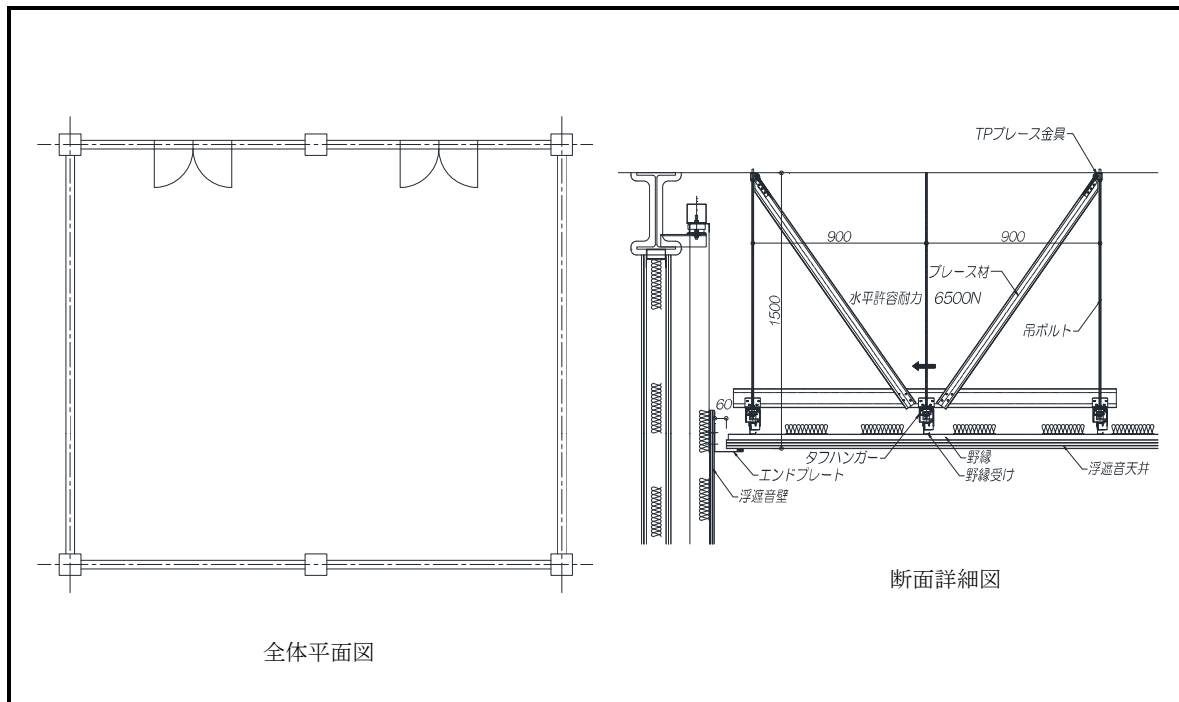


# 特定天井 [ 計算ルート・水平震度法 ] 計算シート 計算例

## 1. 物件概要

物件名	某テレビスタジオ 新設計画	構造種別	[ 鉄骨鉄筋コンクリート造, 鉄骨造 ]
対象天井	テレビスタジオ	地域別地震係数 Z	[ 1 ]
建物階数	3 階	(地上)	
対象天井該当階	3 階	(地上)	
天井面積	200.0 m <sup>2</sup>	(特定天井部分)	
天井高さ	10 mm	(特定天井部分)	
天井吊り長さ	2,000 mm	(特定天井部分)	
柱スパン	20 m	(特定天井部分 X方向)	
	15 m	(特定天井部分 Y方向)	



## 2. 設計方針

平成25年度国土交通省告示第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.

## 3. 検討の概要

- A) 天井仕様および施工概要の決定
- B) 水平方向の地震力算定
- C) 水平荷重に対する必要ブレースの設計
- D) 鉛直荷重による応力・荷重および変形の計算

#### 4. 検 討

##### A) 天井仕様および施工概要の決定

表-1 部材断面性能表1

項目	使用部材	断面積 [mm <sup>2</sup> ]	断面2次モーメント		断面係数		断面2次半径		単位重量 [kgf/m]
			Ix [mm <sup>4</sup> ]	Iy [mm <sup>4</sup> ]	Zx [mm <sup>3</sup> ]	Zy [mm <sup>3</sup> ]	Ix [mm]	Iy [mm]	
吊りボルト	3分吊ボルト	49	192	192	-	-	-	-	0.385
野縁受け	C-60x30x10x1.6	207	116,319	25,527	3,877.3	1316.7	23.7	11.1	1.65
野縁	C-60x30x10x1.6	207	116,319	25,527	3,877.3	1316.7	23.7	11.1	1.65
ブレース(斜め部)材	C-60x30x10x1.6	207	116,319	25,527	3,877.3	1316.7	23.7	11.1	1.65

表-2 部材断面性能表2

[N/mm<sup>2</sup>]

項目	使用部材	材料強度 <b>F</b>	ヤング係数 <b>E</b>	曲げ許容応力度		備考 短期(長期*1.5)
				長期	短期	
				<b>fb</b>	<b>fbn</b>	
野縁受け	C-60x30x10x1.6	205	206,000	136.7	205.0	(強軸)
野縁	C-60x30x10x1.6	205	206,000	136.7	205.0	(弱軸)
ブレース(斜め部)材	C-60x30x10x1.6	205	206,000	-	-	

※平成13年 国交省 告示1024号「特殊な許容応力度又は特殊な材料強度を定める件」第一特殊な許容応力度 三、ハ

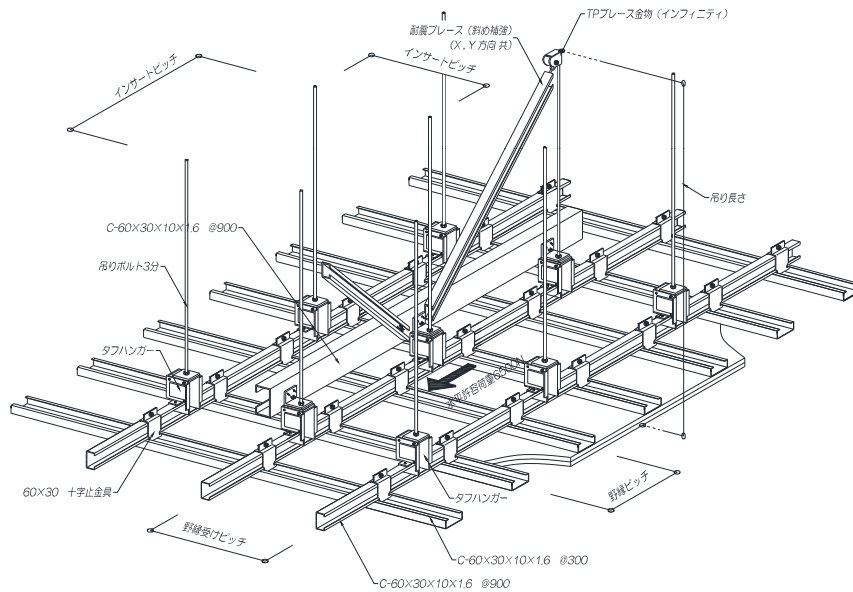


表-3 天井施工の概要

[単位: mm]

インサートピッチ	X 900 × Y 900
野縁受けピッチ	900 (スパン L)
野縁ピッチ	303 (荷重ピッチ d)
吊り長さ	2,000

## B) 水平方向の地震力算定

### B-1 水平震度の算定

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

この表において、N及びrは、それぞれの数値を表わすものとする。

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

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

Z : 建築基準法施工令 第88条第1項

建物階数 3 階

対象天井該当階 3 階

地域別地震係数  $Z = 1$

$K_H$  設計用水平震度 **1.83**

### B-2 水平方向の地震力算定

表-4 天井面構成材 単位質量(重量)表

部位	部材名	単位質量 [kg/m <sup>2</sup> ]	単位重量 [N/m <sup>2</sup> ]	
$w_a$	仕上げ材	FG 8*2	25.60	251.05
		FG 6*2	19.20	188.29
		GW 32k-50t	1.60	15.69
		小計	46.40	455.03
$w_b$	下地材	野縁受 C-60*30*10*1.6 @900	1.80	17.65
		野縁 C-60*30*10*1.6 @303	5.40	52.96
		小計	7.20	70.61
$w_c$	器具等	取付器具等	0.30	2.94
		小計	0.30	2.94
$w$	総重量	53.90	528.58	

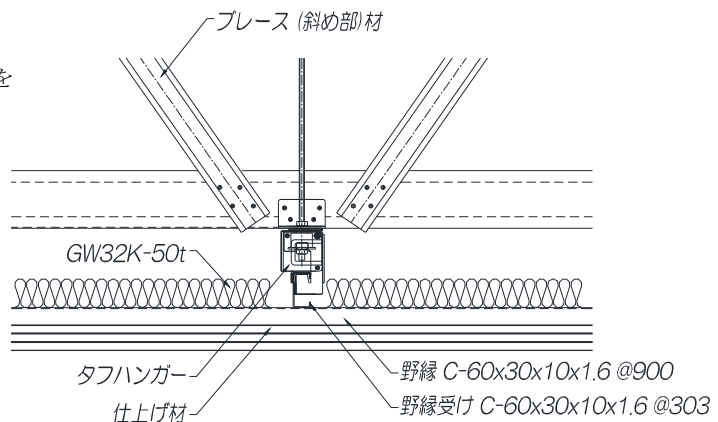
S 天井面積 **200.0** m<sup>2</sup>

W 地震その他の振動および衝撃により生ずる力を負担させるものの総重量

$$\begin{aligned} W &= w \times 9.80665 \times S \\ &= 53.9 \times 9.80665 \times 200 \\ &= 105,715.7 \text{ N} \end{aligned}$$

$kW$  水平方向の地震力

$$\begin{aligned} kW &= K_H \times W \\ &= 1.83 \times 105715.69 \\ &= 193,459.7 \text{ N} \end{aligned}$$

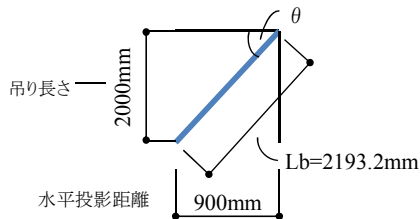


## C) 水平荷重に対する必要ブレースの設計

### C-1 ブレースの耐力計算

ブレース材の座屈を考慮した許容圧縮応力度からブレース材の座屈耐力を算出する。

斜め部材の水平投影距離 900 mm  
 吊り長さ 2,000 mm  
 ⇒ ブレース長さ 2193.2 mm  
 ブレース取付角度  $\theta = 65.77^\circ$



上図より

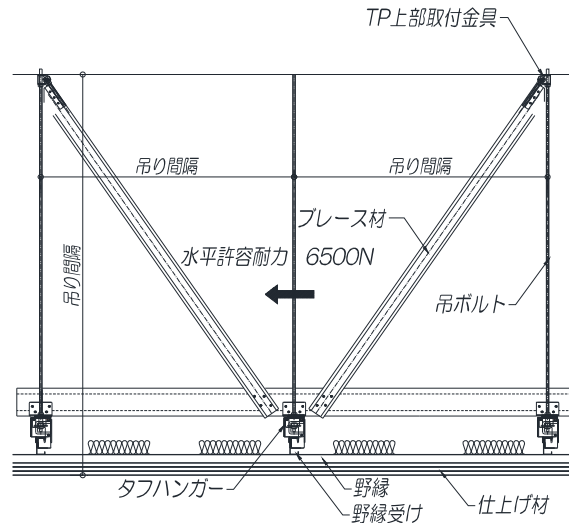
ブレース(斜め部)材	C-60x30x10x1.6
$\theta$ ブレース取付角度	65.77°
$L_b$ ブレース長さ	2,193.2 mm
$L_{bk}$ ブレース座屈長さ	2,193.2 mm (両端ピン)

表-1より

$A_b$ 断面積	207.2 mm <sup>2</sup>
$i_x$ 断面2次半径	23.7 mm
$I_x$ 断面2次モーメント	116,319.3 mm <sup>4</sup>

表-2より

$F$ 基準強度	205.0 N/mm <sup>2</sup>
----------	-------------------------



( $L_{bk} / i_x$ )より

$\lambda_b$ 細長比	92.5
-----------------	------

$\Lambda = \frac{1500}{\sqrt{(F/1.5)}}$ より

$\Lambda$ 限界細長比	128.3
$\lambda_b / \Lambda$	0.721 ( $\lambda_b > \Lambda$ )

**f cb** ブレース材の許容座屈応力度

・ $\lambda_b \leq \Lambda$ の場合

$$f_{cb} = \left\{ \frac{1 - (2/5) \times (\lambda/\Lambda)^2}{(3/2) + (2/3) \times (\lambda/\Lambda)^2} \right\} \times F$$

$$= \left\{ \frac{1 - (2/5) \times (0.721 \times 0.721)}{(3/2) + (2/3) \times (0.721 \times 0.721)} \right\} \times 205$$

$$= 87.93 \text{ N/mm}^2$$

・ $\lambda_b > \Lambda$ の場合

$$f_{cb} = \left\{ \frac{18/65}{(\lambda/\Lambda)^2} \right\} \times F$$

$$= \left\{ \frac{18/65}{(0.721 \times 0.721)} \right\} \times 205$$

$$= \text{未算定 N/mm}^2$$

( $\lambda \leq \Lambda$ の為)

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

**Pb** ブレース材の座屈耐力(1本分)

$$P_b = (f_{cb} \times 1.5) \times A_b$$

$$= (87.93 \times 1.5) \times 207.2$$

$$= 27,328.6 \text{ N}$$

**Qb** ブレース材の水平耐力(2本分)

$$Q_b = P_b \times \cos\theta \times 2$$

$$= 27328.644 \times \cos(65.77) \times 2$$

$$= 22,431.4 \text{ N}$$

## C-2 ブレース材の組数算定

ブレース材1組(2本分)が設置された天井構成部材の許容耐力

**P** 天井面許容水平耐力 6,500 N ※ 告示に定める天井ユニットの試験・評価結果による数値

$$Q_b = 22,431.4 \text{ N} > P = 6,500 \text{ N} \quad \therefore \text{OK}$$

・2本のブレース材から構成される組数n

$$n = \frac{kW}{P} = \frac{193,459.7}{6,500} = \boxed{29.76} \text{ 組}$$

⇒ 30組の斜め部材を釣り合いよく配置する。

※ 参考 (6.67㎡/組)

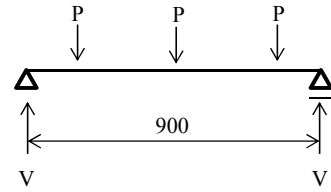
## D) 鉛直荷重による応力・荷重および変形の計算

### D-1 長期荷重に対する検討

▼ 野縁受け [ C-60x30x10x1.6 ] 野縁受けには野縁から荷重を受けるため野縁受けのハンガー吊ピッチを支点間距離とし野縁の位置に集中荷重が掛かると想定して算定する。

表-1, 表-2より

<b>fb</b> 長期許容曲げ応力度(強軸)	136.67 N/mm <sup>2</sup>
<b>Ix</b> 断面2次モーメント	116,319 mm <sup>4</sup>
<b>Zx</b> 断面係数	3,877 mm <sup>3</sup>



荷重P

$$P = w \times L \times d$$

$$= 528.58 \times 0.9 \times 0.303$$

$$= \boxed{144.14} \text{ N}$$

反力V

$$V = P \times (\text{荷重数}) / 2$$

$$= 144.14 \times 3 / 2$$

$$= \boxed{216.21} \text{ N}$$

<b>L</b> スパン	900 mm
<b>d</b> 荷重ピッチ	303 mm
荷重数	3 箇所

最大曲げモーメントMmax

$$M1_{\max} = V \times L / 2 - P \times d$$

$$= 216.21 \times 0.9 / 2 - 144.14 \times 0.303$$

$$= \boxed{53.62} \text{ N} \cdot \text{m}$$

最大曲げ応力度の算定

$$\sigma 1_{\max} = M1_{\max} / Zx$$

$$= 53.62 / 3877.3$$

$$= \boxed{0.014} \text{ N/mm}^2$$

最大たわみδ1maxの算定

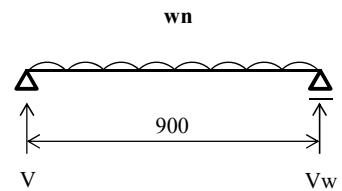
$$\delta 1_{\max} = \boxed{0.17} \text{ mm}$$

※モールの定理より

▼ 野縁 [ C-60x30x10x1.6 ] 野縁仕上げボードから荷重を受けるため野縁を野縁受けピッチを支点間距離とし野縁に等分布荷重が掛かると想定して算定する。

表-1, 表-2より

<b>fb</b> 長期許容曲げ応力度(弱軸)	136.67 N/mm <sup>2</sup>
<b>Ix</b> 断面2次モーメント	25,527 mm <sup>4</sup>
<b>Zx</b> 断面係数	1,316.7 mm <sup>3</sup>



最大曲げモーメントMmax

$$M2_{\max} = \frac{wn \times Ln^2}{8} = \frac{0.16 \times 900 \times 900}{8}$$

$$= \boxed{16,200.00} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<b>Ln</b> スパン	900 mm
<b>wn</b> 分布荷重	0.160 N/mm (wn=w/d)

最大曲げ応力度の算定

$$\sigma 2_{\max} = M2_{\max} / Zx$$

$$= 16200 / 1316.7$$

$$= \boxed{12.3} \text{ N/mm}^2$$

最大たわみδ2maxの算定

$$\delta 2_{\max} = \frac{5 \times wn \times Ln^4}{384 \times E \times Ix}$$

$$= \frac{5 \times 0.16 \times 900^4}{384 \times 206000 \times 116319.3}$$

$$= \boxed{0.26} \text{ mm}$$

### 判定

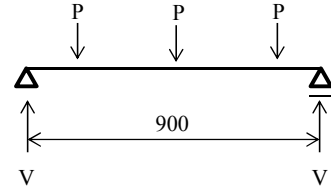
野縁受け	長期許容曲げ応力度	<b>fb</b> = 136.67 N/mm <sup>2</sup>	>	最大曲げ応力度	<b>σ1max</b> = 0.01 N/mm <sup>2</sup>	∴ OK
野縁	長期許容曲げ応力度	<b>fb</b> = 136.67 N/mm <sup>2</sup>	>	最大曲げ応力度	<b>σ2max</b> = 12.30 N/mm <sup>2</sup>	∴ OK
たわみ	長期許容たわみ(メーカー推奨値)	<b>δ</b> = 1.5 mm	>	最大たわみ	<b>δ1max+δ2max</b> = 0.43 mm	∴ OK

## D-2 短期荷重に対する検討

▼ 野縁受け [ C-60x30x10x1.6 ] 野縁受けには野縁から荷重を受けるため野縁受けのハンガー吊ピッチを支点間距離とし野縁の位置に集中荷重が掛かると想定して算定する。

表-1, 表-2より

<b>fbn</b> 短期許容曲げ応力度(強軸)	205.0 N/mm <sup>2</sup>
<b>Ix</b> 断面2次モーメント	116,319 mm <sup>4</sup>
<b>Zx</b> 断面係数	3,877 mm <sup>3</sup>



荷重P	反力V
$P = w \times L \times d$	$V = P \times (\text{荷重数}) / 2$
$= 528.58 \times 0.9 \times 0.303$	$= 144.14 \times 3 / 2$
$= \boxed{144.14} \text{ N}$	$= \boxed{216.21} \text{ N}$

L スパン 900 mm  
d 荷重ピッチ 303 mm  
荷重数 3 箇所

最大曲げモーメントMmax

$$M1_{\max} = V \times L/2 - P \times d$$

$$= 216.21 \times 0.9/2 - 144.14 \times 0.303$$

$$= \boxed{53.62} \text{ N} \cdot \text{m}$$

最大曲げ応力度の算定

$$\sigma 1_{\max} = M1_{\max} / Zx$$

$$= 53.62 / 3877.3$$

$$= \boxed{0.014} \text{ N/mm}^2$$

最大たわみ $\delta 1_{\max}$ の算定

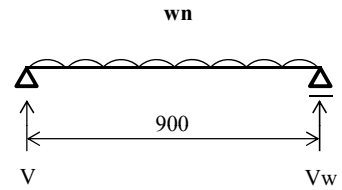
$$\delta 1_{\max} = \boxed{0.17} \text{ mm}$$

※モールの定理より

▼ 野縁 [ C-60x30x10x1.6 ] 野縁仕上げボードから荷重を受けるため野縁を野縁受けピッチを支点間距離とし野縁に等分布荷重が掛かると想定して算定する。

表-1, 表-2より

<b>fbn</b> 短期許容曲げ応力度(弱軸)	205.0 N/mm <sup>2</sup>
<b>Ix</b> 断面2次モーメント	25,526.9 mm <sup>4</sup>
<b>Zx</b> 断面係数	1,317 mm <sup>3</sup>



最大曲げモーメントMmax

$$M2_{\max} = \frac{wn \times Ln^2}{8} = \frac{0.32 \times 900 \times 900}{8}$$

$$= \boxed{32,400.0} \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Ln スパン 900 mm  
wn 分布荷重 0.320 N/mm (wn=w/d)

最大曲げ応力度の算定

$$\sigma 2_{\max} = M2_{\max} / Zx$$

$$= 32400 / 1316.7$$

$$= \boxed{24.61} \text{ N/mm}^2$$

最大たわみ $\delta 2_{\max}$ の算定

$$\delta 2_{\max} = \frac{5 \times wn \times Ln^4}{384 \times E \times Ix}$$

$$= \frac{5 \times 0.32 \times 900^4}{384 \times 206000 \times 25526.9}$$

$$= \boxed{0.52} \text{ mm}$$

判定

	短期許容曲げ応力度		最大曲げ応力度	
野縁受け	<b>fbn</b> = 205.0 N/mm <sup>2</sup>	>	<b>σ1max</b> = 0.01 N/mm <sup>2</sup>	∴ OK
野縁	<b>fbn</b> = 205.0 N/mm <sup>2</sup>	>	<b>σ2max</b> = 24.61 N/mm <sup>2</sup>	∴ OK
	短期許容たわみ(メーカー推奨値)		最大たわみ	
たわみ	<b>δ</b> = 4.5 mm	>	<b>δ1+δ2</b> = 0.69 mm	∴ OK