

## 吊り天井の耐震設計 設計例 1-2

Mビル エントランスロビー  
(9階建て SRC造 オフィスビル)

設計手法：計算ルート（水平震度法）

## 目次

<b>§ 1. 吊り天井の耐震設計概要</b> .....	<b>1-2-4</b>
1-1 建物概要 .....	1-2-4
1-2 設計方針 .....	1-2-5
1-3 チェックシート .....	1-2-6
1-4 使用材料と許容応力度・許容耐力.....	1-2-7
1-5 部材断面性能 .....	1-2-8
<b>§ 2. 水平方向の地震力算定</b> .....	<b>1-2-9</b>
2-1 水平震度の算定 .....	1-2-9
2-2 水平方向の地震力算定 .....	1-2-10
<b>§ 3. 斜め部材の設計</b> .....	<b>1-2-11</b>
3-1 斜め部材の耐力計算.....	1-2-11
3-2 斜め部材の組数算定 .....	1-2-12
3-3 斜め部材の配置計画 .....	1-2-13
<b>§ 4. クリアランスの設計</b> .....	<b>1-2-15</b>
4-1 必要クリアランスの算定.....	1-2-15
<b>§ 5. 接合部材の設計</b> .....	<b>1-2-16</b>
5-1 接合部材の耐力計算.....	1-2-16
5-2 天井の耐力計算 .....	1-2-27
<b>§ 6. 設計図面</b> .....	<b>1-2-28</b>
6-1 設計図面について.....	1-2-28
A-01 特記仕様書(1).....	1-2-29

A-02	特記仕様書(2).....	1-2-30
A-03	標準図.....	1-2-31
A-04	天井伏図(ゾーニング図).....	1-2-32
A-05	【参考】天井伏図(斜め部材の配置図)・断面図.....	1-2-33

## § 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9階、塔屋1階
- ・ 建物高さ：30.35m
- ・ 対象天井：1階見上げ～3階床下に位置するエントランスロビー部分の天井(2階部分が吹き抜けとなっている天井) ⇒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：878.7m<sup>2</sup> (特定天井部分)
- ・ 天井高さ：6,245mm (特定天井部分)
- ・ 天井吊り長さ：800mm (特定天井部分)
- ・ 柱スパン：6.6m (特定天井部分：X方向)  
10.0m (特定天井部分：Y方向)
- ・ 構造種別：鉄骨鉄筋コンクリート造

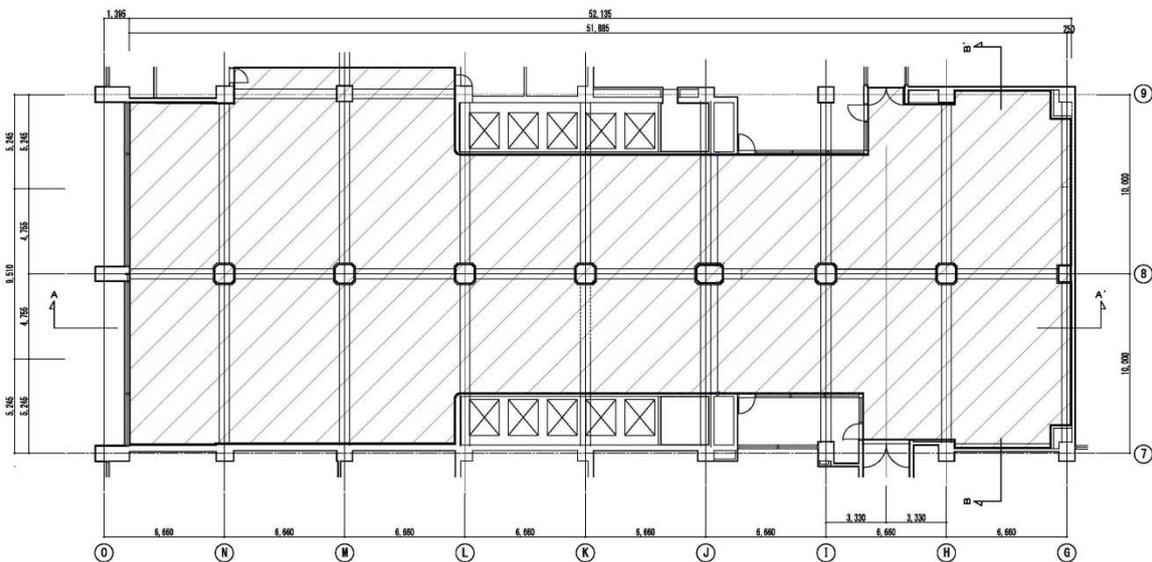


図 1.1 天井伏図

## 1-2 設計方針

本設計例では、建物1階に位置するエントランスロビーにおいて、2階部分が吹き抜けとなっており、天井高さが6mを超え、なお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1号に規定される方法(以下、水平震度法)を用いて、特定天井の構造方法について検討する。

図1.2に、吊り天井の耐震設計に関するフローを示す。

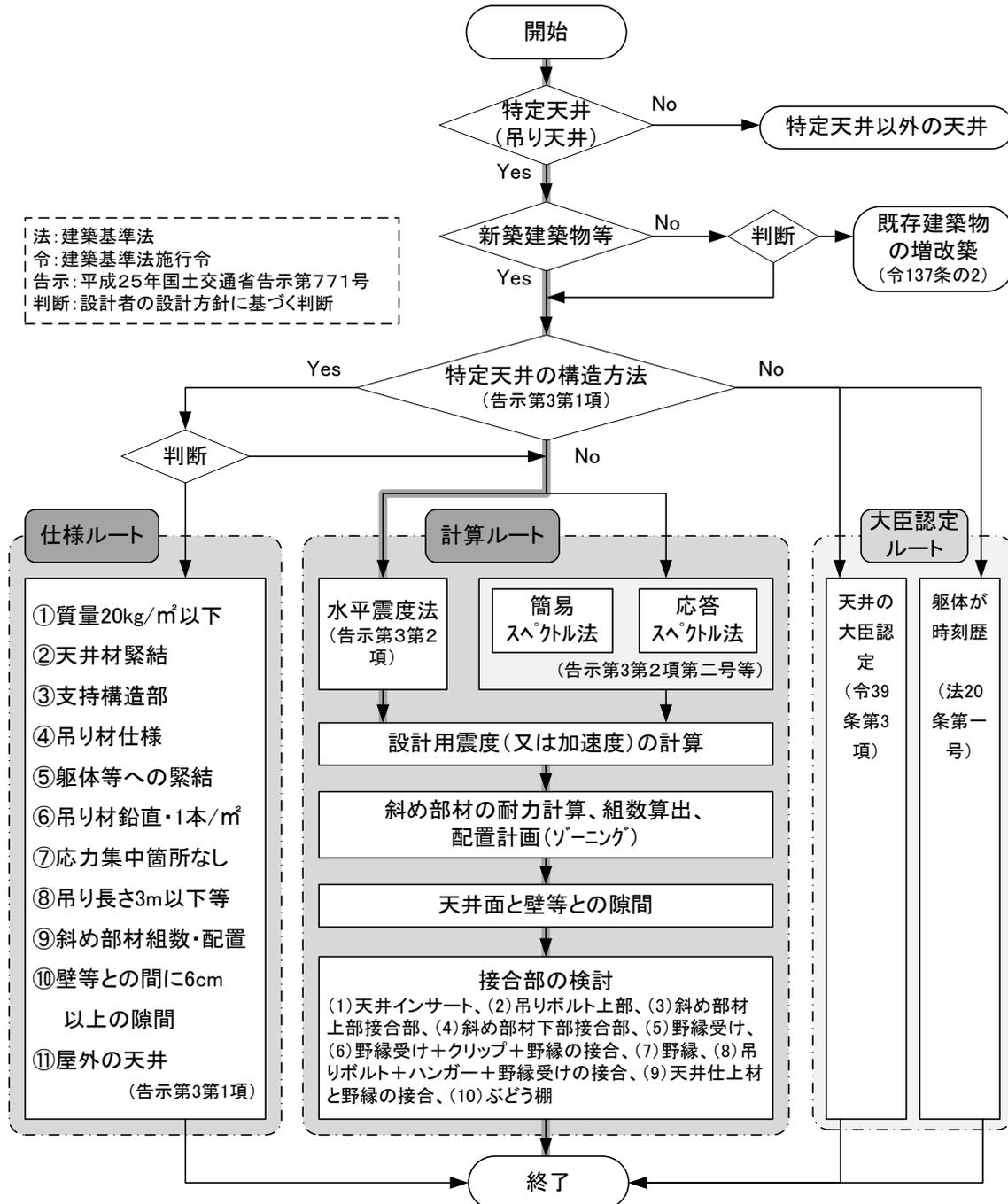


図1.2 吊り天井の設計フロー

### 1-3 チェックシート

水平震度法を満足するよう、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)		与条件	設計	図面No.
1	天井の種類	吊り天井であること	吊り天井	A-01
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	エントランスロビー	A-01
3	天井の規模	高さ6mを超える天井の部分であること	高さ:6.245m	A-01
		水平投影面積が200㎡を超える部分を含むこと	面積:878.7㎡	A-01
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:22kg/㎡	A-01
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	A-01
● 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)		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、腐食その他の有効な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		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(水平震度法)	A-01
● 計算ルート(天井告示第3第2項第1号)		与条件	設計	図面No.
1	吊り材、斜め部材、その他の天井材の配置方法	釣り合い良く配置していること	吊り材:両方とも@0.9m 斜め部材:与条件通り その他の天井材:与条件通り	A-02 A-04 A-05
2	吊り材を取り付ける天井の支持構造部の剛性	十分な剛性を有していること	天井は構造耐力上主要な部分に取り付ける	A-02
3	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
4	天井の許容耐力	告示式により算定した水平震度以上の数値を用いていること	水平震度:k=0.5	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	地震力:kW=94.7×10 <sup>3</sup> N 許容耐力:ΣQ <sub>0</sub> =76×1266=96.2×10 <sup>3</sup> N	A-02
		柱スパンが15mを超える場合は、当該水平方向の地震力に加えて、上下震度1.0以上の数値を用いて検討すること	柱スパン:10.0(Y方向)<15m	A-02 A-04 A-05
5	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。	吊り長さ:800mm<3,000mm クリアランス:6cm	A-02 A-03 A-04 A-05
6	その他の震動及び衝撃	屋外に設ける天井については、風圧並びに地震以外の震動及び衝撃を適切に評価する	該当なし	A-02

#### 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

斜め部材の設計、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	せん断用断面積	強軸	弱軸	強軸	弱軸	弱軸
斜め材 野縁受け	C-38×12×1.2	72.0	45.6	13590	847	715	90	3.50
斜め材 野縁受け	C-38×12×1.6	94.0	60.8	18300	1080	960	120	3.40
吊りボルト	W1/2	92.5	69.3	682		125.6		2.72

## § 2. 水平方向の地震力算定

### 2-1 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 第 2 項 1 号口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

	階	水平震度
(一)	0.3(2N+1)を超えない整数に 1 を加えた階から最上階	2.2rZ
(二)	(一)又は(三)以外の階	1.3rZ
(三)	0.11(2N+1)を超えない整数の階から最下階	0.5
<p>この表において、<math>N</math> 及び <math>r</math> は、それぞれ次の数値を表すものとする。</p> <p><math>N</math> 地上部分の階数</p> <p><math>r</math> 次に定める式によって計算した数値</p> $r = \min \left[ \frac{1 + 0.125(N - 1)}{1.5}, 1.0 \right]$ <p><math>Z</math> 令第 88 条第 1 項に規定する <math>Z</math> の数値</p>		

上記表にて、

- (一)  $0.3(2N+1)=0.3 \times (2 \times 9 + 1) = 5.7$  を超えない整数 5 に 1 を加えた階から最上階  
→地上 6 階～地上 9 階(最上階)
- (三)  $0.11(2N+1)=0.11 \times (2 \times 9 + 1) = 2.09$  を超えない整数 2 の階から最下階  
→地上 1 階(最下階)～地上 2 階
- (二) (一)又は(三)以外の階  
→地上 3 階～地上 5 階

本設計例にて対象とする特定天井は、3 階床下部分にある天井(1 階見上げ部分の天井であり、2 階床が吹き抜けとなっている)であるため 2 階に設ける天井とみなし、本設計例では、(三)の「水平震度 : 0.5」を採用する。

なお、本設計例には直接関係する値とはならないが、参考までに、水平震度  $k$  にかかる係数  $r$  について、以下の通り算定する。また、地域係数は  $Z=1.0$  である。

$$r = \min \left[ \frac{1 + 0.125(N - 1)}{1.5}, 1.0 \right] = \min \left[ \frac{1 + 0.125(9 - 1)}{1.5}, 1.0 \right] = \min[1.33, 1.0] = 1.0$$

以上より、本設計例にて検討に要する際の水平震度  $k$  は以下の通りとなる。

$$k=0.5$$

## 2-2 水平方向の地震力算定

本節では、水平方向の地震力を算定する。

地震力は、前節にて算出した水平震度  $k$  を、平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項 1 号口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  $W$  に乗じたものとする。

### (1) エントランスホールの天井材について

- ・天井面積：878.7m<sup>2</sup>
- ・天井高さ：CH6,245mm
- ・吊り長さ：800mm
- ・柱スパン：6.6m(X 方向)、10.0m(Y 方向)
- ・単位質量：

アルミスパンドレル t=1.0	$\gamma = 3.0\text{kg/m}^2$
アルミルーバー	$\gamma = 9.0\text{kg/m}^2$
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)	$\gamma = 6.6\text{kg/m}^2$
合 計	$\Sigma \gamma = 22.0\text{kg/m}^2$

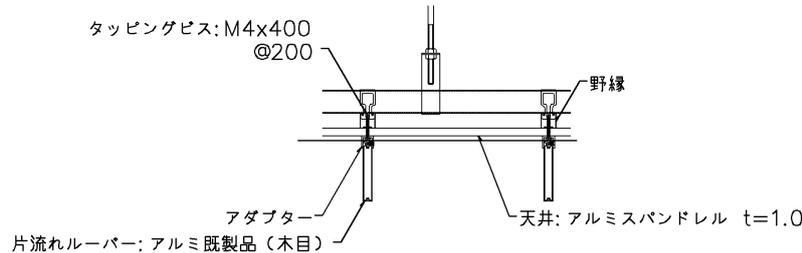


図 2.1 天井材について

水平震度法では、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。

$$\Sigma \gamma = 22.0\text{kg/m}^2 \quad (\geq 20\text{kg/m}^2 \quad \text{参考：仕様ルートの規定外})$$

### (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重量 $W$

$$\text{総重量：} W = (22.0 \times 9.8 \times 10^{-3}) \times 878.7 = 189.4\text{kN}$$

### (3) 水平方向の地震力 $kW$

以上の算定結果より、本設計例にて使用する水平方向の地震力  $kW$  は、以下の通りとなる。

$$kW = 0.5 \times 189.4 = 94.7\text{kN}$$

### § 3. 斜め部材の設計

#### 3-1 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。

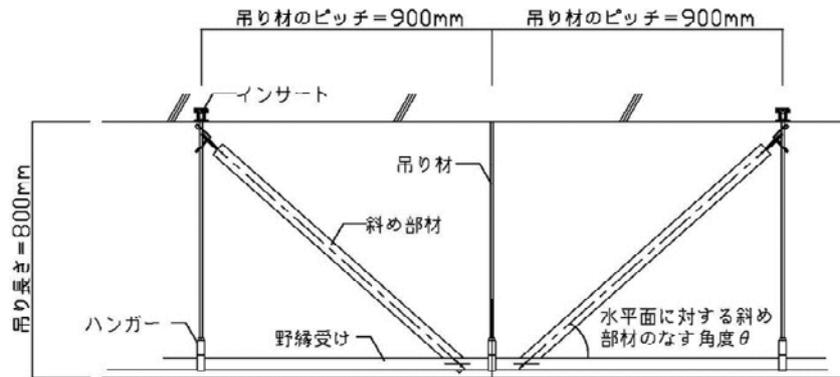


図 3.1 各部分の寸法

#### (1) 斜め部材の選定

斜め部材：C-38×12×1.2

断面積： $A_b = 72.0\text{mm}^2$

断面二次モーメント： $I = 847\text{mm}^4$

断面二次半径： $i = 3.50\text{mm}$

斜め部材の長さ： $L_b = \sqrt{900^2 + 800^2} \times 10^{-3} = 1,205 \times 10^{-3}\text{m}$

設置角度： $\theta = 41.6^\circ$  ( $\sin\theta = 0.664$ 、 $\cos\theta = 0.747$ 、 $\tan\theta = 0.889$ )

細長比： $\lambda_b = L_b/i = 344.3$

$$\text{限界細長比：}\Lambda = \frac{1,500}{\sqrt{\frac{F}{1.5}}} = 128.3$$

( $F$  値は表 1.2 (2)天井下地材における降伏点の値を用いた)

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： $\lambda_b = L_b/i = 344.3 \geq \Lambda$  より、

$$\text{許容圧縮応力度：}f_c = 1.5 \times \frac{\pi^2 \times E}{2.17 \times \lambda_b^2} = 1.5 \times \frac{\pi^2 \times 205,000}{2.17 \times 344.3^2} = 11.79\text{N/mm}^2$$

$$\text{座屈耐力(1 本分)：}P_b = f_c \times A_b = 11.79 \times 72.0 = 848\text{N}$$

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、

$$\text{水平耐力(2 本分)：}Q_b = P_b \times \cos\theta \times 2 = 848 \times 0.747 \times 2 = 1,266\text{N}$$

となる。

### 3-2 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 2 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。

(1) 2 本の斜め部材から構成される組数  $n$

$$n = \frac{kW}{Q_b} \times 10^3$$

$kW$  : 前項までで算出した水平方向の地震力(=94.7kN)

$Q_b$  : 前節にて算出した斜め部材 1 組の水平耐力(2 本分 : =1,266N)

$$n = \frac{kW}{Q_b} \times 10^3 = \frac{94.7}{1,266} \times 10^3 = 74.8$$

→ 76 組 (ゾーニングを考慮して、偶数组とする)

ゆえに、76 組の斜め部材を釣り合い良く配置すればよい。

(2) 斜め部材の軸力の水平分力 (2 本分)  $Q'_b$  と斜め部材の軸力 (1 本分)  $P'_b$

本設計では座屈耐力を用いず、存在応力を用いて検討する。

$$Q'_b = \frac{kW}{n} \times 10^3 = \frac{94.7}{76} \times 10^3 = 1,247\text{N} \quad (2 \text{ 本分})$$

$kW$  : 前項までで算出した水平方向の地震力(=94.7kN)

$$P'_b = \frac{Q'_b}{\cos \theta} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1,247}{0.747} \cdot \frac{1}{2} = 835\text{N} \quad (1 \text{ 本分})$$

(3) 上下震度の考慮

水平震度法では、柱スパンが 15m を超える場合は、上下震度 1.0 以上の数値を用いて検討する必要があるが、本設計例の柱スパンは長い方向でも 10.0m(Y 方向)のため、検討は行わない。

### 3-3 斜め部材の配置計画

前節にて算定した斜め部材の組数(76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一連の天井の面積の 1/4 以下、かつ概ね 50m<sup>2</sup> 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 方向及び Y 方向とも 76 組以上とする
- (2) 分割された各ゾーンには、X 方向及び Y 方向ともに 3 組以上 4 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-38×12×1.2 とする
- (4) 吊り材は、吊りボルト(W1/2)を使用し、その間隔は@900mm 以内とする
- (5) 吊り長さは、800mm 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 60mm とする(後述する 4-1 節による)

以上により、ゾーニングした結果を図 3.2 に示す。また、図 3.3 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。

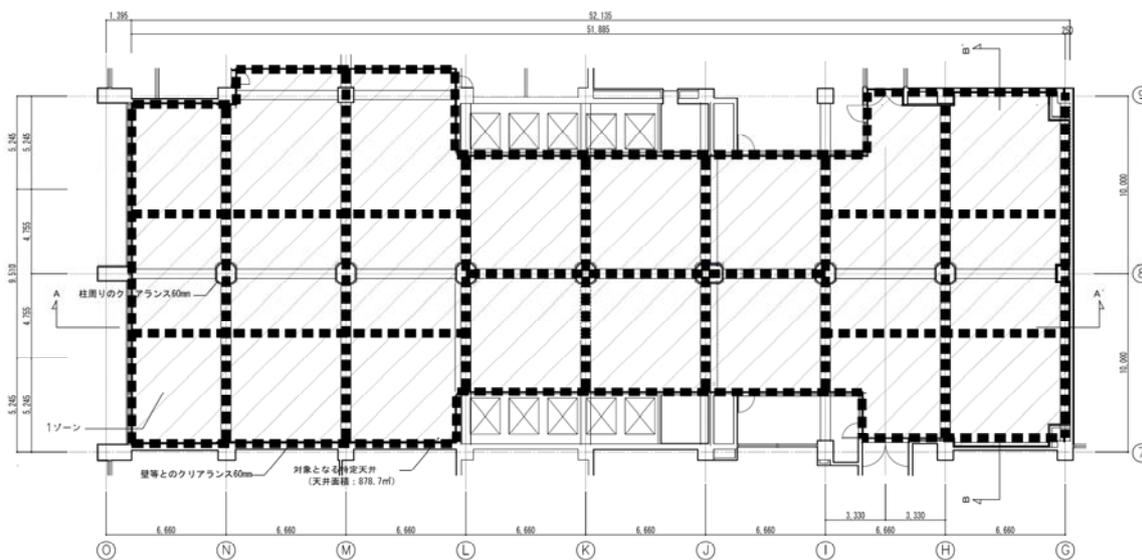


図 3.2 分割したゾーニング図

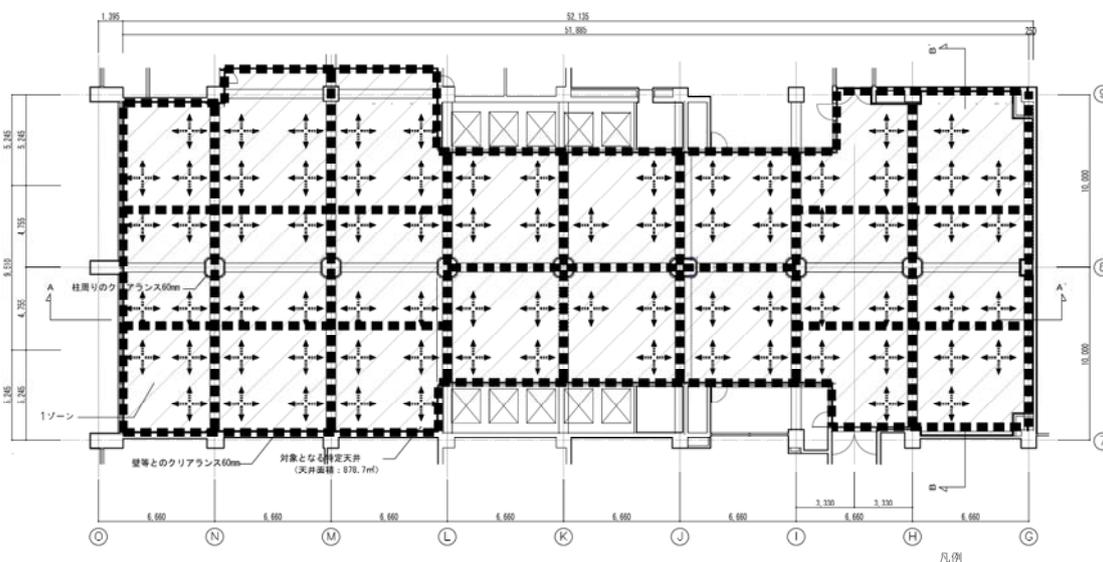


図 3.3 【参考】斜め部材の配置図(76組)

凡例  
 ◀▶ 斜め部材  
 ● 吊り元  
 ○ 吊り先

## § 4. クリアランスの設計

### 4-1 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 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 2 項 1 号ロに規定される数値以上とする。

ただし、本設計例では吊り長さが 3m 以下(800mm)のため、算定式によらず天井面構成部材と壁等とのクリアランスは 6cm とする。

## § 5. 接合部材の設計

### 5-1 接合部材の耐力計算

接合部材の耐力計算は以下の通りである。

#### (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、曲げモーメントの検討）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、A社製品を使用する。

天井インサート：W1/2 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  $W_1$

$$\text{設計用長期引張力} : T_L = W_1 = 22.0 \times 9.8 \times (0.9 \times 0.9) = 175\text{N}$$

天井インサートの長期許容引張耐力  $T_{LA}$  は、1,500N（A社カタログ値）とする。

$$T_L = 175\text{N} \leq T_{LA} = 1,500\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

##### 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  $W_1$
- ・斜め部材の軸力(1本分)  $P'_b$  の鉛直分力  $P'_{b1}$

$$\text{設計用短期引張力} : T_S = W_1 + P'_{b1} = 175 + (835 \times \sin\theta) = 730\text{N}$$

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。

$$T_{SA} = 1,500 \times 1.5 = 2,250\text{N}$$

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、以下の荷重とする。

- ・斜め部材の軸力(1本分)  $P'_b$  の水平分力  $P'_{b2}$

$$\text{設計用短期せん断力} : Q_S = P'_{b2} = 835 \times \cos\theta = 624\text{N}$$

天井インサートの短期許容せん断耐力  $Q_{SA}$  は、8,000N（A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、

$$\sqrt{\left(\left(\frac{T_S}{T_{SA}}\right)^2 + \left(\frac{Q_S}{Q_{SA}}\right)^2\right)} = \sqrt{\left(\left(\frac{730}{2250}\right)^2 + \left(\frac{624}{8000}\right)^2\right)} = 0.35 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

である。

また、図 5.1 の通り天井インサートは、斜め部材と距離  $e$  だけ離れた位置にあるため、付加曲げモーメント  $M_S$  が生ずる。付加曲げモーメント  $M_S$  は、インサート下面からのキャンチレバーと考え、以下とする。

- ・斜め部材の存在応力(1 本分) $P'_b$  の水平分力  $P'_{b2}$  に偏心距離  $e$  を乗じた値

$$\text{設計用短期付加曲げモーメント} : M_S = P'_{b2} \times e = 624 \times 20 = 12.5 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm}$$

天井インサートの短期許容曲げモーメント  $M_{SA}$  は、 $160 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm}$  (A 社カタログ値) とする。

$$M_S = 12.5 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm} \leq M_{SA} = 160 \times 10^3 \text{N} \cdot \text{mm} \quad \therefore \text{OK}$$

以上より、天井インサートは A 社製品同等品以上の耐力を有するものを用いる。

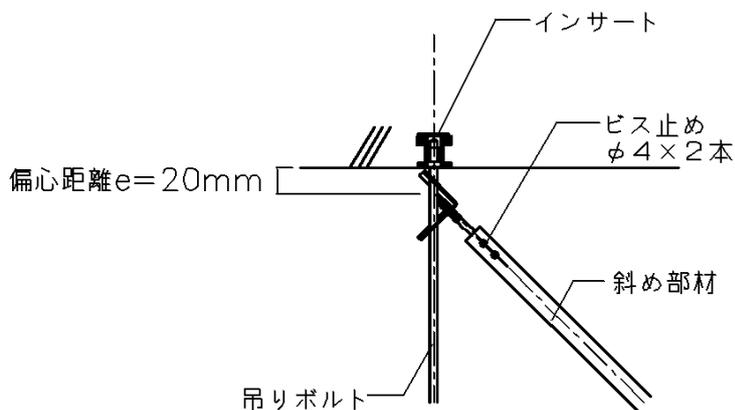


図 5.1 斜め部材と天井インサートの偏心距離  $e$

## (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、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： $Q$ 、曲げモーメント： $M$ )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( $T_s=730\text{N}$ )
- ・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( $Q_s=624\text{N}$ )
- ・曲げモーメント  $M$ ：本節(1)にて示した天井インサートの設計用短期付加曲げモーメント( $M_s=12.5\times 10^3\text{N}\cdot\text{mm}$ )

吊り材には、吊りボルト(W1/2)を用いる。

- ・吊りボルト：断面 W1/2  
断面積  $A_s=92.5\text{mm}^2$   
せん断断面積  $A_{se}=92.5\times 0.75=69.3\text{mm}^2$   
断面係数  $Z_s=125.6\text{mm}^3$

ゆえに、吊り材 1 本当たりの引張応力度 $\sigma_t$ は、

$$\sigma_t = \frac{T}{A_s} = \frac{730}{92.5} = 7.9\text{N/mm}^2$$

となり、吊り材 1 本当たりのせん断応力度 $\tau$ は、

$$\tau = \frac{Q}{A_{se}} = \frac{624}{69.3} = 9.1\text{N/mm}^2$$

となり、吊り材 1 本当たりの曲げ応力度 $\sigma_b$ は、

$$\sigma_b = \frac{M}{Z_s} = \frac{12.5 \times 10^3}{125.6} = 99.6\text{N/mm}^2$$

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、

$$\frac{\sqrt{(\sigma_b + \sigma_t)^2 + 3\tau^2}}{f_t} = \frac{\sqrt{(99.6 + 7.9)^2 + 3 \times 9.1^2}}{205} = \frac{108.7}{205} = 0.54 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

であるため、吊り材は吊りボルト(W1/2)を 0.9m×0.9m に 1 本設置すれば良い。

### (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。

- ・斜め部材の軸力(1本分) : 835N (3-2節(2)による  $P'_b$ )

$$\text{設計用短期圧縮力} : N_U = P'_b = 835\text{N}$$

本設計例にて使用する斜め部材上部の取付金具は、B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、1,600N (B社カタログ値) とする。

$$N_U = 835\text{N} \leq N_{UA} = 1,600\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

また、図 5.2 のように取付金具は斜め部材に  $\phi 4$  ビス  $\times 2$  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 :  $1,100\text{N/本} \times 2 \text{本} = 2,200\text{N} \geq 835\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

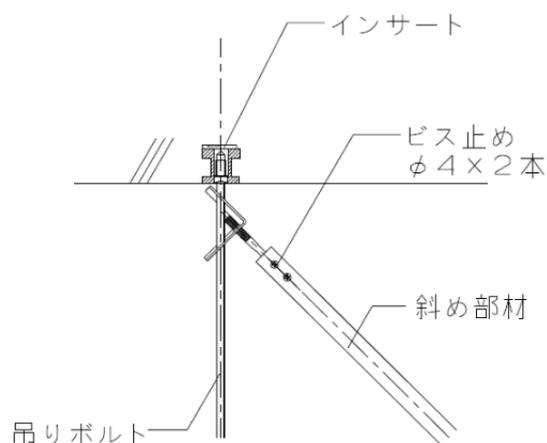


図 5.2 斜め部材接合部(上部)

### (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。

- ・斜め部材の軸力(1本分) : 835N (3-2節(2)の軸力(1本分) :  $P'_b$ )

また、野縁受け方向(図 5.3)、野縁方向(図 5.4)ともに斜め部材は野縁受けに直接  $\phi 4$  ビス  $\times 2$  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。

- ・ビス 2 本の短期許容せん断耐力 :  $1,100\text{N/本} \times 2 \text{本} = 2,200\text{N} \geq 835\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

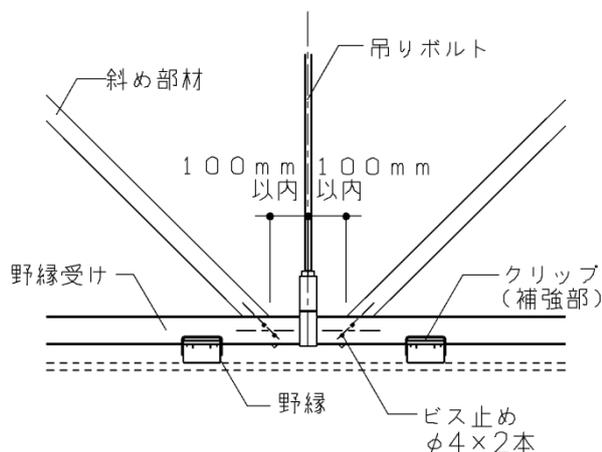


図 5.3 斜め部材接合部(下部：野縁受け方向)

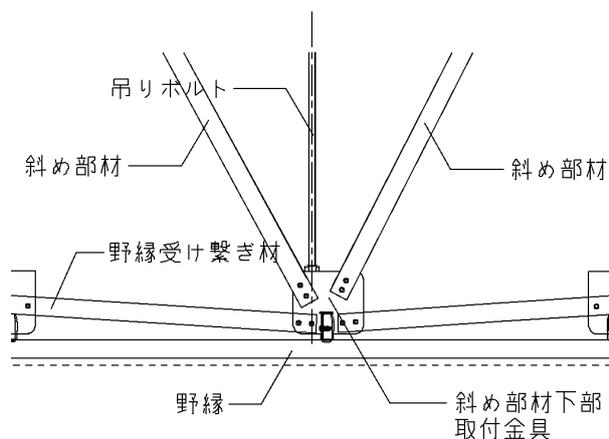


図 5.4 斜め部材接合部(下部：野縁方向)

・斜め部材の軸力の水平分力 (2 本分) : 1,247N (3-2 節(2)による  $Q'_b$ )

設計用短期せん断力 :  $Q_U = Q'_b = 1,247\text{N}$

本設計例にて野縁方向(図 5.4)で使用する斜め部材下部の取付金具は、B 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、3,680N (B 社カタログ値) とする。

$$Q_U = 1,247\text{N} \leq Q_{UA} = 3,680\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

## (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 5.5、図 5.6)。

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 5.7)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 B 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。

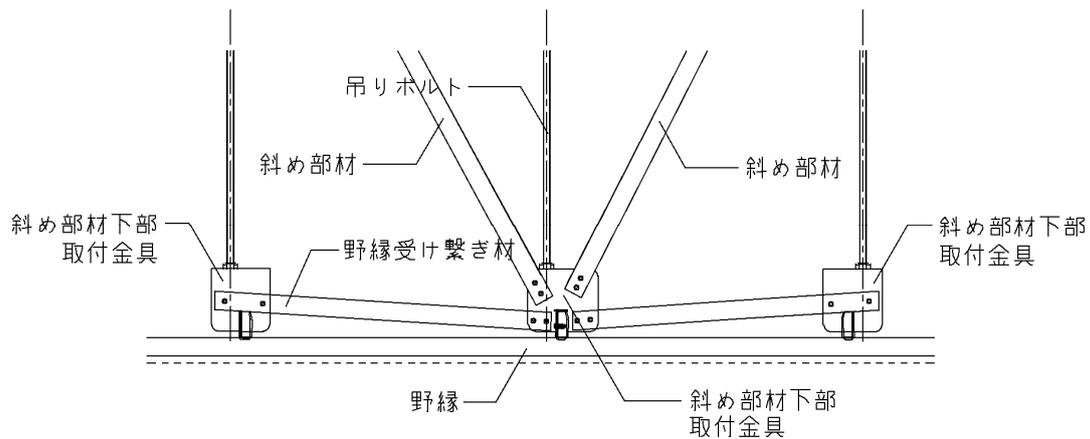


図 5.5 野縁受けに対する水平力（野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討）

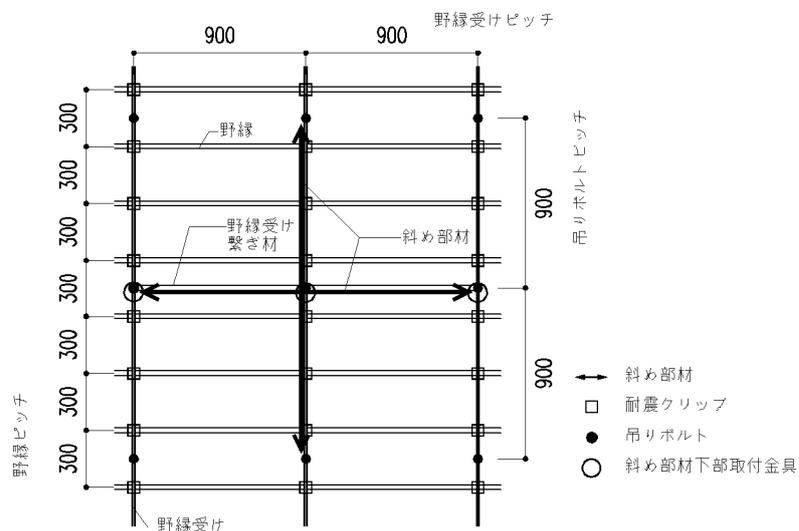


図 5.6 各部材の平面配置図

- ・野縁受け：C-38×12×1.2
- ・野縁のピッチ：@300mm

$$M_p = \sigma_y \times Z_p = 205 \times 164 = 33,620 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$P_d = 8 \times M_p / L_c = 8 \times 33,620 / 300 = 896 \text{ N}$$

$$P_a = \frac{2}{3} \times P_d = \frac{2}{3} \times 896 = 597 \text{ N}$$

$\sigma_y$ ：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)

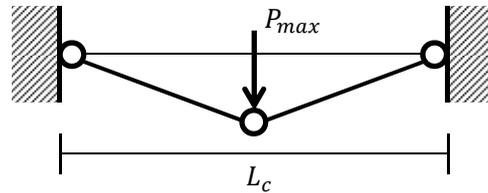


図 5.7 野縁受けの崩壊機構

・斜め部材の存在応力の水平分力 (2 本分) :  $Q'_b=1,247\text{N}$

この  $Q'_b$  を野縁受け 3 本で負担する。

設計用短期荷重  $P=Q'_b/3=1,247/3=416\text{N}$

ゆえに、

$$\frac{P}{P_a} = \frac{416}{597} = 0.70 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

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 5.9)。

・野縁受け : C-38×12×1.2

断面二次モーメント  $I_x=13590\text{mm}^4$

断面係数  $Z_x=715\text{mm}^3$

断面積  $A=72\text{mm}^2$

せん断用断面積  $A_w=45.6\text{mm}^2$

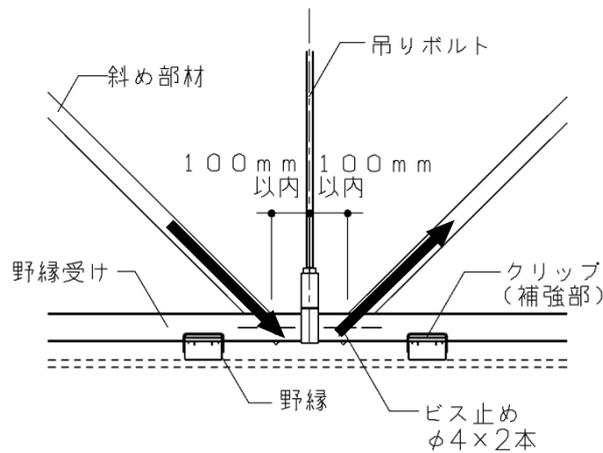


図 5.9 野縁受けに作用する力

- ・斜め部材の軸力(1本分)の鉛直分力： $P'_{b1} = 835 \times \sin\theta = 555\text{N}$
- ・斜め部材の軸力(1本分)の水平分力： $P'_{b2} = 835 \times \cos\theta = 624\text{N}$
- ・野縁受けが負担する鉛直荷重： $w = 22\text{kg/m}^2 \times 9.8 \times @0.9\text{m} = 195\text{N/m}$

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 5.9)。

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 5.10(a))を行った結果、野縁受けに生ずる応力は、

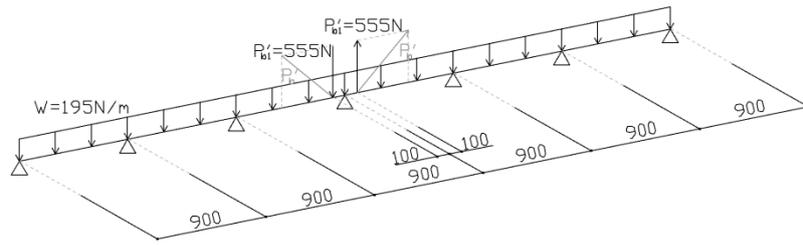
$$M=39,511\text{N}\cdot\text{mm}$$

$$Q=567\text{N}$$

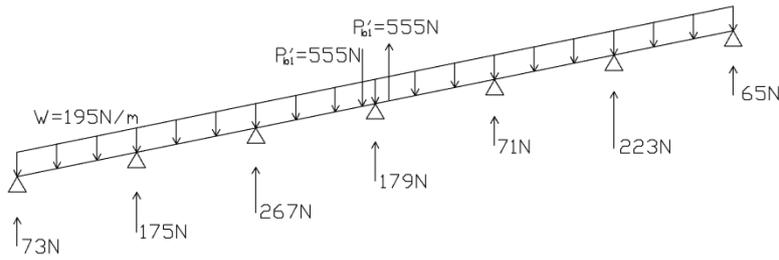
となる(図 5.10(a)～(d)を参照)。なお、野縁受けに生ずる軸力は、斜め部材 1 本が負担する水平力となるため、

$$N=P'_{b2}=624\text{N}$$

を用いて検討する。



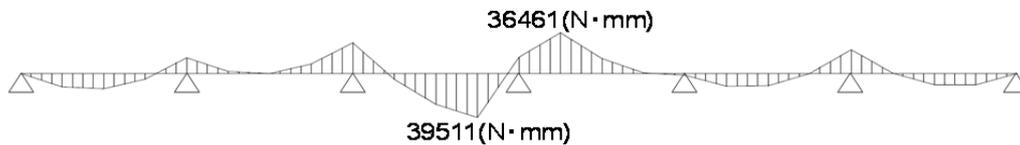
(a)モデル図



(b)反力図



(c)せん断力図



(d)曲げモーメント図

図 5.10 強軸の連梁応力解析モデル及び反力図、応力図

引張応力度 $\sigma_t$ は、

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = \frac{624}{72} = 8.7\text{N/mm}^2$$

となり、曲げ応力度 $\sigma_b$ は、

$$\sigma_b = \frac{M}{Z_x} = \frac{39,511}{715} = 55.3\text{N/mm}^2$$

となり、せん断応力度 $\tau$ は、

$$\tau = \frac{Q}{A_w} = \frac{567}{45.6} = 12.5\text{N/mm}^2$$

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、

$$\frac{\sqrt{(\sigma_b + \sigma_t)^2 + 3\tau^2}}{f_t} = \frac{\sqrt{(55.3 + 8.7)^2 + 3 \times 12.5^2}}{205} = \frac{67.6}{205} = 0.33 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

であるため、野縁受けは鉛直力に対して問題ない。なお、図 5.10(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。

(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 B 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、斜め部材の軸力の水平分力 (2 本分) :  $Q'_b = 1,247\text{N}$  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 5.11)。

設計用短期水平荷重  $Q_{c1} = Q'_b / 2 = 1,247 / 2 = 624\text{N}$

野縁受け方向のクリップ部の

短期許容水平耐力  $Q_A = 800\text{N}$ (B社カタログより)  $\geq 624\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

- 野縁方向のクリップ部の設計用水平荷重  $Q_{c2}$  は、斜め部材の軸力をクリップ 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、5-1 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 5.12)。

設計用短期水平荷重  $Q_{c2} = 208\text{N}$

野縁方向のクリップ部の

短期許容水平耐力  $Q_A = 400\text{N}$ (B社カタログより)  $\geq 208\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

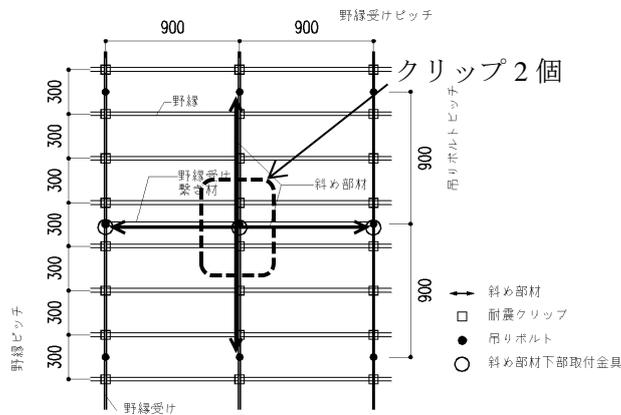


図 5.11 野縁受け方向の水平力負担クリップ

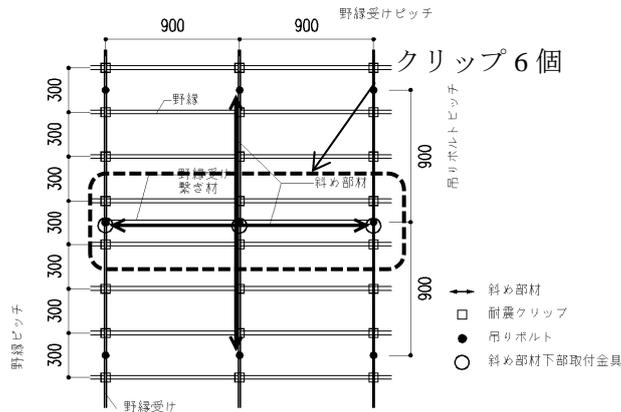


図 5.12 野縁方向の水平力負担クリップ

### (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

ハンガー部は、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  $W$  の長期荷重分のみを負担しており、地震時荷重はすべて斜め部材が負担しているため、水平力の検討は要さない。なお本設計例においては、鉛直力に対する検討は省略する。

### (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  $T_A$  は 250N、許容せん断耐力  $Q_A$  は 200N とする。

- ・ビス部にかかる引張力  $T_b = \Sigma W/A \times (\text{野縁ピッチ}) \times (\text{ビスピッチ}) \times (\text{長期 1G})$   

$$= (22.0 \times 9.8) \times 0.300 \times @0.2 \times 1.0 = 13.0\text{N}$$

- ・ビス部の許容引張耐力  $T_A = 250\text{N} \geq 13.0\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

- ・ビス部にかかるせん断力  $Q_b = \Sigma W/A \times (\text{野縁ピッチ}) \times (\text{ビスピッチ}) \times (\text{水平震度})$

$$=(22.0 \times 9.8) \times 0.300 \times @0.2 \times 0.5 = 6.5\text{N}$$

・ビス部の許容せん断耐力  $Q_A = 200\text{N} \geq 6.5\text{N} \quad \therefore \text{OK}$

## 5-2 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、水平方向の地震力に対して安全であることを確認している。水平震度法では、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、この数値をもとに算定した天井の許容耐力①と、斜め部材の座屈耐力から決まる天井の許容耐力②のうち、小さい方を天井の許容耐力とする。

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、野縁受けの弱軸方向の耐力から算定される斜め部材 1 組を含む天井の許容耐力①は、

$$P_a = 597\text{N}$$

$$P'_a = 597\text{N} \times 3 \text{ 本} = 1,791\text{N}$$

$P_a$  : 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。斜め部材の組数は 76 組であるため、天井の許容耐力①は、

$$\text{天井の許容耐力①} : \Sigma P'_a = 76 \text{ 組} \times 1,791\text{N} = 136.1 \times 10^3\text{N} = 136.1\text{kN}$$

となる。次に、斜め部材の座屈耐力から決まる天井の許容耐力②は、

$$\text{天井の許容耐力②} : \Sigma Q_b = 76 \text{ 組} \times 1,266\text{N} = 96.2 \times 10^3\text{N} = 96.2\text{kN}$$

となるため、天井の許容耐力は、

$$\text{天井の許容耐力} : \min(\Sigma P'_a, \Sigma Q_b) = \min(136.1\text{kN}, 96.2\text{kN}) = 96.2\text{kN}$$

となる。水平方向の地震力は、2-2 節(3)にて算定しており、

$$\text{水平方向の地震力} : kW = 94.7\text{kN}$$

であるため、

$$kW = 94.7\text{kN} < 96.2\text{kN} \quad \therefore \text{OK}$$

となる。以上により、斜め部材の組数は 76 組が良い。

## § 6. 設計図面

### 6-1 設計図面について

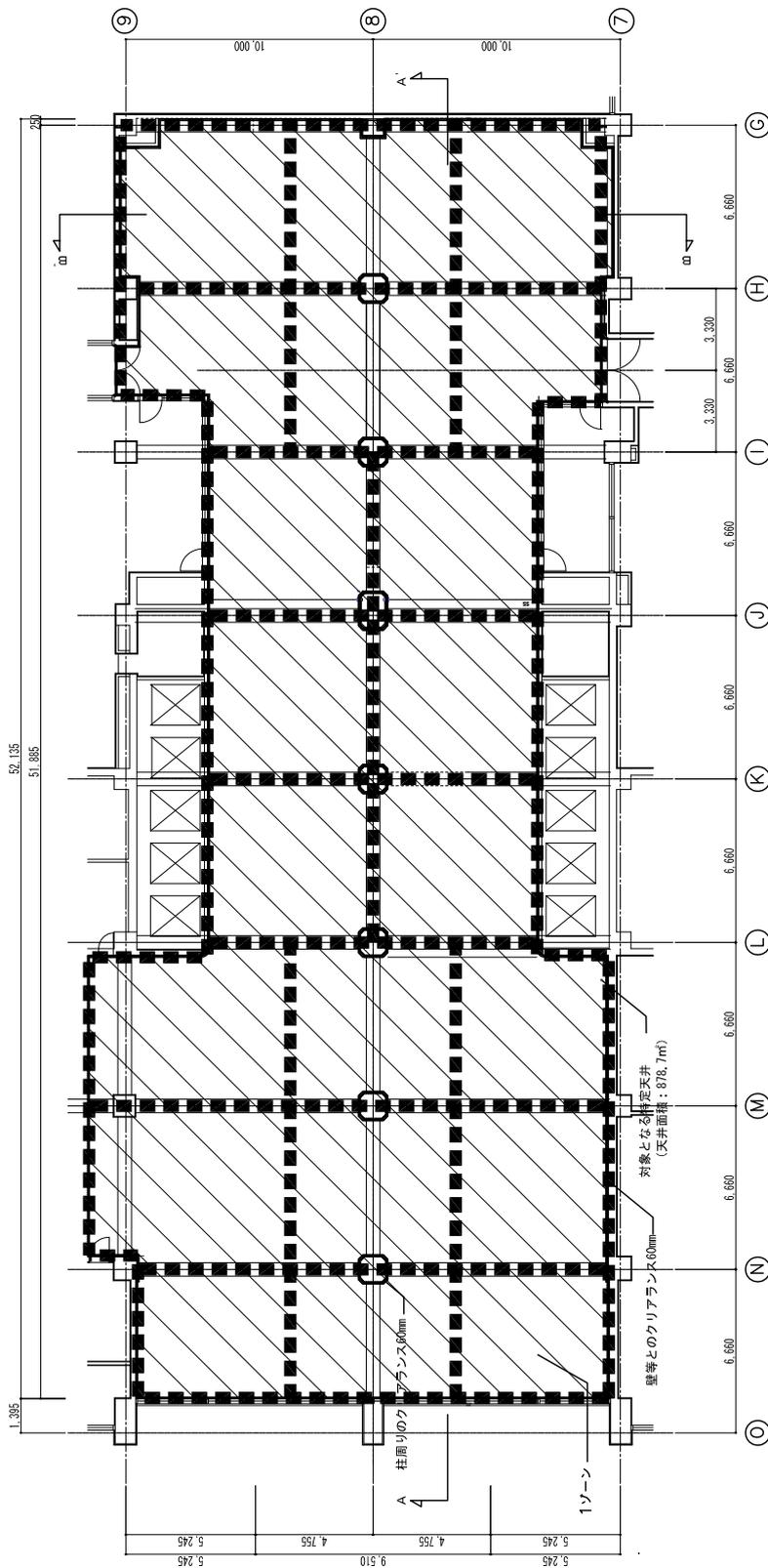
次ページ以降に、設計図面を添付する。設計図面の構成は、特記仕様書、標準仕様図、天井伏図(ゾーニング)となっている。また、ゾーニングの考え方をもとにして、斜め部材を天井伏図に配置したのも併せて示すので参考にされたい。



項目	特記事項	項目	特記事項
<p>4. 天井材の緊結 天井が十分な耐震性を確保するために必要となる各部材の接合部耐力の検討を行う</p> <p>(1) ハンガー ハンガーについては、 野縁受け方向：斜め部材は直接野縁受けに取り付ける 野縁受け方向：斜め部材は専用の取付金具を用いて野縁受けに取り付ける こととしているため、ハンガーが直接地盤力を負担することはない ただし、本設計では、外組によるハンガーの剛性を考慮し、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 これにより、ハンガーは吊り材と野縁受けを緊結していると判断する</p> <p>(2) クリップ（野縁と野縁受けの接合部）  <math display="block">F_e = \frac{KW}{\alpha \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">F_e : \text{クリップ1個あたりに加わる地震力 (N)}</math> <math display="block">\alpha : \text{斜め部材の下端の近傍に設けるクリップの個数}</math> <math display="block">n : \text{クリップの許容耐力 (N) ( 社製品カタログ値)}</math> <math display="block">KW : \text{野縁受け方向 : N}</math> <math display="block">n : \text{野縁受け方向 : N}</math></p> <p>α = 個（野縁受け方向） 個（野縁受け方向：地震力を分配させるため、野縁受け差ぎ材を配置する）</p> <p>・野縁受け方向  <math display="block">F_e = \frac{KW}{\alpha \cdot n} \cdot 10^3 = N \leq T_c = N \therefore \text{OK}</math></p> <p>・野縁方向  <math display="block">F_e = \frac{KW}{\alpha \cdot n} \cdot 10^3 = N \leq T_c = N \therefore \text{OK}</math></p> <p>(3) 斜め部材の上端及び下端の接合部  <math display="block">F_b = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">F_b : \text{斜め部材の上端及び下端の接合部に加わる地震力 (N)}</math> <math display="block">b : \text{斜め部材の上端又は下端の接合部に取り付く斜め部材の本数に応じて定める値}</math> <math display="block">n : \text{斜め部材の上端及び下端の接合部許容耐力 (N) ( 社製品カタログ値)}</math></p> <p>・斜め部材の上端接合部の緊結  <math display="block">F_{bw} = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N \leq T_{bw} = N \therefore \text{OK}</math></p> <p>・斜め部材の下端接合部の緊結  <math display="block">F_{bl} = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N \leq T_{bl} = N \therefore \text{OK}</math></p>	<p>野縁受け方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力：F<sub>b</sub> = N このF<sub>b</sub>を野縁受け 本で負担する。 / = N 設計用定荷重P = F<sub>b</sub> / α = N</p> <p> <math display="block">\frac{P}{P_0} = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 \leq 1.0 \therefore \text{OK}</math> </p> <p>であるため、斜め部材からの応力は野縁受け 本で負担させれば良い（野縁のどしをφ mmとした場合）。</p> <p>・斜め部材と野縁受けとの緊結（野縁受け方向） 野縁受けの強靱方向における検討（例えば、連続耐力降下等）を行い、緊結されていることを確認した 社製品カタログに記載のある接合方法を用いる（A-**参照）</p> <p>5. 吊り材及び斜め部材の取付材について、上記4. 天井材の緊結に記載した考え方と同様に検討を行う 吊りボルトと構造耐力上主要な部分等の接合部について、上記4. 天井材の緊結に記載した考え方と同様に検討を行う  <math display="block">F_v = \frac{W}{m} \cdot 10^3 + \frac{KW \cdot \tan \theta}{b \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">F_h = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} \leq 1.0</math> <math display="block">F_v : \text{吊り元の接合部に加わる鉛直方向の応力 (N)}</math> <math display="block">F_h : \text{吊り元の接合部に加わる水平方向の応力 (N)}</math> <math display="block">P : \text{吊り元の接合部の許容引張力 (= N)}</math> <math display="block">Q : \text{吊り元の接合部の許容せん断力 (= N)}</math> <math display="block">b : \text{斜め部材の上端の接合部に取り付く部材の本数に応じて定める値 (= 2)}</math> <math display="block">m : \text{吊りボルトの本数}</math> <math display="block">\frac{m}{n} = \frac{KW}{b \cdot n} = \text{本}</math> <math display="block">F_v = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 + \frac{KW \cdot \tan \theta}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N</math> <math display="block">F_h = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N</math> <math display="block">\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{N}{P}\right)^2 + \left(\frac{N}{Q}\right)^2} \leq 1.0 \therefore \text{OK}</math> </p>	<p> <math display="block">P_0 = \frac{2}{3} \times P_u = \frac{2}{3} \times N = N</math> <math display="block">\sigma_y = \text{天井下地材における降伏点の値 (N/mm}^2\text{)}</math> <math display="block">Z_p = \text{野縁受けの頸部の塑性断面係数 (mm}^3\text{)}</math> <math display="block">M_p = \text{野縁受けの頸部回りの全塑性曲げモーメント (N \cdot mm)}</math> <math display="block">L_c = \text{野縁受けのピンチ (mm)}</math> <math display="block">P_0 = \text{野縁受け1本あたりの構造耐力 (N)}</math> <math display="block">P_0 = \text{野縁受け1本あたりの許容耐力 (N)}</math> </p> <p>・野縁方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力：F<sub>b</sub> = N このF<sub>b</sub>を野縁受け 本で負担する。 / = N 設計用定荷重P = F<sub>b</sub> / α = N</p> <p> <math display="block">\frac{P}{P_0} = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 \leq 1.0 \therefore \text{OK}</math> </p> <p>であるため、斜め部材からの応力は野縁受け 本で負担させれば良い（野縁のどしをφ mmとした場合）。</p> <p>・斜め部材と野縁受けとの緊結（野縁受け方向） 野縁受けの強靱方向における検討（例えば、連続耐力降下等）を行い、緊結されていることを確認した 社製品カタログに記載のある接合方法を用いる（A-**参照）</p> <p>5. 吊り材及び斜め部材の取付材について、上記4. 天井材の緊結に記載した考え方と同様に検討を行う 吊りボルトと構造耐力上主要な部分等の接合部について、上記4. 天井材の緊結に記載した考え方と同様に検討を行う  <math display="block">F_v = \frac{W}{m} \cdot 10^3 + \frac{KW \cdot \tan \theta}{b \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">F_h = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3</math> <math display="block">\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} \leq 1.0</math> <math display="block">F_v : \text{吊り元の接合部に加わる鉛直方向の応力 (N)}</math> <math display="block">F_h : \text{吊り元の接合部に加わる水平方向の応力 (N)}</math> <math display="block">P : \text{吊り元の接合部の許容引張力 (= N)}</math> <math display="block">Q : \text{吊り元の接合部の許容せん断力 (= N)}</math> <math display="block">b : \text{斜め部材の上端の接合部に取り付く部材の本数に応じて定める値 (= 2)}</math> <math display="block">m : \text{吊りボルトの本数}</math> <math display="block">\frac{m}{n} = \frac{KW}{b \cdot n} = \text{本}</math> <math display="block">F_v = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 + \frac{KW \cdot \tan \theta}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N</math> <math display="block">F_h = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3 = N</math> <math display="block">\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{N}{P}\right)^2 + \left(\frac{N}{Q}\right)^2} \leq 1.0 \therefore \text{OK}</math> </p>	
<p>⑤ 計算ルートの（水平震度法）</p> <p>以下の特記事項により、水平震度法の規定に適合していることを確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吊り材、斜め部材、その他の天井材の設置（斜り合い良く設置）</li> <li>・吊り材を取り付ける天井の支持構造部の剛性（十分な剛性を有する）</li> <li>・天井面構成部材の剛性及び強度（十分な剛性及び強度を有する）</li> <li>・天井材の許容耐力</li> <li>・先立って算定した数値以上（k<sub>v</sub> = 0.5）</li> <li>・地震力（kW = 94.7kN）が天井の許容耐力（Q<sub>A</sub> = 96.2kN）を超えない</li> <li>・柱スパン（10 m）による、上下震度k<sub>v</sub> = 1.0以上（口考慮（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・壁等とのクリアランス（6 cm）</li> <li>・開口別な調査又は研究（cm）</li> <li>・その他の震動及び衝撃（適切に考慮）</li> </ul>	<p>⑥ 計算ルートの（応答スペクトル法）</p> <p>以下の特記事項により、簡易スペクトル法又は応答スペクトル法の規定に適合していることを確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・天井面構成部材の剛性及び強度（十分な剛性及び強度を有する）</li> <li>・天井材の許容耐力</li> <li>・開口別により算定した数値以上（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・地震力（kW = kN）が天井の許容耐力（Q<sub>A</sub> = kN）を超えない</li> <li>・柱スパン（ m）による、上下震度k<sub>v</sub> = 1.0以上（口考慮（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・壁等とのクリアランス（ cm）</li> <li>・開口別な調査又は研究（ cm）</li> <li>・その他の震動及び衝撃（適切に考慮）</li> </ul>	<p>引用文献</p> <p>1) 国土交通省 建築士 正則 佐藤 著、部分天井試験を用いた動的および静的挙動、強化されたリ ンゴを有する天井の耐震性能に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、第177号、578、2012.09</p> <p>2) 国土交通省 建築士 正則 佐藤 著、部分天井試験を用いた動的および静的挙動、強化されたリ ンゴを有する天井の耐震性能に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、第177号、578、2012.09</p> <p>またクリップを用いた天井天井に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、pp.879-880、2012.09</p> <p>・野縁受け：  <math display="block">M_p = \sigma_y \times Z_p = x \quad \text{mm}</math> <math display="block">P_u = 8 \times M_p / L_c = x \quad \text{mm}</math> </p>	
<p>⑦ 計算ルートの（応答スペクトル法）</p> <p>以下の特記事項により、簡易スペクトル法又は応答スペクトル法の規定に適合していることを確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・吊り材、斜め部材、その他の天井材の設置（斜り合い良く設置）</li> <li>・吊り材を取り付ける天井の支持構造部の剛性（十分な剛性を有する）</li> <li>・天井面構成部材の剛性及び強度（十分な剛性及び強度を有する）</li> <li>・天井材の許容耐力</li> <li>・先立って算定した数値以上（k<sub>v</sub> = 0.5）</li> <li>・地震力（kW = 94.7kN）が天井の許容耐力（Q<sub>A</sub> = 96.2kN）を超えない</li> <li>・柱スパン（10 m）による、上下震度k<sub>v</sub> = 1.0以上（口考慮（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・壁等とのクリアランス（6 cm）</li> <li>・開口別な調査又は研究（cm）</li> <li>・その他の震動及び衝撃（適切に考慮）</li> </ul>	<p>⑧ 計算ルートの（応答スペクトル法）</p> <p>以下の特記事項により、簡易スペクトル法又は応答スペクトル法の規定に適合していることを確認</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・天井面構成部材の剛性及び強度（十分な剛性及び強度を有する）</li> <li>・天井材の許容耐力</li> <li>・開口別により算定した数値以上（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・地震力（kW = kN）が天井の許容耐力（Q<sub>A</sub> = kN）を超えない</li> <li>・柱スパン（ m）による、上下震度k<sub>v</sub> = 1.0以上（口考慮（k<sub>v</sub> = ）</li> <li>・壁等とのクリアランス（ cm）</li> <li>・開口別な調査又は研究（ cm）</li> <li>・その他の震動及び衝撃（適切に考慮）</li> </ul>	<p>引用文献</p> <p>1) 国土交通省 建築士 正則 佐藤 著、部分天井試験を用いた動的および静的挙動、強化されたリ ンゴを有する天井の耐震性能に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、第177号、578、2012.09</p> <p>2) 国土交通省 建築士 正則 佐藤 著、部分天井試験を用いた動的および静的挙動、強化されたリ ンゴを有する天井の耐震性能に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、pp.879-880、2012.09</p> <p>またクリップを用いた天井天井に関する研究、その2、日本建築学会学術講演録集、pp.879-880、2012.09</p> <p>・野縁受け：  <math display="block">M_p = \sigma_y \times Z_p = x \quad \text{mm}</math> <math display="block">P_u = 8 \times M_p / L_c = x \quad \text{mm}</math> </p>	

図面番号	A-02
図名	天井材の緊結
設計者	Mビル エコシステム（計画）- 水平震度法
校核者	
承認者	特記仕様書(2)





エントランスホール  
IFL+6.245 (2FL+2.295)

ゾーニング図

- 特記なき限り、下記による。
1. 斜め部材の継ぎは、X、Y方向とも75組以上とする
  2. 分割された各ゾーンには、X、Y方向とも3組以上4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-38×12×1.2とする
  4. 吊り材は、吊りボルト(W1/2)を使用し、その間隔は900mm以内とする
  5. 吊り材は、800mm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、やむを得ずと施工アンカーを用いる場合は、金属床と施工アンカーとし、その使用箇所数は、吊り材全数に占めて30%以下とする
  7. 懸・結等とのクリアランスは60mm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

部材	断面	材質	備考
インサート (W1/2ボルト用)	SW6H	SW6H	A社製品
吊りボルト	W1/2	SW6H	—
斜め部材	C-38×12×1.2	SG6C	—
野縁受け	C-38×12×1.2	SG6C	—
野縁	C-19×25×0.8	SG6C	—
クリップ	(C-19×25×0.8用 t=0.6mm)	SG6C	B社製品
ハンガー	(C-38×12×1.2用 t=2.0mm)	SG6C	—

工率名称		工率		図面番号	
一般建築士 大規模建築 第 122645号	CO CO	—	—	—	—
一般建築士 大規模建築 第 122645号	CO CO	—	—	—	—
設計一般建築士 大規模建築 第 122645号	CO CO	—	—	—	—
設計一般建築士 大規模建築 第 122645号	CO CO	—	—	—	—
Mビル エントランスホール(計画ルート:水平高度法)		—		A-04	
天井収容(ゾーニング図)		—		—	

