析 .....	2-10
2-1 固有値解析モデル.....	2-10
2-2 固有値解析結果 .....	2-11
§ 3. 天井面に作用する加速度の算定 .....	2-12
3-1 天井の固有周期 .....	2-12
3-2 天井面に作用する加速度の算定 .....	2-13
3-3 水平方向及び上下方向の地震力算定 .....	2-17
§ 4. 斜め部材の設計 .....	2-19
4-1 斜め部材の耐力計算.....	2-19
4-2 斜め部材の組数算定.....	2-20
4-3 斜め部材の配置計画.....	2-21
§ 5. クリアランスの計算 .....	2-24
5-1 必要クリアランスの算定.....	2-24
§ 6. 接合部材の設計 .....	2-25
6-1 接合部材の耐力計算.....	2-25

6-2	天井の耐力計算 .....	2-37
<b>§ 7.</b>	<b>設計図面 .....</b>	<b>2-39</b>
7-1	設計図面について.....	2-39
A-01	特記仕様書(1).....	2-40
A-02	特記仕様書(2).....	2-41
A-03	標準図.....	2-42
A-04	天井伏図(ゾーニング).....	2-43
A-05	【参考】天井伏図(斜め部材の配置図).....	2-44

## § 1. 吊り天井の耐震設計概要

### 1-1 建物概要

本設計例は、実在する建物の設計図書をもととした上で、吊り天井の耐震設計が成立するような天井材を設計したものである。建物概要は以下の通りとなっている。

- ・ 建築場所：東京都内某所
- ・ 用途：事務所
- ・ 階数：地下なし、地上 10 階、塔屋 1 階
- ・ 建物高さ：42.7m
- ・ 対象天井：10 階見上げ位置にある大会議室部分の天井 ⇒平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 2 に規定される特定天井
- ・ 天井面積：412.6m<sup>2</sup> (特定天井部分)
- ・ 天井高さ：6,500mm (特定天井部分)
- ・ 天井吊り長さ：1,500mm (特定天井部分)
- ・ 柱スパン：8.0m (特定天井部分：X 方向)  
21.0m (特定天井部分：Y 方向)
- ・ 構造種別：鉄骨造
- ・ 地盤種別：第 2 種地盤

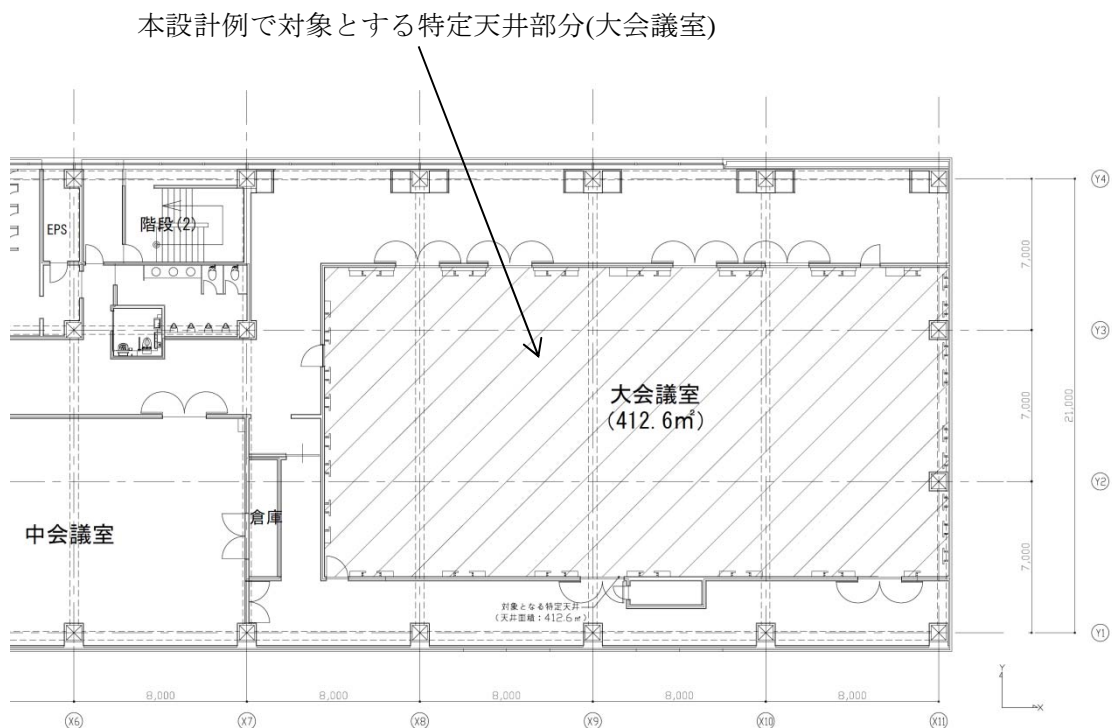


図 1.1 10 階天井伏図

## 1-2 設計方針

本設計例では、建物 10 階に位置する大会議室において、天井高さが 6m を超え、かつ水平投影面積が 200m<sup>2</sup> を超える部分について、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項 2 号に規定される方法(以下、応答スペクトル法)を用いて、特定天井の構造方法について検討する。

また、柱の相互の間隔が 21m であり 15m を超えているため、地震時に上下動を考慮する。なお、斜め部材は水平力のみを負担し、常時荷重および地震動により鉛直方向に生ずる力は吊り材のみで負担するものとする。

図 1.2 に、吊り天井の耐震設計に関するフローを示す。

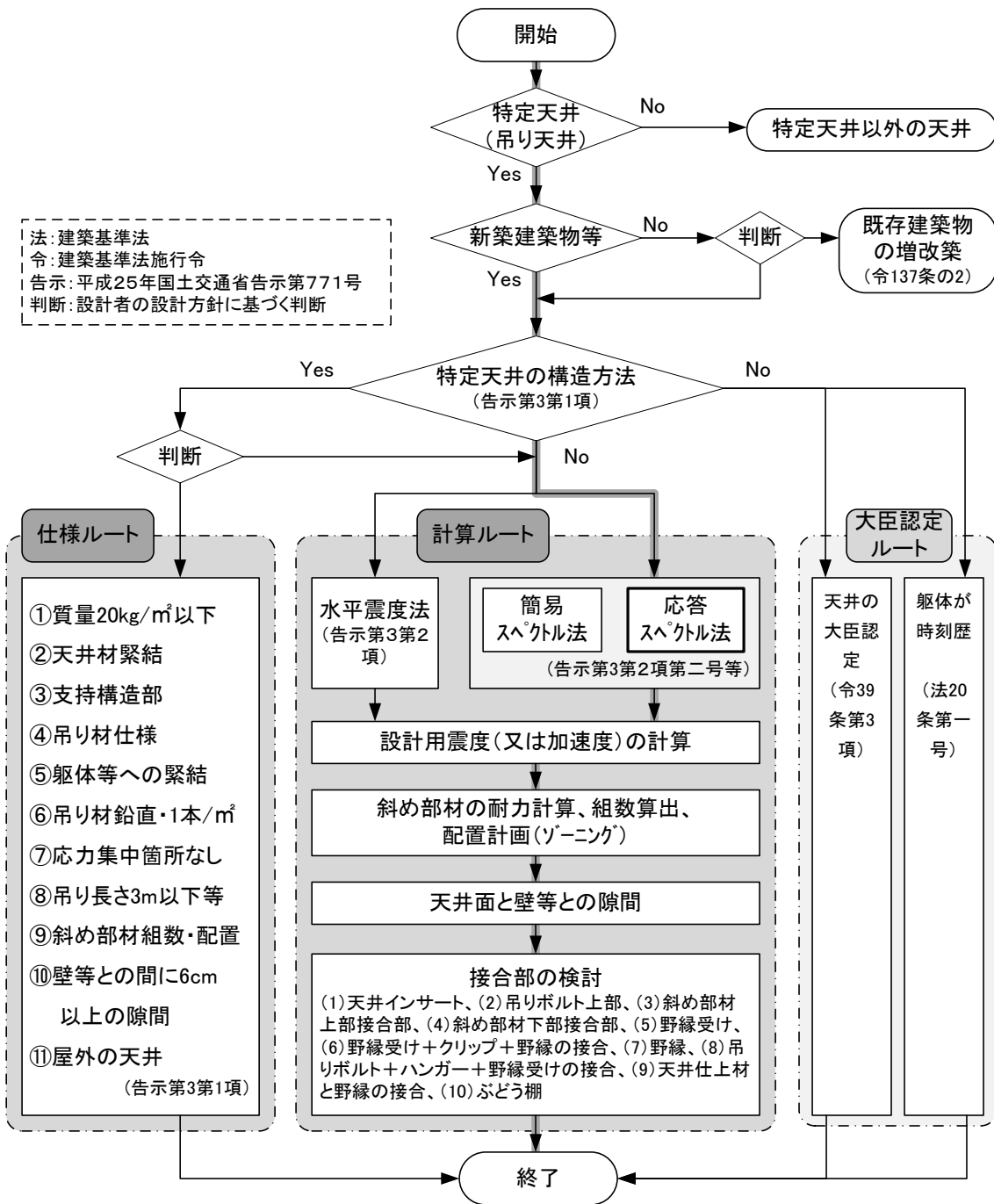


図 1.2 吊り天井の設計フロー

### 1-3 チェックシート

応答スペクトル法を満足するよう、与条件に対して吊り天井の各部材を設計した内容をまとめたものを以下の表 1.1 に示す。詳細検討内容は、次章以降に示す。

表 1.1 チェックシート

● 特定天井(天井告示第2)		条件	設計	図面No.
1	天井の種類	吊り天井であること	吊り天井	-
2	天井の設置場所	居室、廊下その他の人が日常立ち入る場所であること	10階大会議室	-
3	天井の規模	高さが6mを超える天井の部分であること 水平投影面積が200㎡を超える部分を含むこと	高さ: 6.5m 面積: 412.6㎡	A-02 A-02
4	天井の質量	天井面構成部材等の単位面積質量(天井面の1㎡当たりの質量)が2kgを超えること	単位面積質量: 35kg/㎡	-
判断	「特定天井」の判断	上記4つの与条件に対して、いずれにも当てはまること	上記4つのいずれにも当てはまるため、「特定天井」と判断する	-
● 耐久性等関係規定		与条件	設計	図面No.
	天井の耐久性 (令第36条第1項, 令第39条第4項)	特定天井で特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのあるものには、腐食、腐朽その他の劣化を生じにくい材料又は有効なさび止め、腐食その他の劣化防止のための措置をした材料を使用する。	特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのある天井ではない	-
● 設計ルートの選択		与条件	設計	図面No.
	選択 設計ルート	仕様ルート(仕様規定) 計算ルート(水平震度法) 計算ルート(簡易スペクトル法) 計算ルート(応答スペクトル法) 特殊計算ルート(時刻歴応答解析等) *構造躯体の構造計算がルート1、ルート2又はルート3又は4号建物の場合:仕様ルート又は計算ルート *構造躯体の構造計算が限界耐力計算の場合:応答スペクトル法。ただし、層間変形角が1/200以下の場合、仕様ルート又は計算ルート(水平震度法、簡易スペクトル法)により検証することができる。 *構造躯体の構造計算が時刻歴応答解析:特殊計算ルート。ただし、指定性能評価機関が定める業務方法書に基づき、仕様ルート又は計算ルートにより検証することができる。	計算ルート(応答スペクトル法)	-
● 計算ルート(応答スペクトル法)		与条件	設計	図面No.
1	天井面構成部材の剛性及び強度	各部材が、地震の震動により生ずる力を構造耐力上有効に当該天井面構成部材の他の部分に伝えることができる剛性及び強度を有すること	天井面構成部材は、地震の震動により生ずる力を構成部材相互に伝えることができる剛性及び強度を有するものとする。	A-02 A-03
2	天井の許容耐力	告示式により算定した水平及び上下方向加速度によって天井面に作用する力を用いていること	X方向:水平加速度 $S_{ahx}=10.72m/s^2$ Y方向:水平加速度 $S_{ahy}=10.89m/s^2$ 上下方向:上下震度 $K_{vy}=1.00$	A-02
		水平方向の地震力が天井の許容耐力を超えないこと	X方向:水平地震力=155.5kN 許容耐力=163.5kN(70組) Y方向:水平地震力=157.9kN 許容耐力=163.5kN(70組)	A-02
		柱スパンが15m以下の場合、水平地震動による水平方向の加速度のみを用いて検討できる。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づいて天井面に作用する力を算定する場合は、当該算出によること。	柱スパン: 8.0m(X方向) ≤ 15m 21.0m(Y方向) > 15m	A-02 A-04 A-05
3	壁等とのクリアランス	天井面構成部材と壁等との間に告示式により算定した数値以上の隙間が設けられていること。ただし、特別な調査又は研究の結果に基づいて、地震時に天井構成部材が壁等と衝突しないよう天井面構成部材と壁等との間の隙間を算出する場合には、当該算出によること。	告示式による算定数値: X方向:2.97cm Y方向:2.82cm クリアランス 4.0cm とする	A-02 A-04 A-05
4	その他の震動及び衝撃	屋外に設ける天井については地震その他の震動及び衝撃の他、風圧により脱落することのないように、風圧力を考慮した構造耐力上の安全性の確認を行う	該当なし	-

#### 1-4 使用材料と許容応力度・許容耐力

鋼材と天井下地、ビスの許容応力度を表 1.2 に示す。なお、本設計例において許容応力度設計を行うための基準強度のうち、建築基準法令に規定のない鋼材の基準強度は、JIS による「降伏点又は耐力」の「降伏点」の値を用いることとする。ただし、SGCC 材及び SGHC 材には、JIS にて降伏点の参考値しか記載がないため、降伏点の参考値を記載している。また、SWRM 材に関しては、JIS G 3505 にて強度の規定が存在しないため、化学組成が近似している SGCC 材の降伏点の参考値を降伏点として採用する。

表 1.2 使用材料と許容応力度・許容耐力

##### (1) 鋼材

部材	使用材料	基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	長期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		備考
			圧縮 引張 曲げ	せん断	圧縮 引張 曲げ	せん断	
鋼材	SS400	235	156	90	235	135	t ≤ 40

##### (2) 天井下地材

部材	使用材料	降伏点 (N/mm <sup>2</sup> )	長期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		備考
			圧縮 引張 曲げ	せん断	圧縮 引張 曲げ	せん断	
斜め部材 野縁 野縁受け クリップ ハンガー ジョイント材 取付金具	SGCC SGHC	(205)	136	78	205	118	JIS G 3302
吊りボルト	SWRM	(205)	136	78	205	118	JIS G 3505
インサート	SWCH	280	186	107	280	161	JIS G 3507-2

※SWRM材は、SGCC材に倣う

※耐力値による検討を行う部材は、別途メーカーカタログ値による値を採用する

※( )内の数値は、JISにおける降伏点の参考値を示す

##### (3) ビス

部材	径(mm)	降伏点又 は耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	長期許容耐力(N)		短期許容耐力(N)		備考
			引張	せん断	引張	せん断	
ビス	4	180	900	740	1300	1100	平13国交告1641 第12号第三(※)

※薄板軽量形鋼の厚さがねじ頭側：t=1.2mm、ねじ先側がt=1.0mmとした場合にて算出

※天井仕上げ材(ボード等)と野縁を止める際の許容耐力は、別途計算の上、算出する



### 1-5 部材断面性能

接合部材の設計において使用する部材の断面性能を表 1.3 に示す。

表 1.3 部材断面性能表

名称	断面	断面積 (mm <sup>2</sup> )		断面二次 モーメント (mm <sup>4</sup> )		断面係数 (mm <sup>3</sup> )		断面二次 半径 (mm)
		断面積	せん断用(強軸)	強軸	弱軸	強軸	弱軸	弱軸
野縁受け	C-38×12×1.6	94.0	60.8	18,300	1,080	960	120	3.40
吊りボルト	W3/8	47.5	35.6	179.7		46.6		1.95

## § 2. 固有値解析

### 2-1 固有値解析モデル

固有値の算定は、水平地震動による応答のみを考慮することとし、建物全体を等価せん断型 10 質点系モデルに置換した解析モデルにより行う。固有値解析モデルを図 2.1 に示す。なお、場合によっては基礎部分を SR モデルとすることや、周辺地盤と杭をモデル化して地盤との連成モデルによって検討することも考えられるが、本設計例における解析モデルは、基礎固定モデルとして検討を行う。

各階の質量  $M_i$  (t) は、各階の固定荷重及び積載荷重との和を重力加速度で除したものとし、各階の剛性  $K_i$  (kN/m) は、弾性時の剛性を用いる。

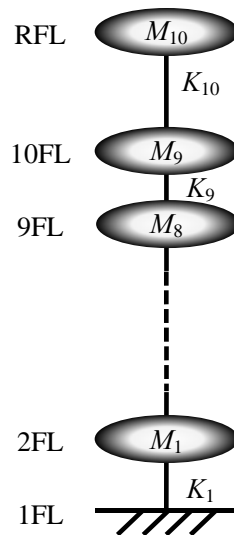


図 2.1 固有値解析モデル

## 2-2 固有値解析結果

図 2.1 に示した解析モデルを用いて、固有値解析を行った結果を以下に示す。

表 2.1 及び表 2.2 には、X 方向及び Y 方向の固有周期と刺激関数の R 階床位置に関する値を示す。計算対象である特定天井は R 階床に取り付くので、R 階床位置の地震応答が問題となる。したがって、R 階床位置の刺激関数の値を表に記載した。また、図 2.2 及び図 2.3 には、X 方向及び Y 方向の建物全体の刺激関数をグラフ化したものを示す。

表 2.1 X 方向の固有値解析結果

次数	固有周期 (s)	刺激関数 (R階床位置)
1	0.930	1.269
2	0.190	-0.624
3	0.134	0.384
4	0.061	-0.033
5	0.033	0.006

表 2.2 Y 方向の固有値解析結果

次数	固有周期 (s)	刺激関数 (R階床位置)
1	1.108	1.260
2	0.213	-0.626
3	0.149	0.404
4	0.072	-0.043
5	0.039	0.007

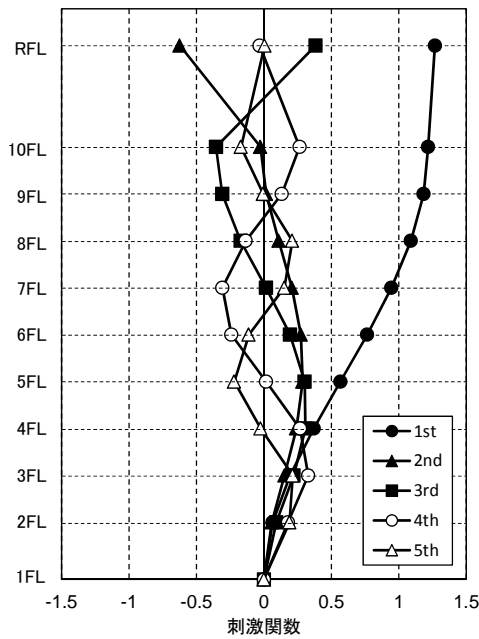


図 2.2 X 方向の刺激関数

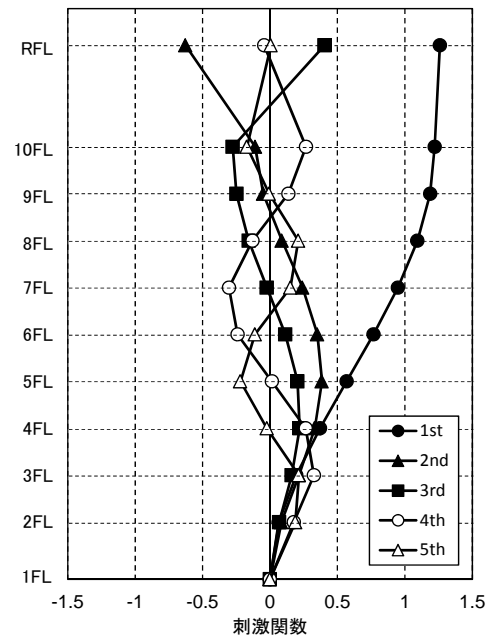


図 2.3 Y 方向の刺激関数

### § 3. 天井面に作用する加速度の算定

#### 3-1 天井の固有周期

本節では、水平方向及び上下方向の天井面に作用する加速度を算定するにあたり、天井の固有周期を算定する。

##### (1) 大会議室の天井材について

- ・天井面積：412.6m<sup>2</sup>
- ・天井高さ：CH6,500mm
- ・吊り長さ：1,500mm
- ・柱スパン：8.0m(X方向)、21.0m(Y方向)
- ・単位質量：

石膏ボード t=15.0+15.0	$\gamma = 21.8\text{kg/m}^2$
岩綿吸音板 t=12.0	$\gamma = 3.8\text{kg/m}^2$
上記以外の天井面構成部材(野縁等)	$\gamma = 3.4\text{kg/m}^2$
その他(照明器具等)	$\gamma = 6.0\text{kg/m}^2$
合計	$\Sigma \gamma = 35.0\text{kg/m}^2$

##### (2) 斜め部材の選定

- ・斜め部材：C-25×25×5×1.0  
断面積： $A_b = 81.0\text{mm}^2$   
断面二次モーメント： $I = 6,700\text{mm}^4$   
断面二次半径： $i = 9.10\text{mm}$   
斜め部材の長さ： $L_b = \sqrt{900^2 + 1,500^2} \times 10^{-3} = 1,750 \times 10^{-3}\text{m}$   
細長比： $\lambda_b = L_b \times 10^3 / i = 192.2$

##### (3) 天井固有周期

斜め部材の仮定組数：X方向=70組 Y方向=70組

斜め部材1組を含む吊り天井の水平剛性は、A社製品カタログに記載のある1ユニット試験の結果(数値は上記(2)の条件に基づく試験結果を利用)を用いる。また、斜め部材の組数を仮定した理由は、6-2節に記載する。

天井の水平固有周期は、野縁方向と野縁受け方向について、それぞれ算定する。

$$\text{天井の質量} : M_{\text{ceil}} = (35.0\text{kg/m}^2 \times 412.6\text{m}^2) \times 10^{-3} = 14.5\text{t}$$

$$\text{天井の水平剛性(野縁方向)} : K_{\text{ceil},h1} = 185\text{kN/m} \times 70 \text{組} = 12,950\text{kN/m}$$

$$\text{天井の水平固有周期(野縁方向)} : T_{\text{ceil},h1} = 2\pi \sqrt{\frac{M_{\text{ceil}}}{K_{\text{ceil},h1}}} = 0.210\text{s}$$

天井の水平剛性(野縁受け方向) :  $K_{ceil,h2} = 200\text{kN/m} \times 70 \text{ 組} = 14,000\text{kN/m}$

$$\text{天井の水平固有周期(野縁受け方向)} : T_{ceil,h2} = 2\pi \sqrt{\frac{M_{ceil}}{K_{ceil,h2}}} = 0.202\text{s}$$

### 3-2 天井面に作用する加速度の算定

稀に発生する地震動によって天井面に作用する水平方向加速度  $Saf_{lh}$  を次式によって計算する。

$$Saf_{lh}(T_{ceil,h}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n \{R(T_j, T_{ceil,h}) \times \beta_{hj} U_{lhj} \times Sa_h(T_j)\}^2}$$

ここで、下添え字の  $I$  は吊り元の位置の番号を、 $h$  は水平を表し、

$R(T_j, T_{ceil,h})$  :

$$\begin{cases} T_{ceil} \leq T_j - 0.1(\text{s}) \text{ のとき} : R(T_j, T_{ceil}) = 1 + 5\{T_{ceil}/(T_j - 0.1)\}^3 \\ T_j - 0.1(\text{s}) < T_{ceil} \leq T_j + 0.1(\text{s}) \text{ のとき} : R(T_j, T_{ceil}) = 6 \\ T_j + 0.1(\text{s}) < T_{ceil} \text{ のとき} : R(T_j, T_{ceil}) = 6\{(T_j + 0.1)/T_{ceil}\}^3 \end{cases}$$

$\beta_{hj} U_{lhj}$  : 構造躯体の  $j$  次、位置  $I$  での刺激関数(水平地震動に対する水平成分)

$T_j$  : 固有値解析により求めた構造躯体の  $j$  次モードの固有周期(s)

$T_{ceil,h}$  : 吊り天井の水平方向の固有周期(s)

$n$  : 採用次数( $j=1, 2, 3, \dots, n$ )で、 $n \geq 3$  とする

$Sa_h(T_j)$  : 次式で規定される水平方向入力地震動の加速度応答スペクトル

$$Sa_h(T_j) = Gs(T_j) \times Z \times Sa_0(T_j)$$

$Gs$  : 令第 82 条の 5 第 3 号ハの表に規定する表層地盤による加速度の増幅率(平成 12 年建設省告示第 1457 号第 10 第 1 項)

本設計例では建設地の地盤種別により、第 2 種地盤を適用する

$Z$  : 令第 88 条第 1 項に規定される数値(地域係数=1.0)

$Sa_0$  : 次式で規定する解放工学的基盤における加速度応答スペクトル

$$Sa_0(T_j) = \begin{cases} 0.64 + 6T_j & (T_j < 0.16 \text{ のとき}) \\ 1.6 & (0.16 \leq T_j < 0.64 \text{ のとき}) \\ 1.024/T_j & (0.64 \leq T_j \text{ のとき}) \end{cases}$$

である。

また、ここで算定された天井面に作用する水平方向加速度  $Saf_{lh}$  は、次式によって算定された水平加速度  $Saf_L$  を下回らないこととする。

$T_{j+1} < T_{ceil,h} \leq T_j$  のとき :

$$Saf_L = \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{Saf_{Ih}(T_j) - Saf_{Ih}(T_{j+1})}{T_j - T_{j+1}} (T_{ceil,h} - T_{j+1}) + Saf_{Ih}(T_{j+1}) \right\}, 0.5g \right]$$

$T_1 < T_{ceil,h}$  のとき :

$$Saf_L = \max[0.75 \times Saf_{Ih}(T_1), 0.5g]$$

ここで、 $R(T_j, T_{ceil,h})$  :

$$\begin{cases} T_{ceil} \leq T_j \text{ のとき} : R(T_j, T_{ceil}) = 1 + 5 \left( \frac{T_{ceil}}{T_j} \right)^3 \\ T_j < T_{ceil} \text{ のとき} : R(T_j, T_{ceil}) = 6(T_j/T_{ceil})^3 \end{cases}$$

本設計例では、採用次数  $n$  を 5 次モードまで考慮し、天井面に作用する水平方向加速度  $Saf_{Ih}$  を算定する。

(a) X 方向 : 野縁方向    Y 方向 : 野縁受け方向    とした場合

【X 方向】 : 採用次数  $n=5$  次モード

$$\begin{aligned} Saf_{Ih}(T_{ceil,h}) &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \{R(T_j, T_{ceil,h}) \times \beta_{hj} U_{Ihj} \times Sa_h(T_j)\}^2} \\ &= [\{1.081 \times 1.269 \times 2.229\}^2 + \{6.000 \times (-0.624) \times 2.400\}^2 \\ &\quad + \{6.000 \times 0.384 \times 2.165\}^2 + \{2.695 \times (-0.033) \times 1.509\}^2 \\ &\quad + \{1.529 \times 0.006 \times 1.260\}^2]^{1/2} \\ &= \sqrt{9.350 + 80.741 + 24.882 + 0.018 + 0.000} \\ &= 10.72\text{m/s}^2 \\ Saf_L &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{Saf_{Ih}(T_j) - Saf_{Ih}(T_{j+1})}{T_j - T_{j+1}} (T_{ceil,h} - T_{j+1}) + Saf_{Ih}(T_{j+1}) \right\}, 0.5g \right] \\ &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{16.97 - 9.62}{0.930 - 0.190} (0.210 - 0.190) + 9.62 \right\}, 0.5 \times 9.8 \right] \\ &= \max[7.36, 4.9] \\ &= 7.36\text{m/s}^2 \end{aligned}$$

以上より、 $Saf_{Ih}$  は  $Saf_L$  よりも大きいため、 $Saf_{Ih} = 10.72\text{m/s}^2$  とする。

#### 【参 考】

本設計例においては、採用次数  $n$  を 5 次モードとしたが、上記式中の数値からわかるように、4 次モード以上の数値は 1~3 次モードの数値と比較して十分に小さく、天井面に作用する水平方向加速度  $Saf_{Ih}$  には影響がないため、3 次モードまでを採用すれば良い。

【Y 方向】：採用次数  $n=5$  次モード

$$\begin{aligned}
 Saf_{Ih}(T_{ceil,h}) &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \{R(T_j, T_{ceil,h}) \times \beta_{hj} U_{Ihj} \times Sa_h(T_j)\}^2} \\
 &= [\{1.040 \times 1.260 \times 1.872\}^2 + \{6.000 \times (-0.626) \times 2.400\}^2 \\
 &= + \{6.000 \times 0.404 \times 2.300\}^2 + \{3.715 \times (-0.043) \times 1.611\}^2 \\
 &\quad + \{1.970 \times 0.007 \times 1.316\}^2]^{1/2} \\
 &= \sqrt{6.018 + 81.260 + 31.083 + 0.066 + 0.000} \\
 &= 10.89\text{m/s}^2 \\
 Saf_L &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{Saf_{Ih}(T_j) - Saf_{Ih}(T_{j+1})}{T_j - T_{j+1}} (T_{ceil,h} - T_{j+1}) + Saf_{Ih}(T_{j+1}) \right\}, 0.5g \right] \\
 &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{9.54 - 7.32}{0.213 - 0.149} (0.202 - 0.149) + 7.32 \right\}, 0.5g \right] \\
 &= \max[6.87, 4.9] \\
 &= 6.87\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

以上より、 $Saf_{Ih}$  は  $Saf_L$  よりも大きいため、 $Saf_{Ih}=10.89\text{m/s}^2$  とする。

(b) X 方向：野縁受け方向    Y 方向：野縁方向    とした場合

【X 方向】：採用次数  $n=5$  次モード

$$\begin{aligned}
 Saf_{Ih}(T_{ceil,h}) &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \{R(T_j, T_{ceil,h}) \times \beta_{hj} U_{Ihj} \times Sa_h(T_j)\}^2} \\
 &= [\{1.072 \times 1.269 \times 2.229\}^2 + \{6.000 \times (-0.624) \times 2.400\}^2 \\
 &= + \{6.000 \times 0.384 \times 2.165\}^2 + \{3.029 \times (-0.033) \times 1.509\}^2 \\
 &\quad + \{1.719 \times 0.006 \times 1.260\}^2]^{1/2} \\
 &= \sqrt{9.195 + 80.741 + 24.882 + 0.023 + 0.000} \\
 &= 10.72\text{m/s}^2 \\
 Saf_L &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{Saf_{Ih}(T_j) - Saf_{Ih}(T_{j+1})}{T_j - T_{j+1}} (T_{ceil,h} - T_{j+1}) + Saf_{Ih}(T_{j+1}) \right\}, 0.5g \right] \\
 &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{16.97 - 9.62}{0.930 - 0.190} (0.202 - 0.190) + 9.62 \right\}, 0.5 \times 9.8 \right] \\
 &= \max[7.31, 4.9] \\
 &= 7.31\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

以上より、 $Saf_{Ih}$  は  $Saf_L$  よりも大きいため、 $Saf_{Ih}=10.72\text{m/s}^2$  とする。

【Y 方向】：採用次数  $n=5$  次モード

$$\begin{aligned}
 Saf_{Ih}(T_{ceil,h}) &= \sqrt{\sum_{j=1}^n \{R(T_j, T_{ceil,h}) \times \beta_{hj} U_{Ihj} \times Sa_h(T_j)\}^2} \\
 &= [\{1.045 \times 1.260 \times 1.872\}^2 + \{6.000 \times (-0.626) \times 2.400\}^2 \\
 &= + \{6.000 \times 0.404 \times 2.300\}^2 + \{3.305 \times (-0.043) \times 1.611\}^2 \\
 &\quad + \{1.752 \times 0.007 \times 1.316\}^2]^{1/2} \\
 &= \sqrt{6.076 + 81.260 + 31.083 + 0.053 + 0.000} \\
 &= 10.89\text{m/s}^2 \\
 Saf_L &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{Saf_{Ih}(T_j) - Saf_{Ih}(T_{j+1})}{T_j - T_{j+1}} (T_{ceil,h} - T_{j+1}) + Saf_{Ih}(T_{j+1}) \right\}, 0.5g \right] \\
 &= \max \left[ 0.75 \times \left\{ \frac{9.54 - 7.32}{0.213 - 0.149} (0.210 - 0.149) + 7.32 \right\}, 0.5g \right] \\
 &= \max[7.08, 4.9] \\
 &= 7.08\text{m/s}^2
 \end{aligned}$$

以上より、 $Saf_{Ih}$  は  $Saf_L$  よりも大きいため、 $Saf_{Ih}=10.90\text{m/s}^2$  とする。

### 【参 考】

図 3.1 に R 階に設けた天井の床応答スペクトルを示す。図中の太線は、本設計例の各周期における水平方向加速度の下限値を示したものである。

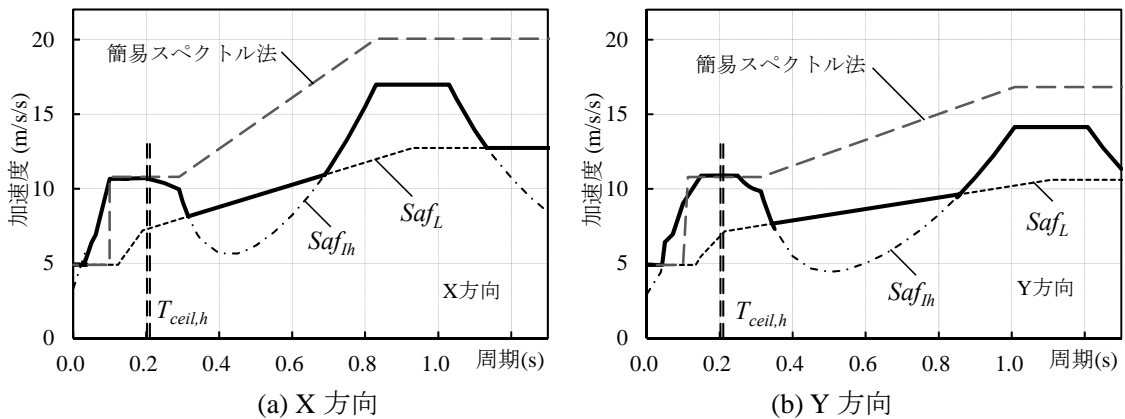


図 3.1 最上階天井の床応答スペクトル(水平方向)



### 3-3 水平方向及び上下方向の地震力算定

本節では、吊り天井にかかる水平方向及び上下方向の地震力を算定する。

水平地震力は、前節にて算出した水平方向加速度  $Saf_{lh}$  に、天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの総質量  $M$  を乗じたものとする。また、上下地震力は、上下震度  $k_v$  を天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの総質量  $M$ ( $\times$ 重力加速度  $g$ )に乘じたものとする。

#### (1) 大会議室の天井材について

3-1 節(1)にて示した通り、天井材の単位質量は  $35.0\text{kg/m}^2$  である。

応答スペクトル法では、天井面構成部材等の単位面積あたりの質量に制限値はないが、参考として単位面積質量の確認を行う。

$$\Sigma \gamma = 35.0\text{kg/m}^2 \quad (> 20\text{kg/m}^2 \quad \text{参考：仕様ルートの規定外})$$

#### (2) 天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの総質量 $M$

$$\text{総質量：} M = (35.0\text{kg/m}^2 \times 412.6 \text{ m}^2) \times 10^{-3} = 14.5\text{t}$$

#### (3) X 方向の水平地震力 $M \times Saf_{lh,X}$

本設計例にて使用する X 方向の水平地震力  $M \times Saf_{lh,X}$  は、以下の通りとなる。

$$M \times Saf_{lh,X} = 14.5 \times 10.72 = 155.5\text{kN} \quad (\text{換算水平震度 } k_{h,X} = 1.10)$$

#### (4) Y 方向の水平地震力 $M \times Saf_{lh,Y}$

本設計例にて使用する Y 方向の水平地震力  $M \times Saf_{lh,Y}$  は、以下の通りとなる。

$$M \times Saf_{lh,Y} = 14.5 \times 10.89 = 157.9\text{kN} \quad (\text{換算水平震度 } k_{h,Y} = 1.12)$$

#### (5) 上下地震力 $k_v \times Mg$

柱の相互の間隔が  $15\text{m}$  を超えているため、地震時に上下震度  $k_v = \pm 1.0$  を考慮する。

本設計例にて使用する上下地震力  $k_v \times Mg$  は、以下の通りとなる。

$$k_v \times Mg = 1.0 \times (14.5\text{t} \times 9.8\text{m/s}^2) \times 10^{-3} = 141.6\text{kN}$$

### 【参 考】

本設計例では、上記の通り、応答スペクトル法により地震力から換算した水平震度を算定しているが、その他の設計手法による場合の水平震度を算定した結果を以下に示す。

#### (1) 水平震度法の場合

10階建ての10階部分の場合：水平震度  $k_h=2.2$

#### (2) 簡易スペクトル法の場合

10階建ての10階部分の場合：水平震度  $k_h=1.1$  (2次共振時)

本設計例では、換算水平震度が1.10(X方向)及び1.12(Y方向)であるため、詳細な検討を行った分、水平震度法よりも地震力を低減できる。また、簡易スペクトル法とはほぼ同等の水平震度となることがわかる。ただし、本設計例においてあくまでも一例を示したのみであり、天井の固有周期と構造躯体の固有周期の関係により、水平地震力は変動するものであることに注意を要する。

## § 4. 斜め部材の設計

### 4-1 斜め部材の耐力計算

本設計例では、座屈を考慮した許容圧縮応力度から斜め部材の座屈耐力を算出する。

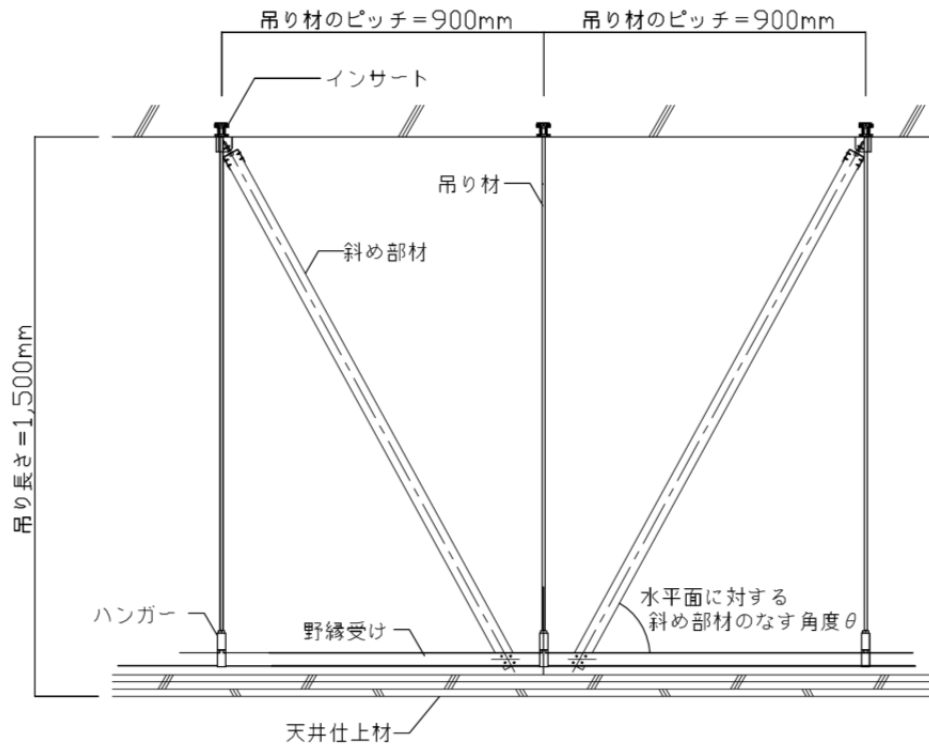


図 4.1 各部分の寸法

#### (1) 斜め部材の選定

3-1 節(2)で選定した斜め部材を以下に再掲する。

- ・斜め部材：C-25×25×5×1.0

$$\text{断面積} : A_b = 81.0\text{mm}^2$$

$$\text{断面二次モーメント} : I = 6,700\text{mm}^4$$

$$\text{断面二次半径} : i = 9.10\text{mm}$$

$$\text{斜め部材の長さ} : L_b = \sqrt{900^2 + 1,500^2} \times 10^{-3} = 1,750 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$\text{水平面に対する斜め部材のなす角度} : \theta = 59.0^\circ \quad (\sin\theta = 0.857, \cos\theta = 0.514, \tan\theta = 1.667)$$

$$\text{細長比} : \lambda_b = L_b \times 10^3 / i = 192.2$$

$$\text{限界細長比} : \Lambda = \frac{1500}{\sqrt{\frac{F}{1.5}}} = 128.3$$

$$\text{ヤング係数} : E = 205,000\text{N/mm}^2$$

## (2) 斜め部材の座屈耐力

斜め部材 1 本分の座屈耐力は、細長比： $\lambda_b = 192.2$  より、

$$\text{許容圧縮応力度} : f_c = 1.5 \times \frac{\pi^2 \times E}{2.17 \times \lambda_b^2} = 37.8 \text{N/mm}^2$$

$$\text{座屈耐力(1 本分)} : P_b = f_c \times A_b = 37.8 \times 81.0 = 3,061 \text{N}$$

となる。ゆえに、座屈から決まる斜め部材 1 組の水平耐力(2 本分)は、

$$\text{水平耐力(2 本分)} : Q_b = P_b \times \cos\theta \times 2 = 3,061 \times 0.514 \times 2 = 3,146 \text{N}$$

となる。

## 4-2 斜め部材の組数算定

斜め部材の組数は、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項 9 号に規定される二本の斜め部材から構成される組数  $n$  の算定方法を準用する。

なお、算定した斜め部材の組数  $n$  が、3-1 節(3)にて仮定した斜め部材の組数と異なる場合は、以下の方針による。

- ・算定した斜め部材の組数  $n > 3-1$  節(3)にて仮定した組数  
3-1 節(2)に戻って斜め部材を再度選定しなおすか、もしくは 3-1 節(3)に戻って仮定する斜め部材の組数を算定した斜め部材の組数  $n$  以上に設定しなおした上で、再度水平方向加速度  $Saf_{lh}$  を算定する。
- ・算定した斜め部材の組数  $n \leq 3-1$  節(3)にて仮定した組数  
余裕度の範囲によるが、基本的に 3-1 節(3)にて仮定した組数にて検討を進める。

### 【X 方向】

- ・二本の斜め部材から構成される組数  $n$

$$n = \frac{M \times Saf_{lh,X}}{Q_b}$$

$M \times Saf_{lh,X}$  : 前項までで算出した X 方向の水平地震力

$Q_b$  : 前節にて算出した斜め部材 1 組の水平耐力(2 本分)

$$n = \frac{M \times Saf_{lh,X}}{Q_b} = \frac{155.5 \times 10^3}{3,146} = 49.5 \rightarrow 50 \text{ 組}$$

ゆえに、最低 50 組の斜め部材を釣り合い良く配置すればよいが、ここでは 3-1 節(3)にて仮定した組数(70 組)の方が大きいため、このまま検討を進めることとする。

### 【Y 方向】

- ・二本の斜め部材から構成される組数  $n$

$$n = \frac{M \times Saf_{lh,Y}}{Q_b}$$

$M \times Saf_{lh,Y}$  : 前項までで算出した Y 方向の水平地震力

$Q_b$  : 前節にて算出した斜め部材 1 組の水平耐力(2 本分)

$$n = \frac{M \times Saf_{lh,Y}}{Q_b} = \frac{157.9 \times 10^3}{3,146} = 50.2 \rightarrow 51 \text{ 組}$$

ゆえに、最低 51 組の斜め部材を釣り合い良く配置すればよいが、ここでは 3-1 節(3)にて仮定した組数(70 組)の方が大きいため、このまま検討を進めることとする。

### 【上下方向】

- ・上下震度の考慮

本設計例では、地震時に上下震度  $k_v=1.0$  を考慮することとしているため、下向きの震度として  $g(\text{自重}) + k_v(1.0G) = 2.0$  がかかる場合を想定する(上向きは  $g(\text{自重}) - k_v(1.0G) = 0.0$  で相殺される)。ただし、下向きにかかる地震力に関しては、吊り材に負担させる設計としているため、組数の算定には影響しない。ゆえに、ここでは斜め部材に上下地震力が作用した場合の検討は行わない。

## 4-3 斜め部材の配置計画

前節にて算定した斜め部材の組数(X 方向 : 70 組、Y 方向 : 70 組)を配置するためにゾーニングを行う。ゾーニングは、以下の条件により行う。

- ・基本条件

- (1) 分割する各ゾーニングの大きさは、一体として挙動する天井の面積の 1/4 以下、かつ概ね  $50\text{m}^2$  以下とする
- (2) 各ゾーニングの一辺の長さは、10m 以下とする
- (3) X 方向及び Y 方向ともに、2 列以上に分割する

- ・その他の条件

- (1) 斜め部材の総数は、X 方向は 70 組、Y 方向は 70 組とする
- (2) 分割された各ゾーンには、X 方向及び Y 方向ともに 4 組以上 6 組以下の斜め部材を配置する
- (3) 一組の斜め部材の形状は、V 字状とし、斜め部材の断面は C-25×25×5×1.0 とする

- (4) 吊り材は、吊りボルト(W3/8)を使用し、その間隔は@900mm 以内とする
- (5) 吊り長さは、1,500mm とする
- (6) 吊り材は、埋め込みインサートを用いて構造耐力上主要な部分に取り付ける  
ただし、やむを得ずあと施工アンカーを用いる場合は、金属系あと施工アンカーとし、その使用箇所数は、吊り材全数に対して 30%以下とする
- (7) 壁、柱等とのクリアランスは 40mm とする(後述する 5-1 節による)

以上により、ゾーニングした結果を図 4.2 に示す。また、図 4.3 には参考として各ゾーン内に斜め部材を配置した図を示す。

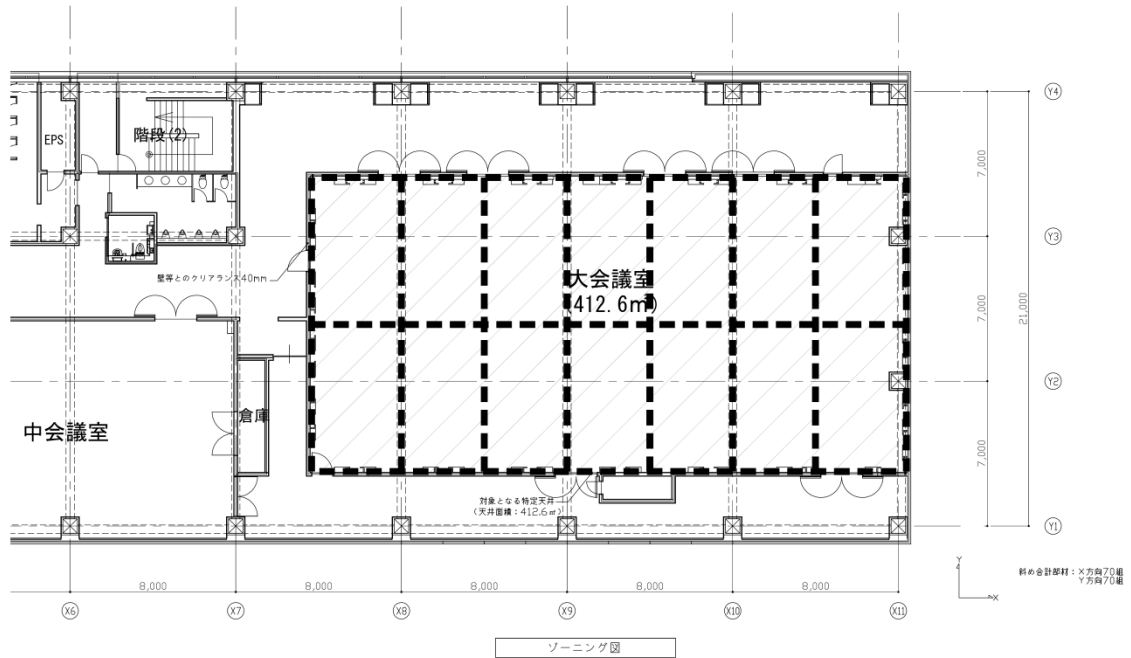


図 4.2 分割したゾーニング図

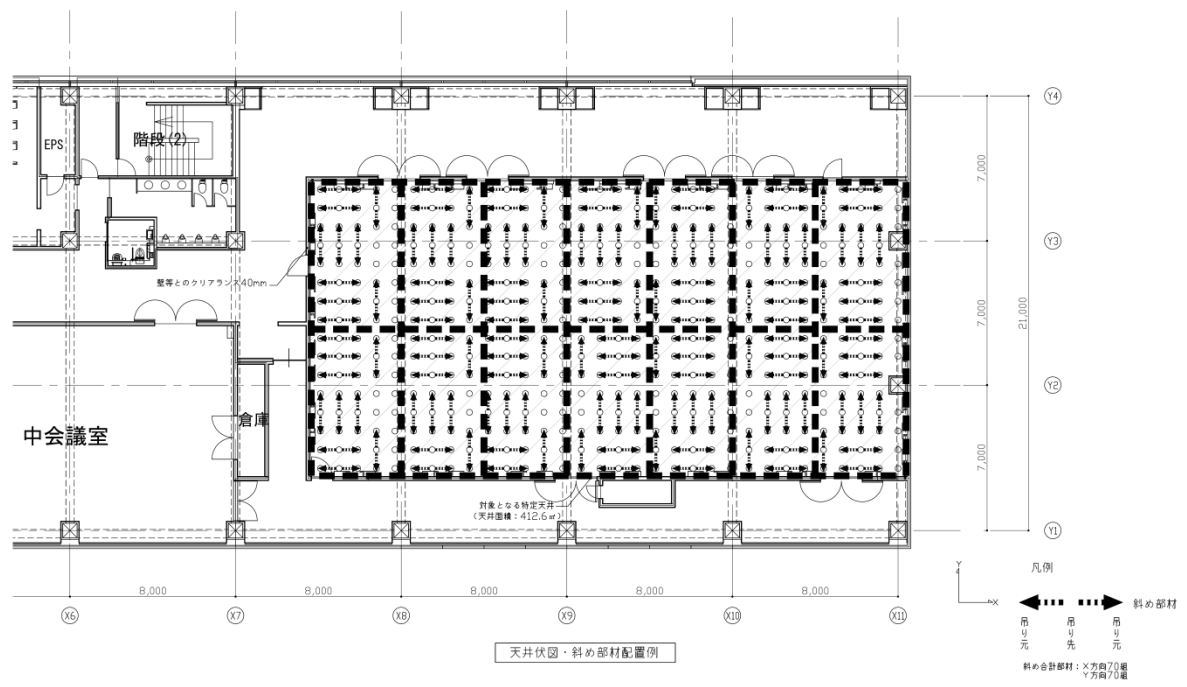


図 4.3 【参考】斜め部材の配置図

## § 5. クリアランスの設計

### 5-1 必要クリアランスの算定

天井面構成部材と壁等とのクリアランスは、平成 12 年建設省告示第 1457 号第 11 第 2 号ハに規定される数値以上とする。

#### (1) 吊り天井の水平変位

応答スペクトル法を用いる場合の吊り天井の水平変位は、以下の式により算出する。なお、下式における  $R$  の数値は、躯体の構造計算書(限界耐力計算)より採用する数値であるが、ここでは安全側の設定として、 $R=1/200$  とした。

$$d_{cl} = \frac{3}{2} \times \left( \frac{T_{cl}}{2\pi} \right)^2 \times a_{cl} + \frac{3}{2} \times L_{cl} \times R$$

$d_{cl}$  : 天井面構成部材と壁等との隙間(cm)

$T_{cl}$  : 吊り天井の水平方向の固有周期(s)

$a_{cl}$  : 水平方向の加速度(cm/s<sup>2</sup>)

$L_{cl}$  : 衝突が生じないことを確かめる位置での吊り長さ(cm)

$R$  : 令第 82 条の 5 第 3 号の規定により求めた建築物の層間変位の各階の高さに対する割合(rad)

#### 【X 方向】

$$d_{cl} = \frac{3}{2} \times \left( \frac{0.213}{2\pi} \right)^2 \times (10.72 \times 10^2) + \frac{3}{2} \times 150 \times 1/200 = 2.97\text{cm}$$

#### 【Y 方向】

$$d_{cl} = \frac{3}{2} \times \left( \frac{0.202}{2\pi} \right)^2 \times (10.89 \times 10^2) + \frac{3}{2} \times 150 \times 1/200 = 2.82\text{cm}$$

#### (2) 必要クリアランス

上記の結果より、天井面構成部材と壁等とのクリアランスは 4.0cm(X 方向、Y 方向とも同様)とする。



## § 6. 接合部材の設計

### 6-1 接合部材の耐力計算

耐震天井用の接合部材として、部材偏心を考慮した製品を用いる。

接合部材の耐力計算に用いる荷重には、存在応力を用いて検討する。なお、斜め部材の組数  $n$  は X 方向及び Y 方向ともに同一組数であり、X 方向又は Y 方向のいずれの方向を野縁方向(もしくは野縁受け方向)としても、地震力は Y 方向の方が若干大きいため、ここでは Y 方向の地震力を用いて全ての接合部材の検討を行う(これにより、実際の施工現場において野縁方向と野縁受け方向が変更となった場合にも対応できる)。

また、接合部材の検討を行う際には、水平地震力と上下地震力が同時に作用した場合の応力に対して設計を行う(本設計例においては、吊りボルトの間隔や斜め部材の寸法等が、X 方向及び Y 方向で同じであり、両方向で同じ検討となるため、上下地震力は検討を行う方向を代表した水平地震力に対して同時に作用していれば良い)。

#### (1) 天井インサートの設計

吊り材から加わる応力に対して、天井インサートの検討(軸方向力とせん断力の組み合わせ応力による検討)を行う。

##### 1) 長期引張力の検討

本設計例にて使用する天井インサートは、B 社製品を使用する。

天井インサート：W3/8 ボルト用インサート

天井インサートの設計用長期引張力  $T_L$  は、以下の荷重とする。

- ・吊り材の支配面積当たりの天井面構成部材等の総重量  $W_1$

$$\text{設計用長期引張力} : T_L = W_1 = 35.0 \times 9.8 \times (0.9 \times 0.9) = 278\text{N}$$

天井インサートの長期許容引張耐力  $T_{LA}$  は、2,500N(B 社カタログ値)とする。

$$T_L = 278\text{N} \leq T_{LA} = 2,500\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

##### 2) 短期引張力の検討

天井インサート設計用短期引張力  $T_S$  は、1 本の吊り材に対して斜め部材が 1 本のみ取り付くと考え、以下の荷重の総和とする。

- ・吊り材の支配面積当たりの天井面構成部材等の総重量  $W_1$
- ・吊り材の支配面積当たりの上下地震力  $W'_1 (= W_1)$
- ・斜め部材が取り付く両側の吊り材 1 本が負担する上下地震力  $W'_{1V}$

上下地震力は吊り材が負担するものと考えて設計を行うが、安全側の設定として、斜め部材 1 組の中央部分にある吊り材は、斜め部材を介して両側にある吊り材に外力として作用する場合を考える。ここでは安全側の仮定として、一組の斜め部材の中央部分に作用する下向き  $(W_1 + W'_1)$  の力が全て斜め部材に伝わり、さらに両側の吊

りボルトに伝わると考えると、上下動により両側の吊りボルトに作用する下向きの力  $W'_{1V}$  は  $(W_1 + W'_1)/2$  となる。

$$W'_{1V} = (W_1 + W'_1)/2 = (278 + 278)/2 = 278\text{N}$$

- ・斜め部材 1 組が負担する水平力の鉛直分力  $P'_{b1}$

$$\begin{aligned} \text{斜め部材 1 組が負担する水平力} : Q'_b &= M \times \text{Saf}_{lh,Y} \times 10^3 \div n = 157.9 \times 10^3 \div 70 \\ &= 2,256\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{これより、斜め部材の軸力(1 本分)の鉛直分力 } P'_{b1} &= Q'_b \times \tan\theta \div 2 = 2,256 \times 1.667 \div 2 \\ &= 1,881\text{N} \end{aligned}$$

$$\text{設計用短期引張力} : T_S = W_1 + W'_1 + W'_{1V} + P'_{b1} = 278 + 278 + 278 + 1,881 = 2,715\text{N}$$

天井インサートの短期許容引張耐力  $T_{SA}$  は、長期許容引張耐力  $T_{LA}$  の 1.5 倍とする。

$$T_{SA} = 2,500 \times 1.5 = 3,750\text{N}$$

天井インサートの設計用短期せん断力  $Q_S$  は、1 本の吊り材に対して斜め部材が 1 本のみ取り付くと考え、以下の荷重の和とする。

- ・斜め部材 1 組が負担する水平力  $Q'_b$  の半分(1 本分の水平力)
- ・斜め部材が取り付く両側の吊り材 1 本が負担する上下地震力  $W'_{1V}$  の水平分力  $W'_{1H}$

$$W'_{1H} = W'_{1V} / \tan\theta = 278 / 1.667 = 167\text{N}$$

$$\text{設計用短期せん断力} : Q_S = \left(\frac{Q'_b}{2}\right) + W'_{1H} = 1,128 + 167 = 1,295\text{N}$$

天井インサートの短期許容せん断耐力  $Q_{SA}$  は、12,500N(B 社カタログ値)とする。

ゆえに、軸方向力とせん断力の組み合わせ応力により、

$$\sqrt{\left(\frac{T_S}{T_{SA}}\right)^2 + \left(\frac{Q_S}{Q_{SA}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2,715}{3,750}\right)^2 + \left(\frac{1,295}{12,500}\right)^2} = 0.74 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

である。

また、図 6.1 の通り天井インサートは、斜め部材に対して偏心距離が小さくなるような位置に取り付けることのできる取付金具(A 社製品)を用いているため、天井インサートの曲げ応力に対する検討は行わない。

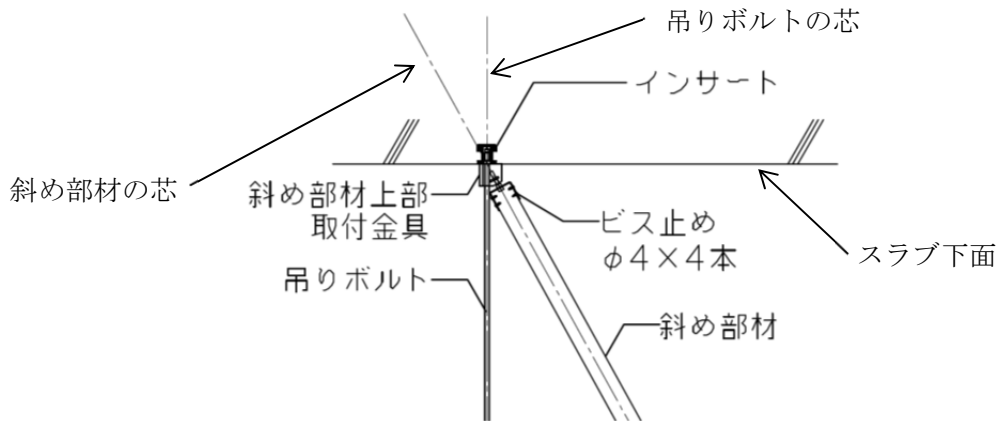


図 6.1 斜め部材と天井インサートの位置関係（偏心距離が小さい）

## (2) 吊り材上部の設計

斜め部材が取り付く吊り材上部については、図 6.1 で示したように、斜め部材の吊り材への取り付けは、偏心距離が小さい(吊り元接合部に斜め部材からの応力で曲げモーメントが発生しない)A 社製品の取付金具を用いることとしているため、軸方向力とせん断力の組み合わせ応力により検討を行う。

吊り材上部の設計用短期荷重(軸方向力： $T$ 、せん断力： $Q$ )は、以下の荷重とする。

- ・ 軸方向力  $T$ ：本節(1)にて示した天井インサートの設計用短期引張荷重( $T_s=2,715\text{N}$ )
- ・ せん断力  $Q$ ：本節(1)にて示した天井インサートの設計用短期せん断力( $Q_s=1,295\text{N}$ )

吊り材には、吊りボルト(W3/8)を用いる。

- ・ 吊りボルト：断面 W3/8

$$\text{断面積 } A_s = 47.5\text{mm}^2$$

$$\text{せん断断面積 } A_{se} = 47.5 \times 0.75 = 35.6\text{mm}^2$$

ゆえに、吊り材 1 本当たりの引張応力度 $\sigma_t$ は、

$$\sigma_t = \frac{T}{A_s} = \frac{2,715}{47.5} = 57.2\text{N/mm}^2$$

となり、吊り材 1 本当たりのせん断応力度 $\tau$ は、

$$\tau = \frac{Q}{A_{se}} = \frac{1,295}{35.6} = 36.4\text{N/mm}^2$$

となる。軸方向力とせん断力と曲げモーメントの組み合わせ応力により、

$$\frac{\sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2}}{f_t} = \frac{\sqrt{57.2^2 + 3 \times 36.4^2}}{205} = \frac{85.2}{205} = 0.42 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

であるため、吊り材は吊りボルト(W3/8)を 0.9m×0.9m に 1 本設置すれば良い。

### 【参 考】

本設計例のように、吊りボルトに斜め部材からの応力で曲げモーメントが発生しない場合(偏心距離  $e$  が小さい若しくは無い場合)は、吊り材として従来多くの天井工事に使用している吊りボルト(W3/8)でも応力度に十分な余裕があることがわかる。

逆に、設計例 1-2 に示したように偏心距離  $e$  が大きく、吊りボルトに曲げモーメントが発生するような場合は、W1/2 以上の大きさの吊りボルトが必要となる。

### (3) 斜め部材接合部の設計(上部)

斜め部材上部の接合部は、以下の応力に対して検討を行う。

- ・斜め部材 1 本が負担する軸方向力  $P'_b$

$$\begin{aligned} \text{水平地震力に対する軸方向力} : P'_{bH} &= Q'_b \div (2\cos\theta) = 2,256 \div (2 \times 0.514) \\ &= 2,195\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{上下地震力に対する軸方向力} : P'_{bV} &= W'_{1H} \div \cos\theta = 167 \div 0.514 \\ &= 325\text{N} \end{aligned}$$

$$\text{設計用短期圧縮力} : N_U = P'_b = P'_{bH} + P'_{bV} = 2,195 + 325 = 2,520\text{N}$$

本設計例にて使用する斜め部材上部の取付金具は、A 社製品を使用する。

斜め部材上部の取付金具の短期許容圧縮耐力  $N_{UA}$  は、3,200N (A 社カタログ値) とする。

$$N_U = 2,520\text{N} \leq N_{UA} = 3,200\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

また、図 6.2 のように取付金具は斜め部材に  $\phi 4$  ビス  $\times 4$  本にて接合させる。

その短期許容せん断耐力は、以下の通りである。

- ・短期許容せん断耐力 :  $1,100\text{N/本} \times 4 \text{本} = 4,400\text{N} \geq 2,520\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

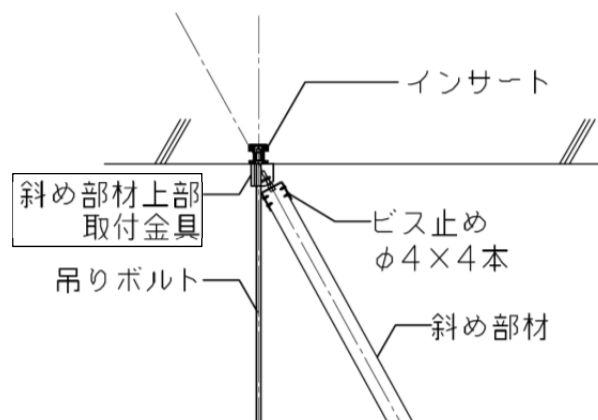


図 6.2 斜め部材接合部(上部)

(4) 斜め部材接合部の設計(下部)

斜め部材下部の接合部は、以下の応力に対して検討を行う。

- ・斜め部材 1 本が負担する軸方向力  $P'_b=2,520\text{N}$ (本節(3)項による  $P'_b$ )

斜め部材 1 本が負担する軸方向力  $P'_b$  は、野縁受け方向(図 6.3)については、野縁受けに直接  $\phi 4$  ビス  $\times 4$  本にて接合させ、野縁方向(図 6.4)については、取付金具に  $\phi 4$  ビス  $\times 4$  本にて接合させる。

その短期許容せん断耐力は、以下の通りである。

- ・短期許容せん断耐力： $1,100\text{N/本} \times 4 \text{ 本} = 4,400\text{N} \geq 2,520\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

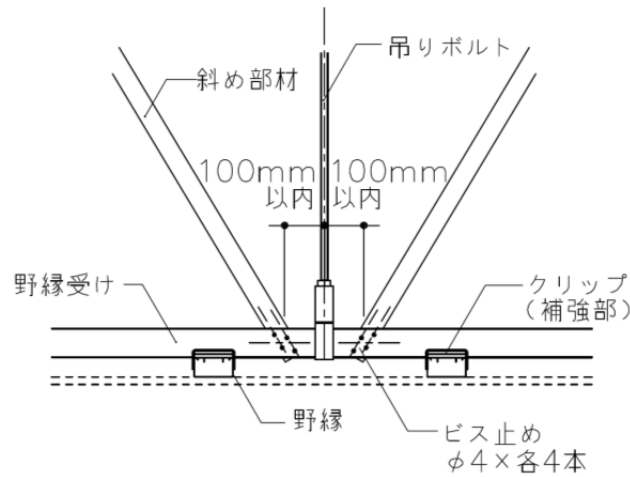


図 6.3 斜め部材接合部(下部：野縁受け方向)

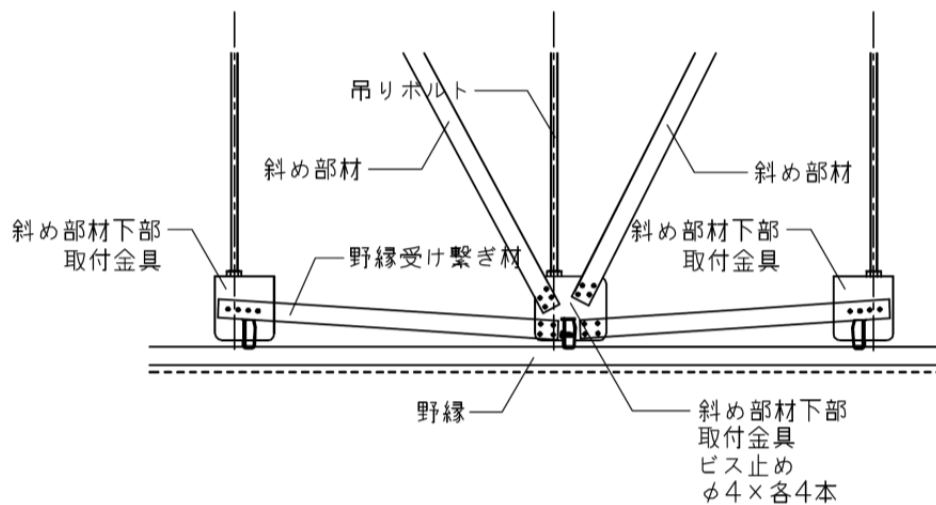


図 6.4 斜め部材接合部(下部：野縁方向)

野縁方向は、図 6.4 に示した通り、取付金具を介して野縁受けに取り付けているため、取付金具の検討を行う。

・斜め部材 1 組が負担する水平力：2,256N(本節(1)項による $Q'_b$ )

設計用短期せん断力： $Q_U = Q'_b = 2,256\text{N}$

本設計例にて野縁方向(図 6.4)で使用する斜め部材下部の取付金具は、A 社製品を使用する。

野縁方向で使用する斜め部材下部の取付金具の短期許容せん断耐力  $Q_{UA}$  は、3,500N (A 社カタログ値) とする。

$$Q_U = 2,256\text{N} \leq Q_{UA} = 3,500\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

#### (5) 野縁受けの設計

##### a) 野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討

野縁受けの水平荷重に対する検討は、斜め部材 1 組が負担する水平力に対して行う。ただし、野縁受け間に野縁に平行に野縁受け繋ぎ材を配置し、斜め部材 1 組からの水平力を 3 本の野縁受けに負担させる設計とする(図 6.5、図 6.6)。

また、野縁方向における野縁受けの設計に関しては、メカニズム時(図 6.7)の耐力を損傷耐力と見なすことができ、その 2/3 を許容耐力とできることが A 社製品の天井ユニット試験により確かめられているので、本設計例においては、この値を採用する。なお、類似の試験結果は、既往の研究<sup>1)2)</sup>が参考となる。

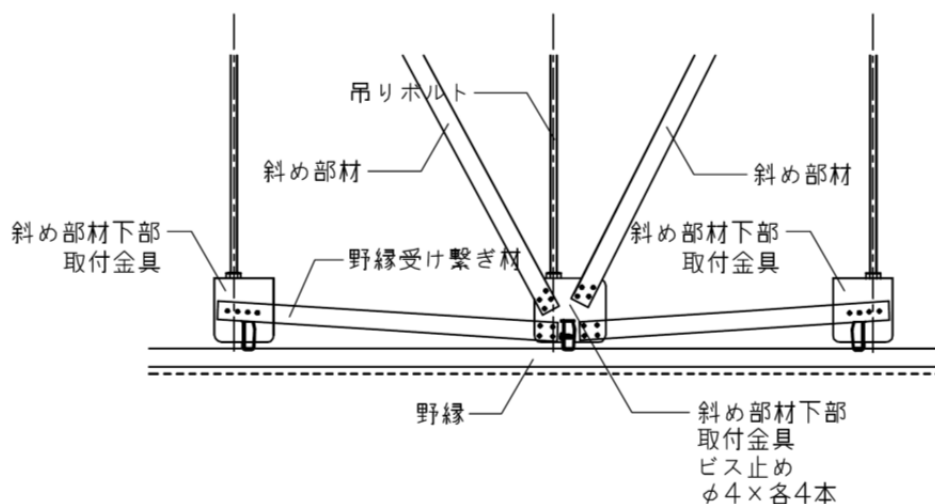


図 6.5 野縁受けに対する水平力（野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討）

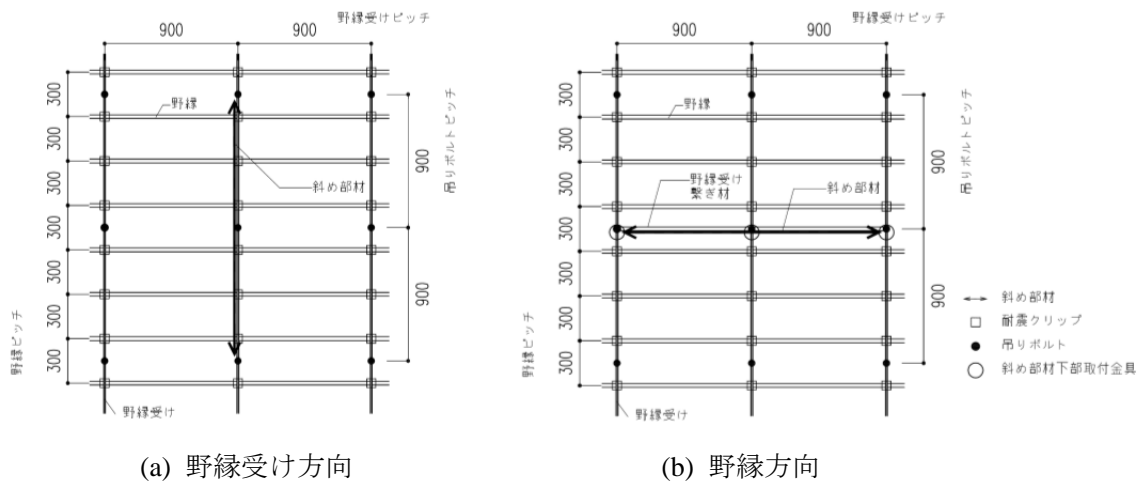


図 6.6 各部材の平面配置図

- ・野縁受け：C-38×12×1.6
- ・野縁のピッチ：@300mm

$$M_p = \sigma_y \times Z_p = 205 \times 214 = 43,870 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$P_d = 8 \times M_p / L_c = 8 \times 43,870 / 300 = 1,169 \text{ N}$$

$$P_a = \frac{2}{3} \times P_d = \frac{2}{3} \times 1,169 = 779 \text{ N}$$

$\sigma_y$ ：表 1.2 (2)天井下地材における降伏点の値(N/mm<sup>2</sup>)

$Z_p$ ：野縁受けの弱軸の塑性断面係数(mm<sup>3</sup>)

$M_p$ ：野縁受けの弱軸廻りの全塑性曲げモーメント(N・mm)

$L_c$ ：野縁のピッチ (mm)

$P_d$ ：野縁受け 1 本あたりの損傷耐力(N)

$P_a$ ：野縁受け 1 本あたりの許容耐力(N)

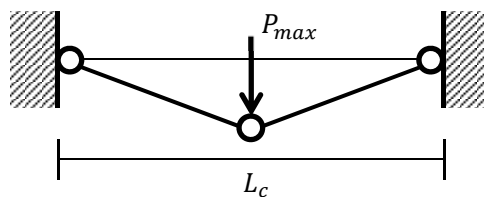


図 6.7 野縁受けの崩壊機構

- ・斜め部材 1 組が負担する水平力：2,256N(本節(1)項による $Q'_b$ )  
この  $Q'_b$  を野縁受け 3 本で負担する。  
設計用短期荷重  $P = Q'_b / 3 = 2,256 / 3 = 752 \text{ N}$   
ゆえに、

$$\frac{P}{P_a} = \frac{752}{779} = 0.97 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

であるため、斜め部材からの応力は野縁受け 3 本で負担させれば良い(野縁のピッチを@300mm とした場合)。

#### 【引用文献】

- 1) 金井 崇紘, 元結 正次郎, 佐藤 恭章: 部分天井試験体を用いた動的および静的実験, 強化されたクリップを用いた在来工法天井に関する研究 その1, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.877-878, 2012.09
- 2) 佐藤 恭章, 元結 正次郎, 金井 崇紘: 施工誤差を考慮した天井システムの性能評価, 強化されたクリップを用いた在来工法天井に関する研究 その2, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.879-880, 2012.09

#### b) 野縁受け平行方向地震時の野縁受けの検討

野縁受け平行方向地震時の野縁受けの検討は、吊り材の支配面積当たりの天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量  $W$  と、斜め部材が負担する力に対して行う(図 6.8)。

・野縁受け: C-38×12×1.6

断面二次モーメント  $I_x=18,300\text{mm}^4$

断面係数  $Z_x=960\text{mm}^3$

断面積  $A=94.0\text{mm}^2$

せん断用断面積  $A_w=60.8\text{mm}^2$

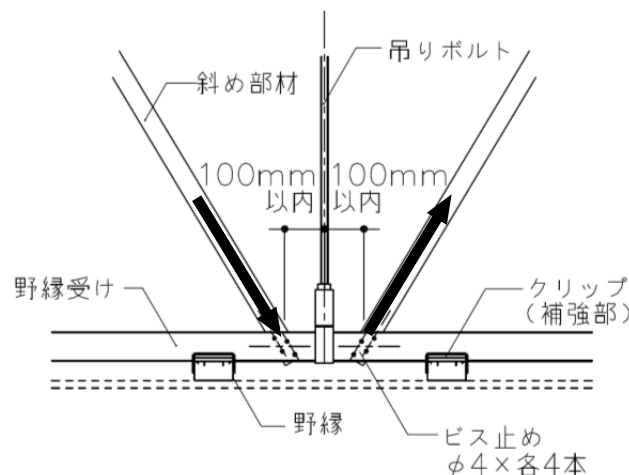


図 6.8 野縁受けに作用する力

・斜め部材 1 本が負担する鉛直力:  $P'_{b1} = P'_b \times \sin\theta = 2,195 \times 0.857 = 1,882\text{N}$



- ・斜め部材 1 本が負担する水平力： $P'_{b2} = Q'_b \div 2 = 2,256 \div 2 = 1,128\text{N}$
- ・野縁受けが負担する鉛直荷重： $w = 35\text{kg/m}^2 \times 9.8 \times @0.9\text{m} = 309\text{N/m}$

野縁受けの強軸方向に対する検討を行う。斜め部材は、最大離隔寸法である 200mm（中央から 100mm ずつ）離れているものとする(図 6.8)。

吊りボルトを支点(吊りボルトのピッチ：@900mm)として野縁受けの連梁応力解析(図 6.9 (a))を行った結果、野縁受けに生ずる応力は、

$$M = 170,819\text{N}\cdot\text{mm}$$

$$Q = 1,760\text{N}$$

となる(図 6.9 (c)~(d)を参照)。なお、野縁受けに生ずる軸力は、斜め部材 1 本が負担する水平力となるため、

$$N = P'_{b2} = 1,128\text{N}$$

を用いて検討する。

引張応力度 $\sigma_t$ は、

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = \frac{1,128}{94.0} = 12.0\text{N/mm}^2$$

となり、曲げ応力度 $\sigma_b$ は、

$$\sigma_b = \frac{M}{Z_x} = \frac{170,819}{960} = 178.0\text{N/mm}^2$$

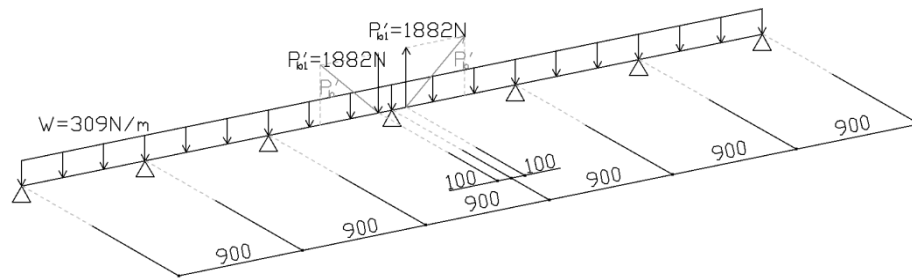
となり、せん断応力度 $\tau$ は、

$$\tau = \frac{Q}{A_w} = \frac{1,760}{60.8} = 30.0\text{N/mm}^2$$

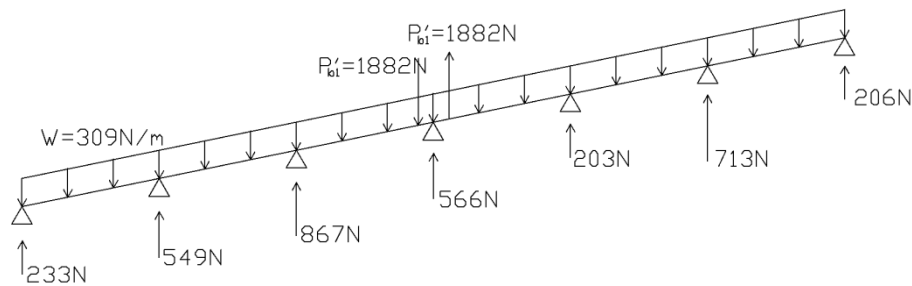
となる。軸方向力とせん断力と曲げモーメントの組み合わせ応力により、

$$\frac{\sqrt{(\sigma_b + \sigma_t)^2 + 3\tau^2}}{f_t} = \frac{\sqrt{(178.0 + 12.0)^2 + 3 \times 30.0^2}}{205} = \frac{197.0}{205} = 0.97 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

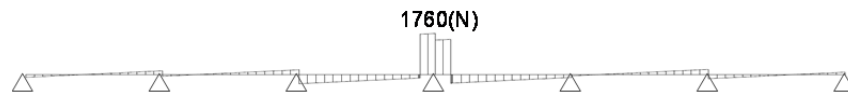
となるため、野縁受けは鉛直力に対して問題ない。なお、図 6.9(b)の反力図より、吊りボルトは引張力のみ作用しており、座屈はしない。



(a) モデル図



(b) 反力図



(c) せん断力図



(d) 曲げモーメント図

図 6.9 強軸の連梁応力解析モデル及び反力図、応力図

#### (6) クリップ部(野縁受け+クリップ+野縁)の設計

クリップ部の水平力に対する検討は、野縁受け+クリップ+野縁の複合部材で耐力評価した試験結果を用いて検討する。野縁受けと野縁の接合に用いるクリップは、JIS クリップよりも耐震性能を向上させた A 社製品を使用する。

- 野縁受け方向のクリップ部の設計用水平荷重  $Q_{c1}$  は、斜め部材 1 組が負担する水平力 (2 本分) :  $Q'_b = 2,256\text{N}$  を野縁受けと野縁の接合に用いるクリップ 2 個で負担するものとして算定する(図 6.10)。

$$\text{設計用短期水平荷重 } Q_{c1} = Q'_b / 2 = 2,256 / 2 = 1,128\text{N}$$

$$\text{野縁受け方向のクリップ部の短期許容水平耐力 } Q_A = 1,600\text{N} \geq 1,128\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

- 野縁方向のクリップ部の設計用水平荷重  $Q_{c2}$  は、斜め部材の存在応力をクリップ 6 個で負担するものとする。本設計例においては、6 個のクリップの内、本節(5)の野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討において算出した、クリップ部の最大反力を  $Q_{c2}$  として採用する(図 6.11)。

設計用短期水平荷重  $Q_{c2}=376\text{N}$

野縁方向のクリップ部の短期許容水平耐力  $Q_A=600\text{N} \geq 376\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

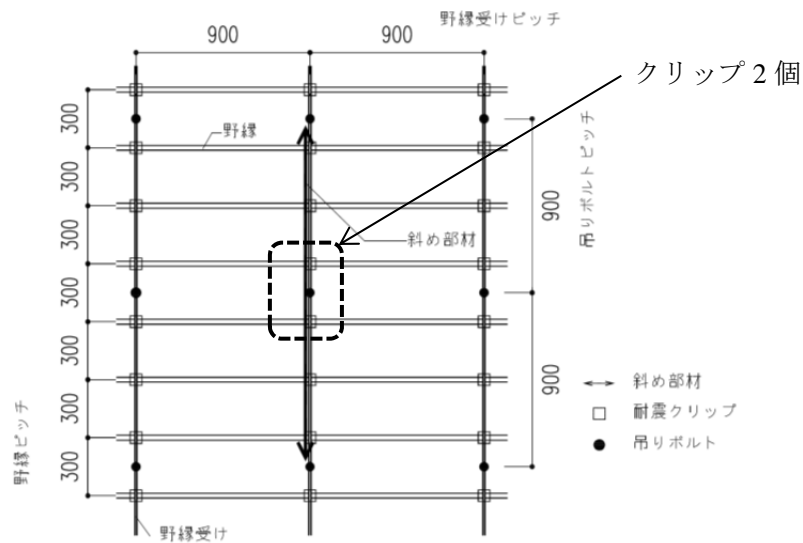


図 6.10 野縁受け方向の水平力負担クリップ

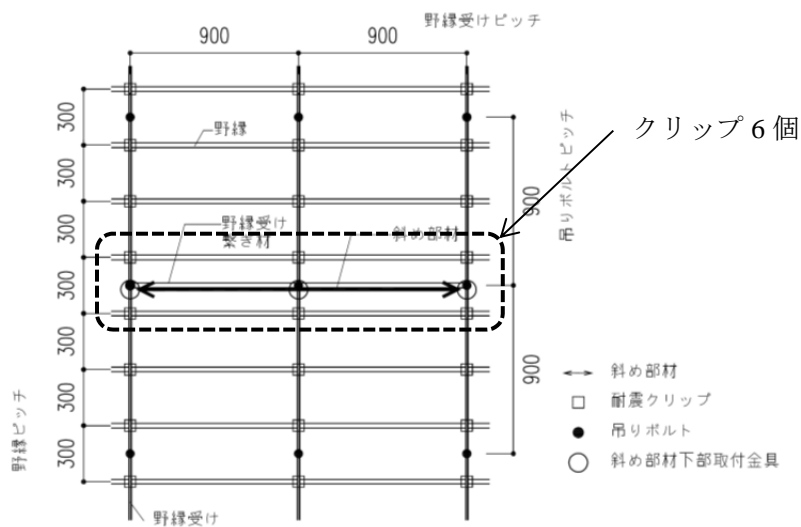


図 6.11 野縁方向の水平力負担クリップ

### (7) 野縁の設計

野縁に関しては、

- ・野縁が直接斜め部材からの応力を受けないこと
- ・野縁が天井面を構成する天井板に@200mm ピッチでビスにより取り付けられており、天井板の剛性が大きく寄与すること

を鑑み、局所的な応力も発生しないことから、水平力及び鉛直力に対する検討は要さない。

### (8) ハンガー部(吊りボルト+ハンガー+野縁受け)の設計

ハンガーは、野縁受け(C-38×12×1.6)用のハンガー( $t=2.3\text{mm}$ )を使用することとし、外乱によるハンガーの開きやそれに伴う野縁受けの外れを防止するため、A社製品の耐震性を有するハンガー(ビス止め)を使用する(図 6.12)。

なお、地震時の水平力は、すべて斜め部材が負担しているため、ハンガーの検討は鉛直力に対して行う。

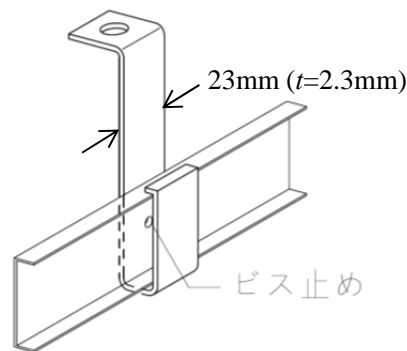


図 6.12 ハンガー図

ハンガー部の設計用短期荷重(軸方向力:  $T_H$ )は、以下の荷重とする。

軸方向力  $T_H$ : 本節(1)にて示した天井インサートの設計用短期引張荷重( $T_s=2,437\text{N}$ )

- ・ハンガー: 断面積  $A_H=23 \times 2.3=52.9\text{mm}^2$

ハンガー1本当たりの引張応力度 $\sigma_t$ は、

$$\sigma_t = \frac{T_H}{A_H} = \frac{2,437}{52.9} = 46.1\text{N/mm}^2$$

となる。ゆえに、

$$\frac{\sigma_t}{f_t} = \frac{46.1}{205} = 0.23 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

であるため、ハンガーは地震時の鉛直荷重に対して問題ない。

### (9) 天井面を構成する天井板と野縁の接合部の設計

天井面を構成する天井板と野縁の接合部は、両者を繋ぐビスの検討により行う。ビスはC社製品を使用する。

天井仕上げ材と野縁を接合するビスの許容耐力は、1-4節の許容耐力値ではなく、C社カタログ値を採用することとし、ビス部の許容引張耐力  $T_{BA}$  は 250N、許容せん断耐力  $Q_{BA}$  は 250N とする。

$$\begin{aligned} \cdot \text{ビス部にかかる引張力 } T_B &= \Sigma W/A \times (\text{野縁ピッチ}) \times (\text{ビスピッチ}) \times (\text{長期 1G} + \text{上下 1G}) \\ &= (35.0 \times 9.8) \times 0.300 \times @0.2 \times (1.0+1.0) = 41.2\text{N} \end{aligned}$$

$$\cdot \text{ビス部の許容引張耐力 } T_{BA} = 250\text{N} \geq 41.2\text{N}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{ビス部にかかるせん断力 } Q_B &= \Sigma W/A \times (\text{野縁ピッチ}) \times (\text{ビスピッチ}) \times (\text{水平震度}) \\ &= (35.0 \times 9.8) \times 0.300 \times @0.2 \times 1.12 = 23.1\text{N} \end{aligned}$$

$$\cdot \text{ビス部の許容せん断耐力 } Q_{BA} = 250\text{N} \geq 23.1\text{N}$$

ゆえに、引張力とせん断力の組み合わせ応力により、

$$\sqrt{\left(\frac{T_B}{T_{BA}}\right)^2 + \left(\frac{Q_B}{Q_{BA}}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{41.2}{250}\right)^2 + \left(\frac{23.1}{250}\right)^2} = 0.19 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

である。

## 6-2 天井の耐力計算

前節において、各接合部材の耐力計算を行い、水平方向及び上下方向の地震力に対して安全であることを確認している。応答スペクトル法では、天井面に作用する力により天井に生ずる力が当該天井の許容耐力を超えないことを確かめる必要があるため、本節においては、前節の検討結果のうち、前節(5)の「a) 野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討」にて用いた野縁受け 1 本あたりの許容耐力  $P_a$  が最も余裕度が少ない部材であるため、この数値をもとに天井の許容耐力を算定する。

本設計例においては、斜め部材 1 組の水平地震力(野縁受け直交方向地震時)を野縁受け 3 本に負担させることとしているため、斜め部材 1 組の許容耐力は、

$$P_a = 779\text{N}$$

$$P'_a = 779\text{N} \times 3 \text{ 本} = 2,337\text{N}$$

$P_a$  : 野縁受け 1 本あたりの許容耐力(N)

$P'_a$  : 斜め部材 1 組の許容耐力(N)

となる。X 方向及び Y 方向の斜め部材の組数は、ともに 70 組であり、水平方向の地震力は

Y方向の数値を用いるため、天井の許容耐力は、

$$\text{水平方向の地震力} : M \times S_{f_{th,Y}} = 157.9\text{kN}$$

$$\text{天井の許容耐力} : \Sigma P'_a = 70 \text{組} \times 2,337\text{N} = 163.5 \times 10^3\text{N} = 163.5\text{kN}$$

$$\text{ゆえに、} M \times S_{f_{th,Y}} = 157.9\text{kN} < \Sigma P'_a = 163.5\text{kN} \quad \therefore \text{OK}$$

となる。以上により、斜め部材の組数は(X方向及びY方向とも)70組で良い。

## § 7. 設計図面

### 7-1 設計図面について

次ページ以降に、設計図面を添付する。設計図面の構成は、特記仕様書、標準仕様図、天井伏図(ゾーニング)となっている。また、ゾーニングの考え方をもとにして、斜め部材を天井伏図に配置したのも併せて示すので参考にされたい。

# 特記仕様書 (吊り天井の脱落対策)

1. 特記仕様  
 (1) 項目は、番号に○印のついたものを適用する。  
 (2) 特記事項は、■印を適用する。

項目	特記事項								
① 特定天井	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 吊り天井                             <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 在来工法                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>○ システム天井</li> <li>○ その他の天井 ( )</li> </ul> </li> <li>■ 居室、廊下その他の人が日常立ち入る場所</li> <li>■ 居室、廊下                                     <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 人が日常立ち入る場所 (事務用ビルの水気漏室)</li> <li>■ 高さ6mを超える天井の部分で、水平投影面積が200㎡を超える部分を含む</li> <li>■ 天井高さ (6.5m)</li> <li>■ 天井の水平投影面積 (412.6㎡)</li> <li>■ 天井の水平投影面積 (35.0kg/m<sup>2</sup>)</li> <li>■ 天井の水平投影面積 (412.6㎡)</li> <li>■ 天井の水平投影面積 (35.0kg/m<sup>2</sup>)</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>□ 天井で特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのあるものには、腐食、腐朽その他の劣化を生じにくい材料又は有効なさき止め、耐食その他の有効な劣化防止のための措置を施した材料を使用する</li> </ul>								
② 耐久性等関係規定	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 天井で特に腐食、腐朽その他の劣化のおそれのあるものには、腐食、腐朽その他の劣化を生じにくい材料又は有効なさき止め、耐食その他の有効な劣化防止のための措置を施した材料を使用する</li> </ul>								
③ 設計ルール	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構造躯体の計算ルール (○4号建築物)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ルート1</li> <li>○ ルート2</li> <li>○ ルート3</li> <li>■ 限界耐力計算 (時刻歴応答解析)</li> </ul> </li> <li>■ 構造躯体の補強計算ルール                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ルート1</li> <li>○ ルート2又はルート3又は4号建築物の場合: 仕様ルール又は計算ルール</li> <li>■ 構造躯体の補強計算が限界耐力計算の場合: 応答スペクトル法 (ただし、層間変形角が1/200以下の場合、仕様ルール又は計算ルール (水平震度法、簡易スペクトル法) による検証も可)</li> </ul> </li> <li>■ 構造躯体の補強計算が時刻歴応答解析: 特殊計算ルール (ただし、非定常性能評価期間が定める業務方針に基づき、仕様ルール又は計算ルールによる検証も可)</li> <li>□ 仕様ルール (仕様規定)</li> <li>□ 計算ルール (水平震度法)</li> <li>□ 計算ルール (簡易スペクトル法)</li> <li>□ 計算ルール (応答スペクトル法)</li> <li>□ 特殊計算ルール (時刻歴応答解析等)</li> <li>□ 落下防止措置 (※注: 既存建築物に対して制振等の一定の建築行為を行う場合にのみ選択可能)</li> </ul>								
4 仕様ルール	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 以下の特記事項により、仕様ルートの規定に適合していることを確認                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 地上部分の階数 (階)</li> <li>・ 天井面が位置する階数 ( )</li> <li>・ 天井面構成部材等の単位面積質量 (□ kg/m<sup>2</sup>)</li> <li>・ 天井材の相互緊結部材 (□ ポルト、□ おねじ □ その他の接合材 ( ) )</li> <li>・ 吊り材 (□ 吊りボルト (□ W3/8 □ W1/2) □ 吊りボルト同等品以上 ( ) )</li> <li>・ 吊り材の取り付け位置 (□ 構造耐力上主要な部分 (スラブ、一部大梁) □ 天井の吊り構造部)</li> <li>・ 締め部材及び吊り材の取り付け方法 (□ 埋め込みインサート □ ポルト □ その他の接合材 ( ) )</li> <li>・ 天井材の設置方法 (□ 本数、本/m<sup>2</sup> □ 設置方向に釣り合い良く配置)</li> <li>・ 天井面の設置等 (□ 有り (段差スリット) □ 有り □ 無し □ 無し)</li> <li>・ 吊り長さ (□ m □ 概算均一)</li> <li>・ 締め部材の配置 (□ 組 □ 釣り合い良く配置)</li> <li>・ 型等とのクリアランス (□ 6cm □ 特別な調査又は研究 ( ) )</li> </ul> </li> </ul> <p>1. 水平震度の算定          検討に用いる水平震度は、平成25年国土交通省告示第771号第3項9号に規定される水平震度kを用いる。          k: 階に応じて次の表に掲げる水平震度</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>階</th> <th>水平震度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(一) 0.3(2N+1)を超えない階数に1を加えた階から最上階</td> <td>2.2r</td> </tr> <tr> <td>(二) (-)又は(三)以外の階</td> <td>1.3r</td> </tr> <tr> <td>(三) 0.11(2N+1)を超えない階数の階から最下階</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記表にて、          (一) 0.3(2N+1)=0.3×(2+1)=          → 地上 階→地上 階(最上階)          (三) 0.11(2N+1)=0.11×(2×+1)=          → 地上 階(最下階)→地上 階          (二) (-)又は(三)以外の階          → 地上 階→地上 階</p>	階	水平震度	(一) 0.3(2N+1)を超えない階数に1を加えた階から最上階	2.2r	(二) (-)又は(三)以外の階	1.3r	(三) 0.11(2N+1)を超えない階数の階から最下階	0.5
階	水平震度								
(一) 0.3(2N+1)を超えない階数に1を加えた階から最上階	2.2r								
(二) (-)又は(三)以外の階	1.3r								
(三) 0.11(2N+1)を超えない階数の階から最下階	0.5								

項目	特記事項
<p>本設計例にて対象とする特定天井は、階床下部分にある天井 ( 階床上げ部分の天井) であるため、本例では、( ) の「水平震度: 」に該当する                  以上より、本特定天井の検討に使用する水平震度kは以下の通りとなる                  k=</p> <p>2. 総重量の算定                  本例では、前面にて算定した水平震度kに乗じる総重量を算定する。                  ここで対象とする総重量とは、平成25年国土交通省告示第771号第1項4号に規定される天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量Wを指す</p> <p>(1) エントランスホールの天井材について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 天井面積: m<sup>2</sup></li> <li>・ 天井高さ: CH mm</li> <li>・ 吊り長さ: mm</li> <li>・ 柱スパン: m (X方向), m (Y方向)</li> <li>・ 単位質量:</li> </ul> <p> <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\Sigma \gamma = \text{kg/m}^2 \rightarrow \text{kg/m}^2</math> </p> <p>仕様ルールでは、天井面構成部材等の単位面積あたりの質量が20kg以下とされているため、その確認を行う (平成25年国土交通省告示第771号第3項1第1号の規定)  <math>\Sigma \gamma = \text{kg/m}^2 \leq 20\text{kg/m}^2 \therefore \text{OK}</math></p> <p>(2) 天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量W                  総重量: <math>W = (9.8 \times 10^{-3}) \times \text{KN}</math></p> <p>3. 締め部材の組数算定                  締め部材の組数は、平成25年国土交通省告示第771号第3項9号に規定される二本の締め部材から構成される組数nとする</p> <p>(1) 締め部材の選定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締め部材:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>断面積: <math>A_b = \text{mm}^2</math></li> <li>断面二次モーメント: <math>I = 0\text{mm}^4</math></li> <li>断面二次半径: <math>i = \text{mm}</math></li> <li>締め部材の長さ: <math>L_b = \sqrt{\frac{W}{A_b}} \times 10^{-3} = \text{mm} \times 10^{-3} = \text{m}</math></li> <li>組長比: <math>\lambda_b = L_b \times 10^3 / i = \text{mm} / \text{mm}</math></li> <li>水平面に対する締め部材のなす角度: <math>\theta = (\sin \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b}, \cos \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b}, \tan \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b})</math></li> <li>限界組長比: <math>\lambda = \frac{1.500}{\sqrt{1.5}} \leq \lambda_b \therefore \text{OK}</math></li> </ul> </li> </ul> <p>(2) 締め部材の組数の算定                  ・ 二本の締め部材から構成される組数n  <math>n = \frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3}</math>                  K: 水平震度 (= )                  W: 天井面構成部材等の総重量 (= KN)                  B: 締め部材の断面形状及び寸法に依る係数 (= 1 / l<sub>0</sub>)                  γ: 締め部材の水平投影長さ                  L<sub>b</sub>: 締め部材の組長比に依る距離係数                  L: 締め部材の長さ (m)</p> <p>α = (平成25年国土交通省告示第771号第3項9号の表( )を使用)                  B = m                  γ = 1.0 (λ ≈ 130)                  L<sub>b</sub> = m                  n = <math>\frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3} = \frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3} \times 10^{-3} \rightarrow \text{組}</math></p> <p>ゆえに、組の締め部材を釣り合い良く配置すればよい。</p>	<p>本設計例にて対象とする特定天井は、階床下部分にある天井 ( 階床上げ部分の天井) であるため、本例では、( ) の「水平震度: 」に該当する                  以上より、本特定天井の検討に使用する水平震度kは以下の通りとなる                  k=</p> <p>2. 総重量の算定                  本例では、前面にて算定した水平震度kに乗じる総重量を算定する。                  ここで対象とする総重量とは、平成25年国土交通省告示第771号第1項4号に規定される天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量Wを指す</p> <p>(1) エントランスホールの天井材について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 天井面積: m<sup>2</sup></li> <li>・ 天井高さ: CH mm</li> <li>・ 吊り長さ: mm</li> <li>・ 柱スパン: m (X方向), m (Y方向)</li> <li>・ 単位質量:</li> </ul> <p> <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\gamma = \text{kg/m}^3</math>  <math>\Sigma \gamma = \text{kg/m}^2 \rightarrow \text{kg/m}^2</math> </p> <p>仕様ルールでは、天井面構成部材等の単位面積あたりの質量が20kg以下とされているため、その確認を行う (平成25年国土交通省告示第771号第3項1第1号の規定)  <math>\Sigma \gamma = \text{kg/m}^2 \leq 20\text{kg/m}^2 \therefore \text{OK}</math></p> <p>(2) 天井面構成部材及び天井面構成部材に地震その他の衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量W                  総重量: <math>W = (9.8 \times 10^{-3}) \times \text{KN}</math></p> <p>3. 締め部材の組数算定                  締め部材の組数は、平成25年国土交通省告示第771号第3項9号に規定される二本の締め部材から構成される組数nとする</p> <p>(1) 締め部材の選定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締め部材:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>断面積: <math>A_b = \text{mm}^2</math></li> <li>断面二次モーメント: <math>I = 0\text{mm}^4</math></li> <li>断面二次半径: <math>i = \text{mm}</math></li> <li>締め部材の長さ: <math>L_b = \sqrt{\frac{W}{A_b}} \times 10^{-3} = \text{mm} \times 10^{-3} = \text{m}</math></li> <li>組長比: <math>\lambda_b = L_b \times 10^3 / i = \text{mm} / \text{mm}</math></li> <li>水平面に対する締め部材のなす角度: <math>\theta = (\sin \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b}, \cos \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b}, \tan \theta = \frac{W}{L_b \cdot A_b})</math></li> <li>限界組長比: <math>\lambda = \frac{1.500}{\sqrt{1.5}} \leq \lambda_b \therefore \text{OK}</math></li> </ul> </li> </ul> <p>(2) 締め部材の組数の算定                  ・ 二本の締め部材から構成される組数n  <math>n = \frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3}</math>                  K: 水平震度 (= )                  W: 天井面構成部材等の総重量 (= KN)                  B: 締め部材の断面形状及び寸法に依る係数 (= 1 / l<sub>0</sub>)                  γ: 締め部材の水平投影長さ                  L<sub>b</sub>: 締め部材の組長比に依る距離係数                  L: 締め部材の長さ (m)</p> <p>α = (平成25年国土交通省告示第771号第3項9号の表( )を使用)                  B = m                  γ = 1.0 (λ ≈ 130)                  L<sub>b</sub> = m                  n = <math>\frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3} = \frac{KW}{3.4B \cdot \gamma \cdot L_b^3} \times 10^{-3} \rightarrow \text{組}</math></p> <p>ゆえに、組の締め部材を釣り合い良く配置すればよい。</p>

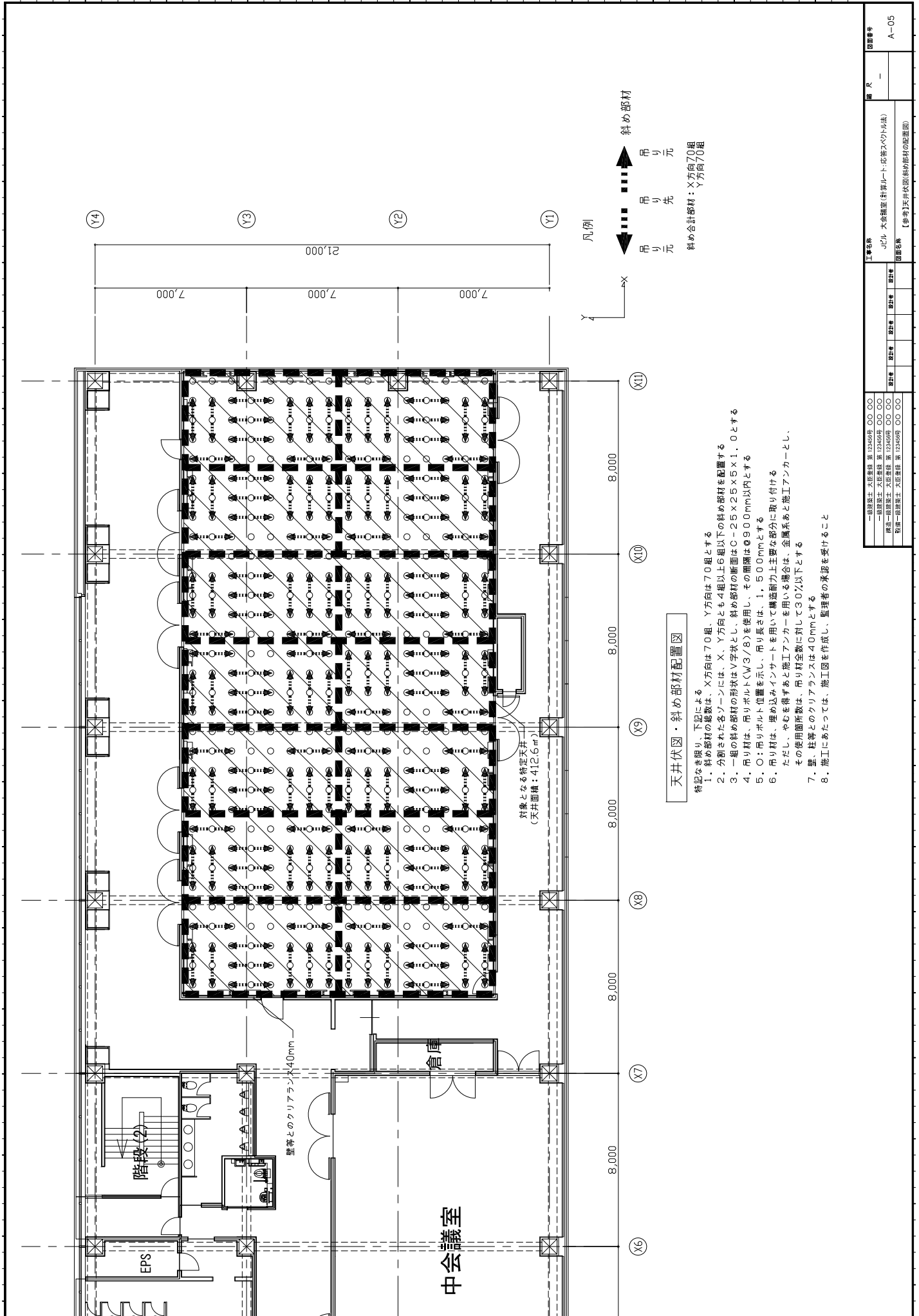
図面番号	A-01
工務名称	止ル 大倉建設(計算ルール)応答スペクトル法
図面名称	特記仕様書(1)
設計者	
校核者	
承認者	
図面番号	
図面名称	
設計者	
校核者	
承認者	
図面番号	
図面名称	
設計者	
校核者	
承認者	











天井伏図・斜め部材配置図

- 特記を除き、下記による
1. 斜め部材の総数は、X方向は70組、Y方向は70組とする
  2. 分割された各ゾーンには、X、Y方向とも4組以上6組以下の斜め部材を配置する
  3. 一組の斜め部材の形状はV字状とし、斜め部材の断面はC-25×25×1.0とする
  4. 吊り材は、吊りボルト(W3/8)を使用し、その間隔は900mm以内とする
  5. O：吊り材は、埋め込みインサートを用いて構造耐力上主要な部分に取り付ける
  6. 吊り材は、埋め込みインサートを用いて構造耐力上主要な部分に取り付ける  
ただし、やむを得ずあと施工アンカーを用いる場合は、金属系あと施工アンカーとし、その使用箇所数は、吊り材総数に対して30%以下とする
  7. 壁、柱等とのクリアランスは40mmとする
  8. 施工にあたっては、施工図を作成し、監理者の承認を受けること

凡例

斜め部材  
 斜め部材  
 斜め部材  
 斜め部材

斜め合計部材：X方向70組  
Y方向70組

工事名称		図面番号	
此ビル 大会議室(計算ルート:応答スベクトル法)		A-05	
設計者	監理者	設計者	監理者
第一設計者	第一監理者	第一設計者	第一監理者
第二設計者	第二監理者	第二設計者	第二監理者
第三設計者	第三監理者	第三設計者	第三監理者
第四設計者	第四監理者	第四設計者	第四監理者
第五設計者	第五監理者	第五設計者	第五監理者
第六設計者	第六監理者	第六設計者	第六監理者
第七設計者	第七監理者	第七設計者	第七監理者
第八設計者	第八監理者	第八設計者	第八監理者
第九設計者	第九監理者	第九設計者	第九監理者
第十設計者	第十監理者	第十設計者	第十監理者