

吊り天井の耐震設計 設計例 1-1

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：仕様ルート

目次

§ 1. 吊り天井の耐震設計概要	1-1-4
1-1 建物概要	1-1-4
1-2 設計方針	1-1-5
1-3 チェックシート	1-1-6
1-4 使用材料と許容応力度・許容耐力	1-1-8
§ 2. 水平震度の算定	1-1-9
2-1 水平震度の算定	1-1-9
2-2 総重量の算定	1-1-10
§ 3. 斜め部材の設計	1-1-11
3-1 斜め部材の組数算定	1-1-11
3-2 斜め部材の配置計画	1-1-12
§ 4. 天井材の緊結	1-1-14
4-1 ハンガー	1-1-14
4-2 クリップ	1-1-14
4-3 斜め部材の接合部	1-1-15
4-4 吊り材及び斜め部材の取り付け方法	1-1-18
§ 5. クリアランスの設計	1-1-20
5-1 必要クリアランスの算定	1-1-20
§ 6. 設計図面	1-1-21
6-1 設計図面について	1-1-21

A-01	特記仕様書(1).....	1-1-22
A-02	特記仕様書(2).....	1-1-23
A-03	標準図	1-1-24
A-04	天井伏図(ゾーニング).....	1-1-25
A-05	【参考】天井伏図(斜め部材の配置図)・断面図	1-1-26

§ 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：878.7m² (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

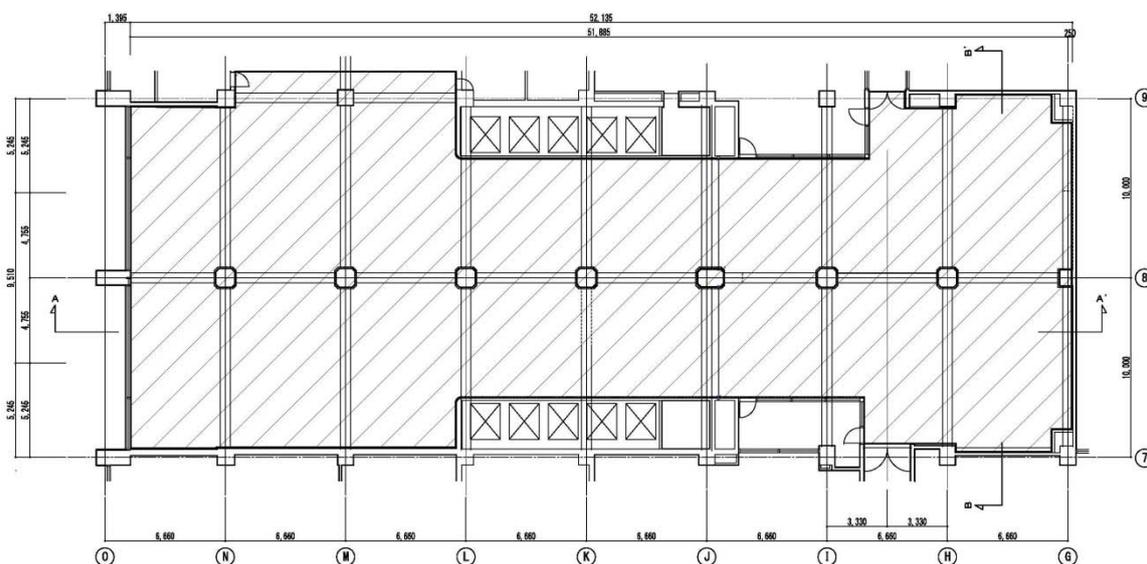


図 1.1 天井伏図

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、かつ水平投影面積が200m²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1項に規定される方法(以下、仕様ルート)を用いて、特定天井の構造方法について検討する。

なお、実際に仕様ルートを採用して設計を行う場合は、本設計例のような計算書は省略することができる。その際、確認申請書に添付すべき図書及び書類としては、「§6 設計図面」のA-01～A-05図面のみで良い。

図1.2に、吊り天井の耐震設計に関するフローを示す。

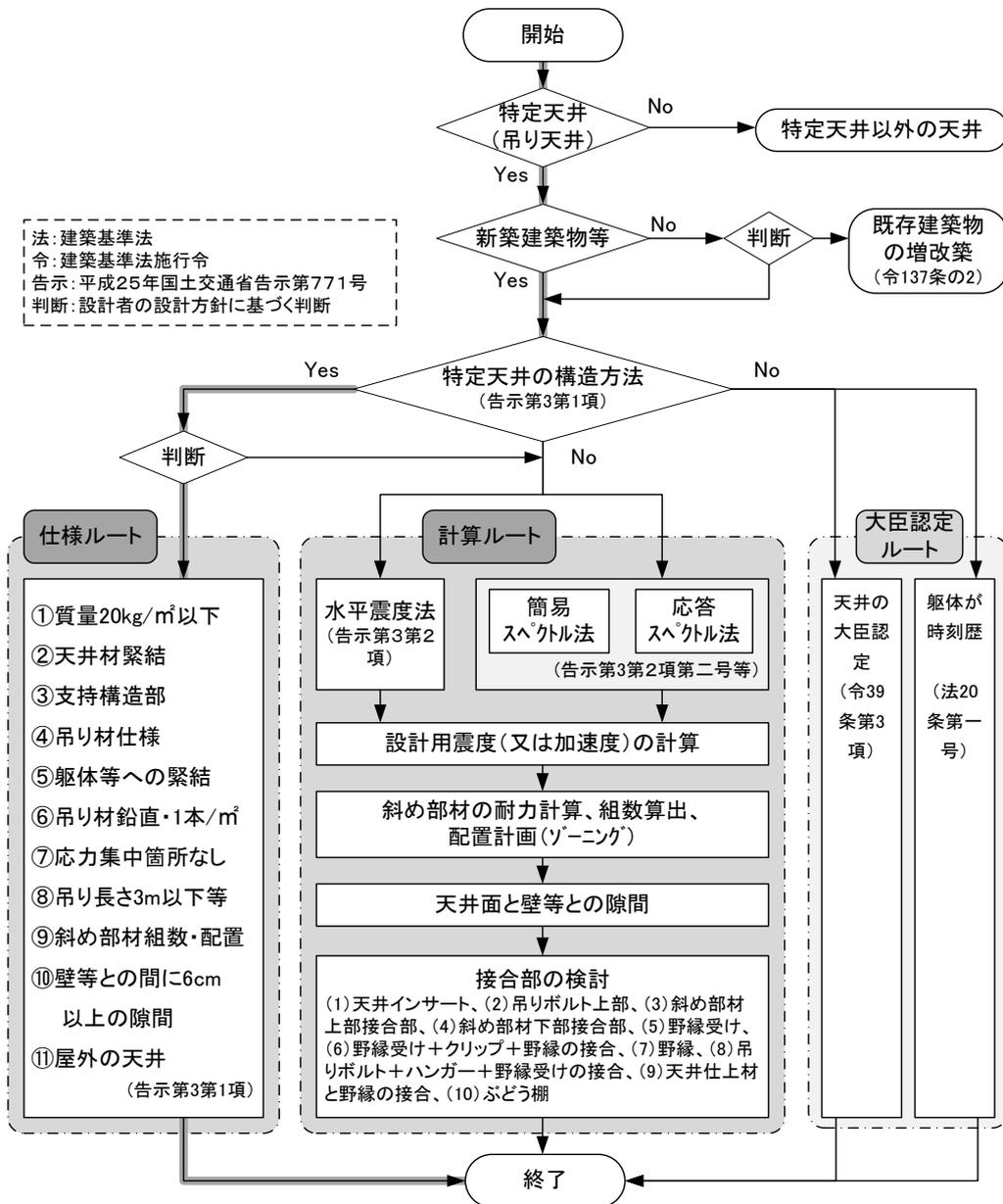


図1.2 吊り天井の設計フロー

1-3 チェックシート

仕様ルートを満足するよう、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 及び表 1.2 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 1

● 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	-
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	-
3	天井の規模	高さが6mを超える天井の部分であること	高さ:6.245m	A-01,05
		水平投影面積が200㎡を超える部分を含むこと	面積:878.7㎡	A-01,04
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:18kg/㎡	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)	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。	仕様ルート(仕様規定)	-

表 1.2 チェックシート 2

● 仕様ルート(天井告示第3第1項)	与条件	設計	図面No.
1 天井の質量	天井面構成部材等の単位面積質量が20kg以下であること	単位面積質量:18kg/㎡	A-01
2 天井各部位の接合部材	天井材(グラスウール、ロックウールその他の軟質な繊維状の材料から成る単位面積質量が4kg/㎡以下の天井材で、他の天井面構成部材に適切に取り付けられているものを除く)は、ボルト接合、ねじ接合、その他これらに類する接合方法により相互に緊結していること	天井材は、ボルト又はねじ接合により相互に緊結する。	A-01 ~ A-03
	荷重又は外力により、容易に滑り若しくは外れ又は損傷を生じない構造であること	仕様規定に適合した部材を使用	A-03
3 支持構造部	十分な剛性及び強度を有するものとし、建築物の構造耐力上主要な部分に取り付けること	構造耐力上主要な部分(スラブ、一部大梁)	A-01,05
4 吊り材	JISに定めるつりボルト又はこれと同等以上の性能を有するものであること	吊りボルト(W3/8)	A-01
5 吊り材及び斜め部材の取り付け方法	埋め込みインサートを用いた接合、ボルト接合、その他これらに類する接合方法により構造耐力上主要な部分等に緊結すること	吊り材:埋め込みインサート 斜め部材:専用接合金物(製品名:●●)を介して、吊り材に取り付ける	A-01 ~ A-03
	荷重又は外力により、容易に滑り若しくは外れ又は損傷を生じないものであること	仕様規定に適合した部材を使用	A-01 ~ A-03
6 吊り材の配置方法	天井面構成部材を鉛直に保持できるものであること	吊り材の配置は、天井面構成部材を鉛直に保持できるものとする。	A-02
	天井面の面積に対して1㎡当たりの平均本数が1本(単位面積質量が6kg/㎡以下のもの)にあつては0.5本)以上であること。	吊りボルト負担面積:0.9m×0.9m=0.81㎡	A-02
	鉛直方向に釣り合い良く配置していること	吊り材は、鉛直方向に釣り合い良く配置する。	A-02
7 天井面の段差等	天井面構成部材に天井面の段差、その他の地震時に有害な応力の集中が生ずるおそれのある部分を設けないこと	天井面の段差を設けない。	A-01,02 ,05
8 吊り長さ	3m以下であること	吊り長さ:0.8m	A-01,05
	概ね均一であること	吊り長さは、均一とする。	A-01,05
9 斜め部材の配置	斜め部材は、JISG3302-2010、JISG3321-2010又はこれと同等以上の品質を有する材料を使用したものとする	斜め部材は、JISG3302-2010または、JISG3321-2010を使用する。	A-01 ~ A-03
	2本の斜め部材の下端を近接してV字状にしたものを一組とする	斜め部材の一組の配置は、2本の斜め部材の下端を近接してV字状にする。	A-03
	告示式により算定した組数以上を配置していること	水平震度:k=0.5 必要組数:50.2組 →52組を配置	A-02
	張り間方向及びびけた行方向に釣り合い良く配置していること。ただし、水平方向に同等以上の耐力を有することが確かめられ、かつ、地震その他の震動及び衝撃により天井に生じる力を伝達するために設ける部材が釣り合い良く配置されている場合はこの限りでない。	斜め部材の配置は、張り間方向及びびけた行方向に釣り合い良く配置する。	A-04,05
10 壁等とのクリアランス	天井面構成部材と壁、柱その他の建築物の部分又は建築物に取り付けるもの(構造耐力上主要な部分以外の部分であつて、天井面構成部材に地震その他の震動及び衝撃により生じる力を負担させるものを除く。以下、「壁等」との間)に6cm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面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ことができる。	クリアランス:6cm	A-01, 02,04
11 屋外に面する天井	風圧により脱落することがないように取り付ける	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 ²)	長期許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)		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 ²)	長期許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)		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 ²)	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

§ 2. 水平震度の算定

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 1 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

	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	2.2r
(二)	(一)又は(三)以外の階	1.3r
(三)	0.11(2N+1)を超えない整数の階から最下階	0.5

この表において、 N 及び r は、それぞれ次の数値を表すものとする。
 N 地上部分の階数
 r 次に定める式によって計算した数値

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

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。

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

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 総重量の算定

本節では、前節にて算出した水平震度 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 3 第 1 項 9 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 を指す。

(1) エントランスホールの天井材について

- ・天井面積：878.7m²
- ・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：

石膏ボード t=9.5	$\gamma = 6.2\text{kg/m}^2$
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)	$\gamma = 4.0\text{kg/m}^2$
合 計	$\Sigma \gamma = 17.4\text{kg/m}^2$

仕様ルートでは、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 第 1 項 1 号の規定)。

なお、本設計例では、安全側の設定として単位面積あたりの質量に余裕を持たせることとして 18.0kg/m² とする。

$$\Sigma \gamma = 18.0\text{kg/m}^2 \leq 20\text{kg/m}^2 \quad \therefore \text{OK}$$

(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

$$\text{総重量：} W = (18.0 \times 9.8 \times 10^{-3}) \times 878.7 = 155.0\text{kN}$$

§ 3. 斜め部材の設計

3-1 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 とする。

(1) 斜め部材の選定

- ・ 斜め部材：C-38×12×1.6

断面積： $A_b=94.0\text{mm}^2$

断面二次モーメント： $I_y=1,080\text{mm}^4$

断面二次半径： $i=3.40\text{mm}$

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

水平面に対する斜め部材のなす角度： $\theta=41.6^\circ$

($\sin\theta=0.664$ 、 $\cos\theta=0.747$ 、 $\tan\theta=0.889$)

細長比： $\lambda_b = L_b \times 10^3 / i = 354.4$

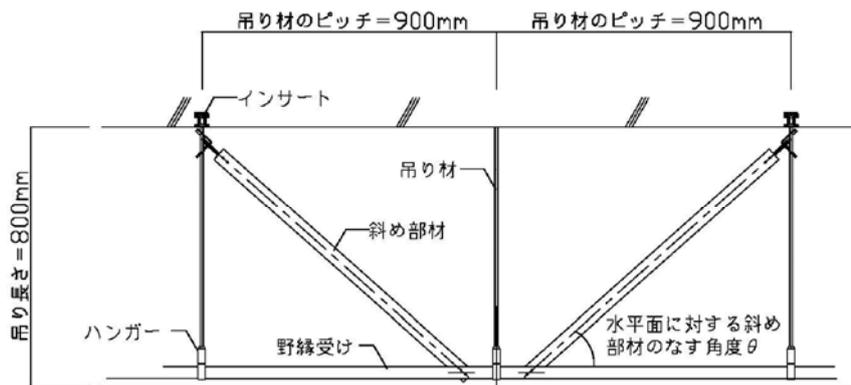


図 3.1 各部分の寸法

(2) 斜め部材の組数の算定

- ・ 二本の斜め部材から構成される組数 n

$$n = \frac{kW}{3\alpha B} \cdot \gamma \cdot L_b^3$$

k ：水平震度(=0.5)

W ：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(=155.0kN)

α ：斜め部材の断面形状及び寸法に応じた係数(= I_y/I_0)

B ：斜め部材の水平投影長さ(m)

γ ：斜め部材の細長比に応じた割増係数

L_b ：斜め部材の長さ(m)

$\alpha = 1.00$ (平成 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項 9 号の表中(二)を使用)

$B = 0.9\text{m}$

$\gamma = 1.0$ ($\lambda_b \geq 130$)

$L_b = 1,205 \times 10^{-3}\text{m}$

$$n = \frac{kW}{3\alpha B} \cdot \gamma \cdot L_b^3 = \frac{0.5 \times 155.0}{3 \times 1.00 \times 0.9} \times 1.0 \times (1,205 \times 10^{-3})^3 = 50.2 \rightarrow 52 \text{ 組}$$

ゆえに、52 組の斜め部材を釣り合い良く配置すればよい。

3-2 斜め部材の配置計画

前節にて算定した斜め部材の組数(52 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^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 方向及び Y 方向とも 52 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 2 組以上 3 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-38×12×1.6 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、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 5-1 節による)
- (8) 各部材の接合部は、仕様規定の条件を満たす部材を使用する

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。

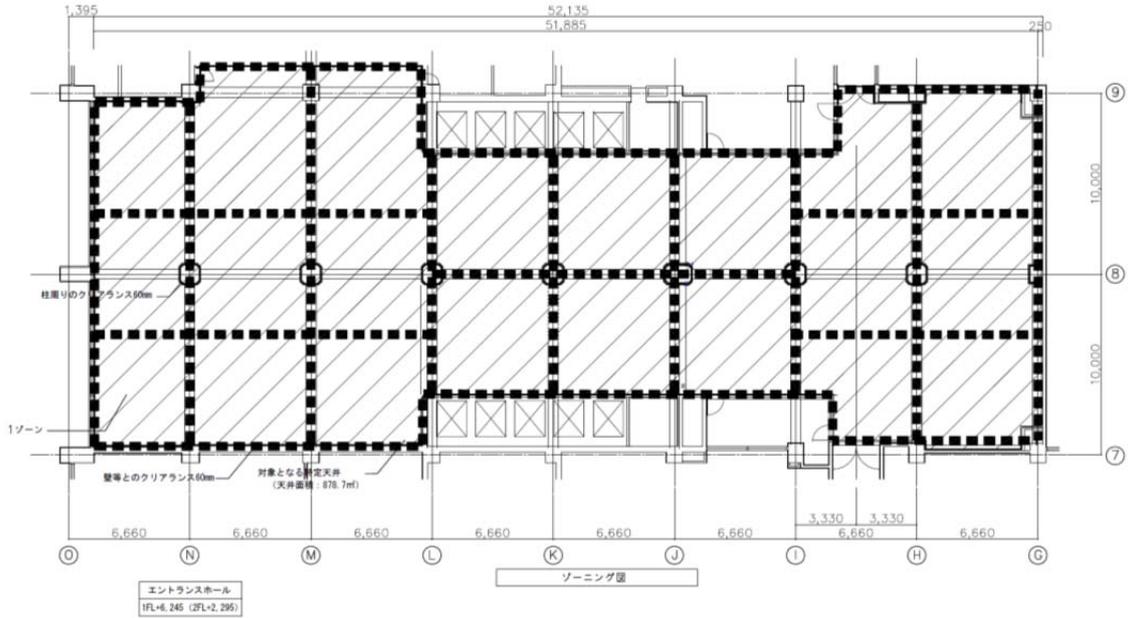


図 3.2 分割したゾーニング図

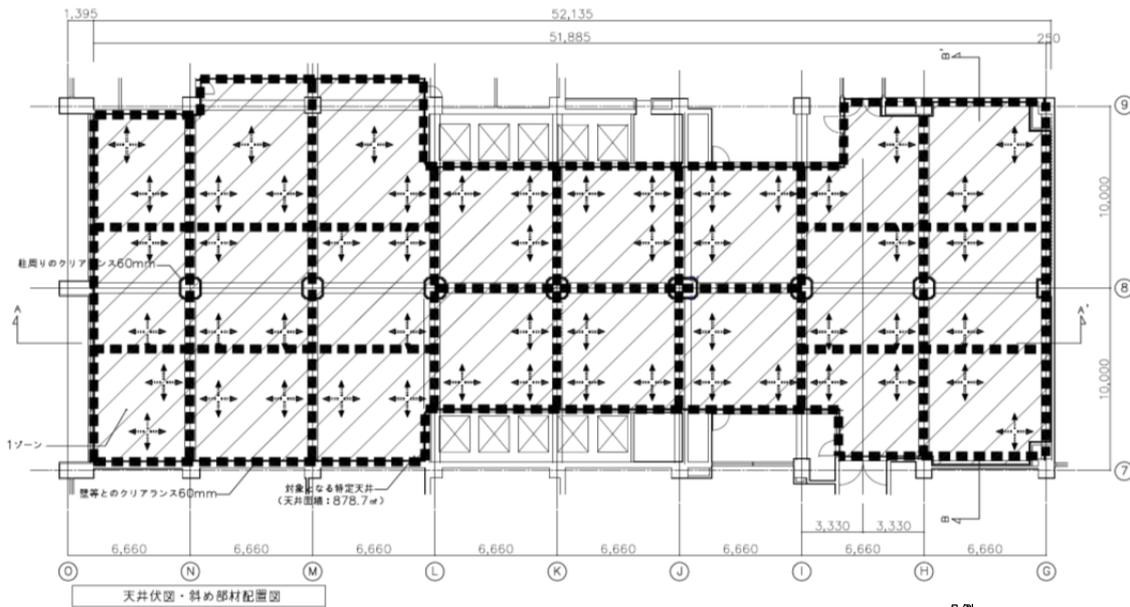


図 3.3 【参考】斜め部材の配置図(52組)

凡例



§ 4. 天井材の緊結

4-1 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、ハンガーが直接地震力を負担することはない。

ただし、本設計例では、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。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。

4-2 クリップ

- ・斜め部材の下端近傍に設けるクリップの水平方向の緊結

$$F_c = \frac{kW}{a \cdot n} \times 10^3 \leq T_c$$

F_c ：クリップ1個あたりに加わる地震力(N)

a ：斜め部材の下端近傍に設けるクリップの個数

T_c ：クリップ1個あたりの許容耐力(N) A社製品カタログ値を採用

野縁受け方向：800N → 2個で負担

野縁方向：400N → 6個で負担(地震力を分散させるために野縁受け繋ぎ材を配置する)

- ・野縁受け方向

$$F_{c1} = \frac{0.5 \times 155.0}{2 \times 52} \times 10^3 = 746\text{N} \leq T_{c1} = 800\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

- ・野縁方向

$$F_{c2} = \frac{0.5 \times 155.0}{6 \times 52} \times 10^3 = 249\text{N} \leq T_{c2} = 400\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

斜め部材からの応力を負担させるためのクリップ配置を図4.1及び図4.2に示す。

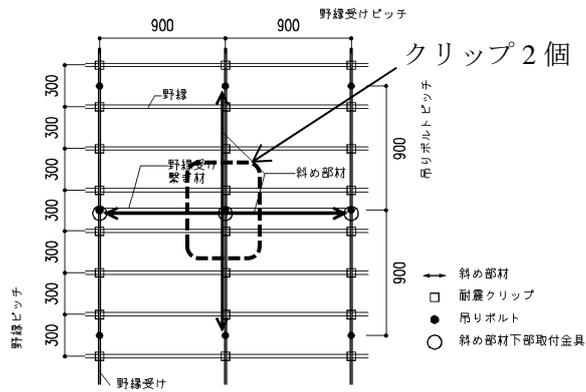


図 4.1 野縁受け方向の水平力負担クリップ

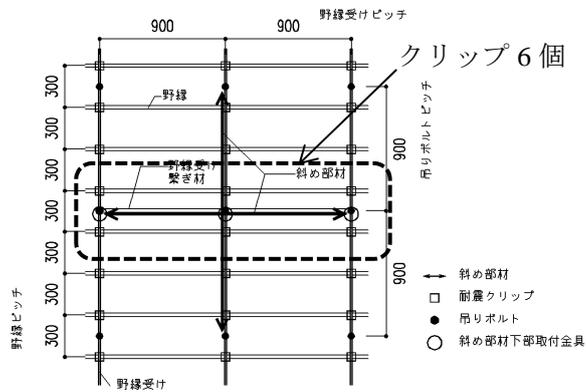


図 4.2 野縁方向の水平力負担クリップ

4-3 斜め部材の接合部

斜め部材の接合部は、上端及び下端ともに偏心距離を考慮した部材により耐力が評価されたものを用いる。

- ・ 斜め部材の上端接合部の緊結

$$F_{bu} = \frac{kW}{b \cdot n} \times 10^3 \leq T_{bu}$$

F_{bu} : 斜め部材の上端接合部に加わる地震力(N)

b : 斜め部材の上端接合部に取り付く斜め部材の本数に応じて定める値(=2)

T_{bu} : 斜め部材の上端接合部の許容耐力(=800N : A 社製品カタログ値(斜め部材の軸方向耐力)を水平方向に換算した耐力)

$$F_{bu} = \frac{0.5 \times 155.0}{2 \times 52} \times 10^3 = 746\text{N} \leq T_{bu} = 800\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

- ・斜め部材の下端接合部の緊結

$$F_{bl} = \frac{kW}{b \cdot n} \times 10^3 \leq T_{bl}$$

F_{bl} : 斜め部材の下端接合部に加わる地震力(N)

b : 斜め部材の下端接合部に取り付く斜め部材の本数に応じて定める値(=1)

T_{bl} : 斜め部材の下端接合部の許容耐力(=3,600N : A社製品カタログ値(野縁方向(野縁受け方向よりも小さい)に取り付く斜め部材の軸方向耐力)を水平方向に換算した耐力)

$$F_{bl} = \frac{0.5 \times 155.0}{1 \times 52} \times 10^3 = 1,491\text{N} \leq T_{bl} = 3,600\text{N} \quad \therefore \text{OK}$$

- ・斜め部材と野縁受けとの緊結 (野縁方向)

上記における野縁方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力 $F_{bl}=1,491\text{N}$ は、緊結された取付金具を介して野縁受けの弱軸方向に外力として作用することとなる。

仕様ルートでは、斜め部材の座屈耐力を、その周辺部材がすべて伝達し、応力を処理できるものを用いることが前提条件である。

本設計例では、野縁受け間に野縁に平行に野縁受け繋ぎ材を配置し、野縁方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力 $F_{bl}=1,491\text{N}$ に対して、3本の野縁受けに負担させる設計とする(図 4.3 及び図 4.4)。

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 4.5)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¹⁾²⁾が参考となる。

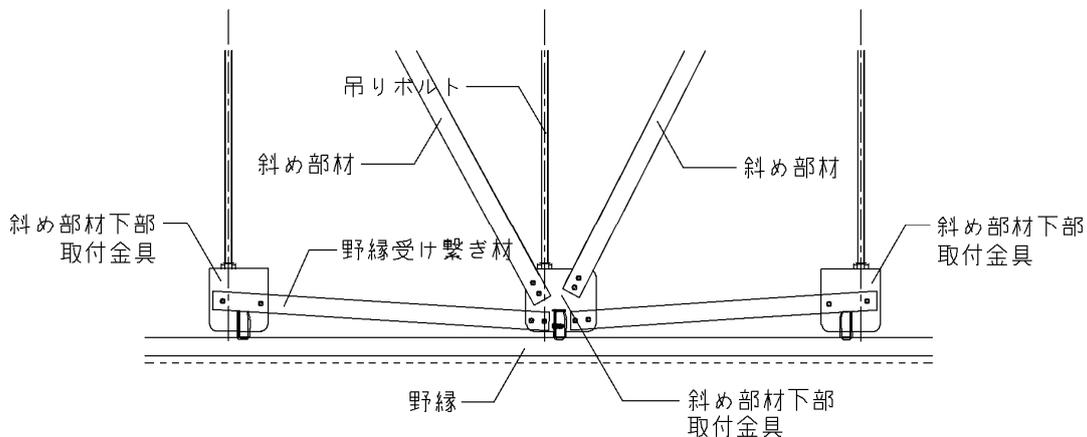


図 4.3 野縁受けに対する水平力 (野縁受け直交方向地震時の野縁受けの検討)

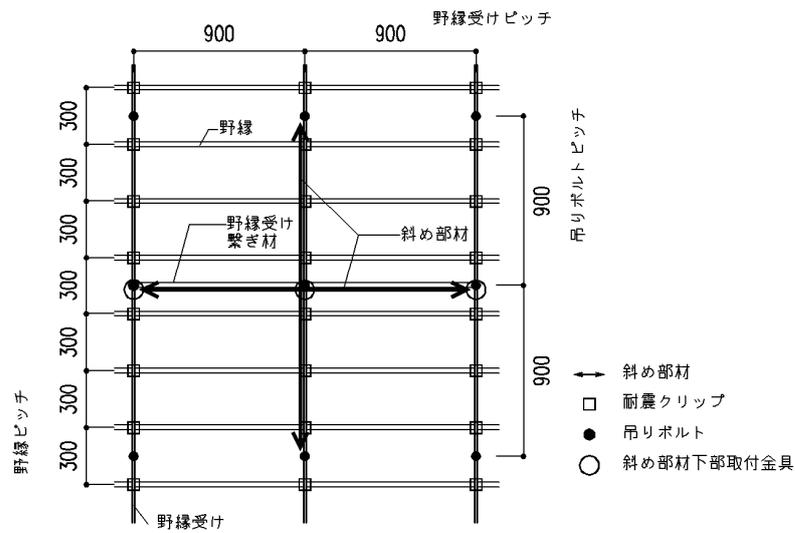


図 4.4 各部材の平面配置図

- 野縁受け：C-38×12×1.2
- 野縁のピッチ：@300mm

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

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

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

σ_y ：表 1.3 (2)天井下地材における降伏点の値(N/mm²)

Z_p ：野縁受けの弱軸の塑性断面係数(mm³)

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)

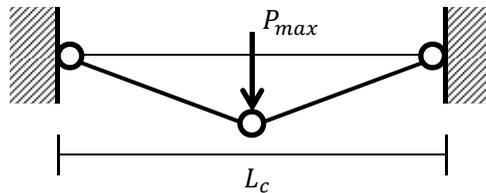


図 4.5 野縁受けの崩壊機構

【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

- ・野縁方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力: $F_{bl}=1,491\text{N}$

この F_{bl} を野縁受け 3 本で負担する。

設計用短期荷重 $P=F_{bl}/3=1,491/3=497\text{N}$

ゆえに、

$$\frac{P}{P_a} = \frac{497}{597} = 0.84 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

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)。

- ・斜め部材と野縁受けとの緊結 (野縁受け方向)

野縁受けの強軸方向における検討 (例えば、連梁応力解析等) を行い、緊結されていることを確認した A 社製品のカタログに記載のある接合方法を用いる。

(連梁応力解析は、ここでは省略する。具体の検討例は設計例 1-2 の p.1-23~1-25 参照)

4-4 吊り材及び斜め部材の取り付け方法

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、吊り元の接合部は、鉛直方向応力と水平方向応力の組み合わせ応力により検討を行う。

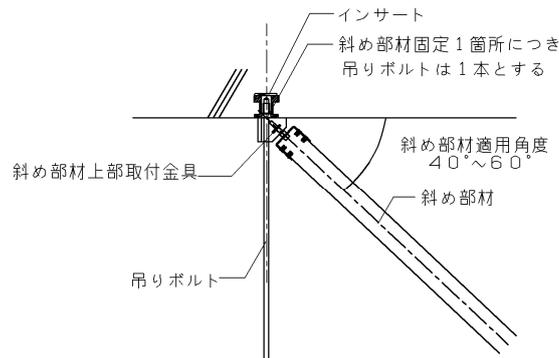


図 4.3 吊り元接合部の取り付け方法(偏心なし)

・吊り元接合部の取り付け方法

$$F_v = \frac{W}{m} \times 10^3 + \frac{kW \cdot \tan\theta}{b \cdot n} \times 10^3$$

$$F_h = \frac{kW}{b \cdot n} \times 10^3$$

$$\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} \leq 1.0$$

F_v : 吊り元の接合部に加わる鉛直方向の応力(N)

F_h : 吊り元の接合部に加わる水平方向の応力(N)

P : 吊り元接合部の鉛直許容耐力(=2,250N)

Q : 吊り元接合部の水平許容耐力(=8,000N)

} B 社製品カタログ値

b : 斜め部材の上端接合部に取り付く斜め部材の本数に応じて定める値(=2)

m : 吊りボルトの本数(=1,084 本)

$$F_v = \frac{155.0}{1,084} \times 10^3 + \frac{0.5 \times 155.0 \times 0.889}{2 \times 52} \times 10^3 = 806\text{N}$$

$$F_h = \frac{0.5 \times 155.0}{2 \times 52} \times 10^3 = 746\text{N}$$

$$\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{806}{2,250}\right)^2 + \left(\frac{746}{8,000}\right)^2} = 0.38 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$$

§ 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 25 年国土交通省告示第 771 号第 3 第 1 項 10 号に規定される数値(6cm)以上とする。

本設計例ではクリアランスを 6cm とする。

§ 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。

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"> ■ 吊り天井 <ul style="list-style-type: none"> ■ 在来工法 ロンシステム天井 □ その他の天井 () ■ 居室、廊下その他の人が日常立ち入る場所 ■ 居室、廊下 □ 廊下 ■ 人が日常立ち入る場所 (事務所ビルのエントランスロビー) ■ 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 ■ 天井高さ (6.245m) ■ 天井の水平投影面積 (878.7㎡) ■ 天井面構成部材等の1㎡当たりの平均質量 (以下、単位面積質量) が2kgを超える ■ 単位面積質量 (18.0kg/㎡)
2 耐久性等関係規定	<ul style="list-style-type: none"> □ 天井で特定の腐食、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ない材料又は有効なさび止め、腐食その他の劣化防止剤等の措置を施した材料を使用する
③ 設計ルート	<ul style="list-style-type: none"> ■ 構造躯体の計算ルート (□4号建築物) ルート1 □ルート2 ■ルート3 □限界耐力計算 □時刻歴応答解析 ■ 構造躯体の補強計算ルート1、ルート2又はルート3又は4号建築物の場合：仕様ルート又は計算ルート ■ 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、仕様ルート又は計算ルート (水平震度法、簡易スペクトル法) による検証も可) ■ 構造躯体の補強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針に基づき、仕様ルート又は計算ルートによる検証も可) ■ 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) □ 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)
④ 仕様ルート	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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"> ・ 地上部分の階数 (9 階) ・ 天井面が位置する階数 (1階見上げ (3階床下)) ・ 天井面構成部材等の単位面積質量 (■18.0kg/㎡) ・ 天井材の相互緊結部材 (■ポルト ■ねじ □その他の接合材 ()) ・ 吊り材 (■吊りポルト (■W3/8 □W1/2) □吊りポルト同等品以上 ()) ・ 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) □天井の支保構造部) ・ 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 ()) ・ 吊り材の配置方法 (■本数1.23本/㎡ □鉛直方向に釣り合い良く配置 (A-04.05)に明示) ・ 天井面の防腐等 (□有り (段差スリット) □有り (口無し) ■無し) ・ 吊り長さ (■0.8m) ■概ね均一 (A-05)に明示) ・ 締め部材の配置 (■52組 ■釣り合い良く配置 (A-04.05)に明示) ・ 壁等とのクリアランス (■6cm □特別な調査又は研究 () cm))

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1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

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	2.2r
(二) (一)又は(三)以外の階	1.3r
(三) 0.11(2N+1)を超えない整数の階から最下階	0.5

- 上記表にて、
 (一) 0.3(2N+1)=0.3×(2×9+1)=5.7 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×(2×9+1)=2.09 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（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、本例では、(三)の「水平震度：0.5」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=0.5

2. 総重量の算定
 本節では、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が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
 (1) エントランスホールの天井材について
 ・天井面積：878.7㎡
 ・天井高さ：CH6.245mm
 ・吊り長さ：800mm
 ・柱スパン：16.6m(X方向)、10.0m(Y方向)
 ・単位質量：
 石膏ボード t=9.5
 岩棉吸音板 t=12.0
 上記以外の天井面構成部材(野線等)
 その他(照明器具等)
 合計
 $\Sigma \gamma = 17.4 \text{ kg/m}^2 \rightarrow 18.0 \text{ kg/m}^2$

仕様ルートでは、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第1項9号の規定）
 $\Sigma \gamma = 18.0 \text{ kg/m}^2 \leq 20 \text{ kg/m}^2 \therefore \text{OK}$
 (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及び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：W=(18.0×9.8×10³)×878.7=155.0kN

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第1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
 (1) 締め部材の選定
 ・締め部材：C-38×12×1.6
 断面積：A_b = 94.0mm²
 断面二次モーメント：I = 1,080mm⁴
 断面二次半径：i = 3.40mm
 締め部材の長さ：L_b = √(900² + 800²) × 10⁻³ = 1,205 × 10⁻³ m
 細長比：λ_b = L_b × 10³ / i = 354.4
 水平面に對する締め部材のなす角度：θ = 41.6° (sin θ = 0.664, cos θ = 0.747, tan θ = 0.889)
 限界細長比：λ = $\frac{1,500}{\sqrt{1.5}}$ = 128.3 ≤ λ_b ∴ OK

(2) 二本の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
 $n = \frac{kW}{3\sigma B \cdot \gamma \cdot L_b^3}$
 k: 水平震度 (=0.5)
 W: 天井面構成部材等の総重量 (=155.0kN)
 α: 締め部材の断面形状及び寸法に依る係数 (=1/l₀)
 B: 締め部材の水平投影長さ
 γ: 締め部材の細長比に依る影響係数
 L_b: 締め部材の長さ (m)
 $\alpha = 1.00$ (平成25年国土交通省告示第771号第3第1項9号の表(二)を使用)
 $B = 0.9\text{m}$
 $\gamma = 1.0$ (λ≧130)
 $L_b = 1,205 \times 10^{-3}\text{m}$
 $n = \frac{0.5 \times 155.0}{3 \times 1.00 \times 0.9 \times 1.0 \times (1,205 \times 10^{-3})^3} = 50.2 \rightarrow 52$
 ゆえに、52組の締め部材を釣り合い良く配置すればよい。

図面番号	—
図面名称	Mビル エントランスロビー(仕様ルート)
図面区分	特記仕様書(1)
図面番号	A-01

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、 野縁受付け方向：斜め部材は直接野縁受付けに取り付ける 野縁方向：斜め部材は取付金具を用いて野縁受付けに取り付ける 金具としていないため、ハンガーが直接地震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度やそれに伴う野縁受付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付けを緊結していると判断する</p> <p>(2) クリップ（野縁と野縁受付けの接合部） $F_e = \frac{KW}{\alpha \cdot n} \cdot 10^3$ $F_e : \text{クリップ1個あたりに加わる地震力 (N)}$ $\alpha : \text{斜め部材の下端の近傍に設けるクリップの個数}$ $n : \text{クリップの許容耐力 (N)} \quad (\text{A社製品カタログ値})$ $KW : \text{野縁受付け方向: 800N}$ $KW : \text{野縁方向: 400N}$ </p> <p>$\alpha = 2$個 (野縁受付け方向) $\alpha = 6$個 (野縁方向: 地震力を分配させるため、野縁受け梁を配置する)</p> <p>・野縁受付け方向 $F_e = \frac{0.5 \times 155.0}{2 \times 52} \cdot 10^3 = 746 \text{ N} \leq T_c = 800 \text{ N} \quad \therefore \text{OK}$ </p> <p>・野縁方向 $F_e = \frac{0.5 \times 155.0}{6 \times 52} \cdot 10^3 = 249 \text{ N} \leq T_c = 400 \text{ N} \quad \therefore \text{OK}$ </p>	<p>5. 吊り材及び斜め部材の取付け方 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1.4. 天井材の緊結」に記載した考え方と同様に検討を行う</p> $F_v = \frac{W}{m} \cdot 10^3 + \frac{KW \cdot \tan \theta}{b \cdot n} \cdot 10^3$ $F_h = \frac{KW}{b \cdot n} \cdot 10^3$ $\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} \leq 1.0$ <p>F_v: 吊り元の接合部に加わる鉛直方向の応力 (N) F_h: 吊り元に加わる水平方向の応力 (N) P: 吊り元の接合部の許容耐力 (N) (=2,250N) Q: 吊り元の接合部の許容せん断力 (N) (=8,000N) } B社製品カタログ値 m: 斜め部材の上面の接合部に取付く部材の本数に応じて定める値 (=2) n: 吊りボルトの本数 $m = 878.7 / (0.9 \times 0.9) = 1084$本</p> $F_v = \frac{155}{1,084} \cdot 10^3 + \frac{0.5 \times 155 \times 0.889}{2 \times 52} \cdot 10^3 = 806 \text{ N}$ $F_h = \frac{0.5 \times 155}{2 \times 52} \cdot 10^3 = 746 \text{ N}$ $\sqrt{\left(\frac{F_v}{P}\right)^2 + \left(\frac{F_h}{Q}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{806}{2,250}\right)^2 + \left(\frac{746}{8,000}\right)^2} = 0.38 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$	<p>5 計算ルート (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 ・吊り材、斜め部材、その他の天井材の設置 (□釣り合い良く設置) □構造耐力上主要な部分に取り付ける ・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) □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) ・天井の許容耐力 □吊り材により算定した数値以上 ($K = \dots$) □地震力 ($KW = \dots$) が天井の許容耐力 ($Q_A = \dots$ kN) を超えない □柱スパン ($L_c = \dots$ m) による、上下地震 ($k_v = 1.0$以上) (□考慮) □非考慮 ・壁等とのクリアランス (□ cm □特別に調査又は研究) □非考慮 ・その他の震動及び衝撃 (□適切に考慮)</p>	<p>特記事項</p> <p>$P_0 = \frac{2}{3} \times P_d = \frac{2}{3} \times 896 = 597 \text{ N}$ σ_y = 天井下地材における降伏点の値 (N/mm²) Z_p = 野縁受付けの頸部の塑性断面係数 (mm³) M_0 = 野縁受付けの頸部回りの全塑性曲げモーメント (N・mm) L_c = 野縁のピッチ (mm) P_0 = 野縁受け1本あたりの横断耐力 (N) P_0 = 野縁受け1本あたりの許容耐力 (N)</p> <p>・野縁方向の斜め部材の下端接合部に加わる地震力: $F_{01} = 1,491 \text{ N}$ この力を野縁受け3本で負担する。 設計用短期荷重 $P = F_{01} / 3 = 1,491 / 3 = 497 \text{ N}$ ゆえに、 $\frac{P}{P_0} = \frac{497}{597} = 0.84 \leq 1.0 \quad \therefore \text{OK}$ であるため、斜め部材からの応力は野縁受け3本で負担させればよい(野縁のピッチをφ300mmとした場合)。 ・斜め部材と野縁受付け方向の緊結 (野縁受け方向) 野縁受付けの強固な方向における検討 (例えば、連動応力解析等) を行い、緊結されていることを確認した A社製品のカタログに記載のある接合方法を用いる (A-03参照)。</p> <p>図 野縁受付けの耐震機構</p>
<p>6 計算ルート (応力スベクトル法) (応力スベクトル法)</p> <p>□ 以下の特記事項により、簡易スベクトル法又は応力スベクトル法の規定に適合していることを確認 ・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) ・天井の許容耐力 □吊り材により算定した数値以上 ($K = \dots$) □地震力 ($KW = \dots$ kN) が天井の許容耐力 ($Q_A = \dots$ kN) を超えない □柱スパン ($L_c = \dots$ m) による、上下地震 ($k_v = 1.0$以上) (□考慮) □非考慮 ・壁等とのクリアランス (□ cm □特別に調査又は研究) □非考慮 ・その他の震動及び衝撃 (□適切に考慮)</p>	<p>6 計算ルート (応力スベクトル法) (応力スベクトル法)</p> <p>□ 以下の特記事項により、簡易スベクトル法又は応力スベクトル法の規定に適合していることを確認 ・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) ・天井の許容耐力 □吊り材により算定した数値以上 ($K = \dots$) □地震力 ($KW = \dots$ kN) が天井の許容耐力 ($Q_A = \dots$ kN) を超えない □柱スパン ($L_c = \dots$ m) による、上下地震 ($k_v = 1.0$以上) (□考慮) □非考慮 ・壁等とのクリアランス (□ cm □特別に調査又は研究) □非考慮 ・その他の震動及び衝撃 (□適切に考慮)</p>	<p>6 計算ルート (応力スベクトル法) (応力スベクトル法)</p> <p>□ 以下の特記事項により、簡易スベクトル法又は応力スベクトル法の規定に適合していることを確認 ・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) ・天井の許容耐力 □吊り材により算定した数値以上 ($K = \dots$) □地震力 ($KW = \dots$ kN) が天井の許容耐力 ($Q_A = \dots$ kN) を超えない □柱スパン ($L_c = \dots$ m) による、上下地震 ($k_v = 1.0$以上) (□考慮) □非考慮 ・壁等とのクリアランス (□ cm □特別に調査又は研究) □非考慮 ・その他の震動及び衝撃 (□適切に考慮)</p>	<p>【引用文献】 1) 天井 構造要素 正次部 佐藤 兼章: 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録要集、pp.877-878、2012.09 2) 佐藤 兼章、元部 正次、並井 崇雄: 施工現場を考慮した天井システムの詳細設計、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録要集、pp.879-880、2012.09</p> <p>・野縁受け: $C = 38 \times 12 \times 1.2$ ・野縁のピッチ: $\phi 300 \text{ mm}$ $M_0 = \sigma_y \times Z_p = 205 \times 164 = 33,620 \text{ N} \cdot \text{mm}$ $P_0 = 8 \times M_0 / L_c = 8 \times 33,620 / 300 = 896 \text{ N}$ </p>

図面番号	—
工務科	—
設計者	—
校核者	—
承認者	—
図面名称	天井 工法天井ロー（仕舞ルート）
特記仕様書(2)	—

一般建築士 大庭 第 1226498	OO								
一般建築士 大庭 第 1226498	OO								
一般建築士 大庭 第 1226498	OO								
一般建築士 大庭 第 1226498	OO								

