

(一社) 日本画像医療システム工業会規格

J E S R A T R - 0 0 3 1 \* A - 2 0 2 6

制定 2009年7月23日

改正 2026年1月15日

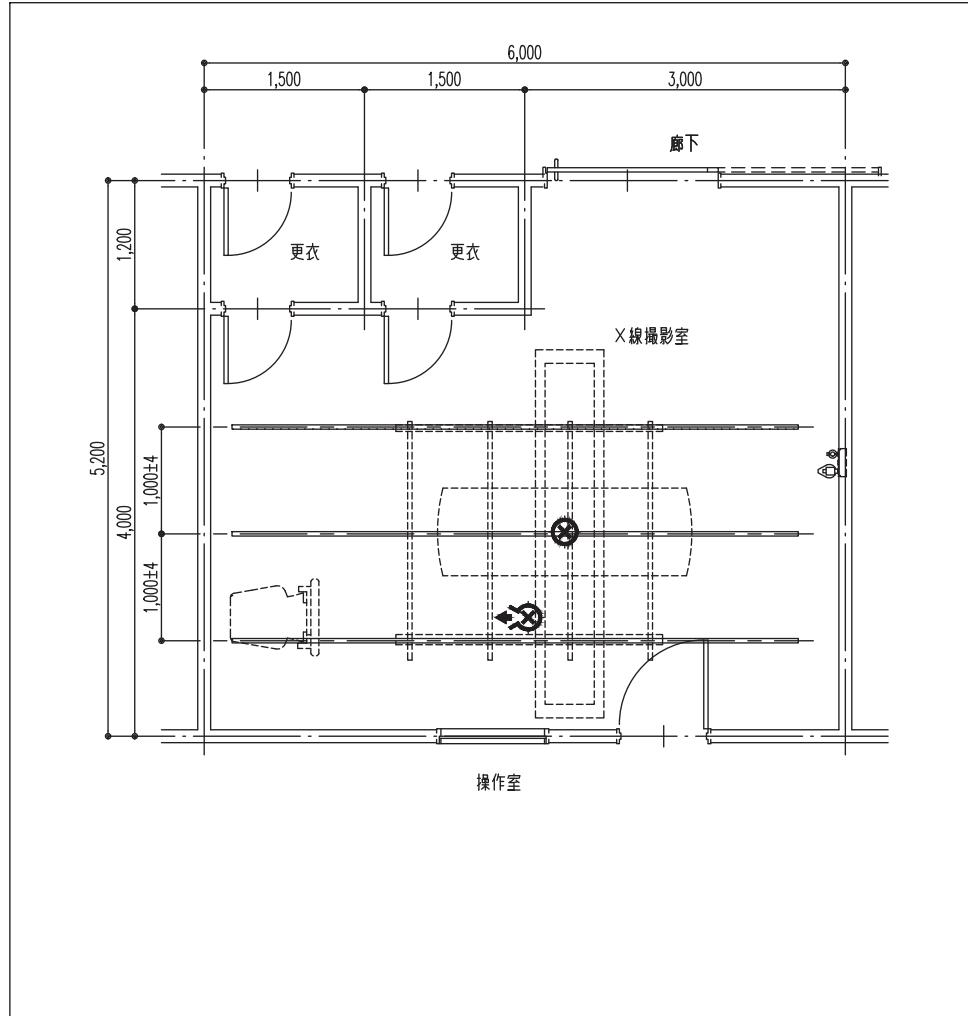
天井走行式X線管保持装置用  
天井下地工事標準化マニュアル 参考資料

- ・天井下地工事参考図（天井下地工事標準化モジュールパターン1、パターン3）、施工要領
- ・天井走行式X線管保持装置用天井下地工事 鉄骨支持架構の標準化工法の構造検討書  
(一例として添付する)
- ・ネグストラッド強度計算書

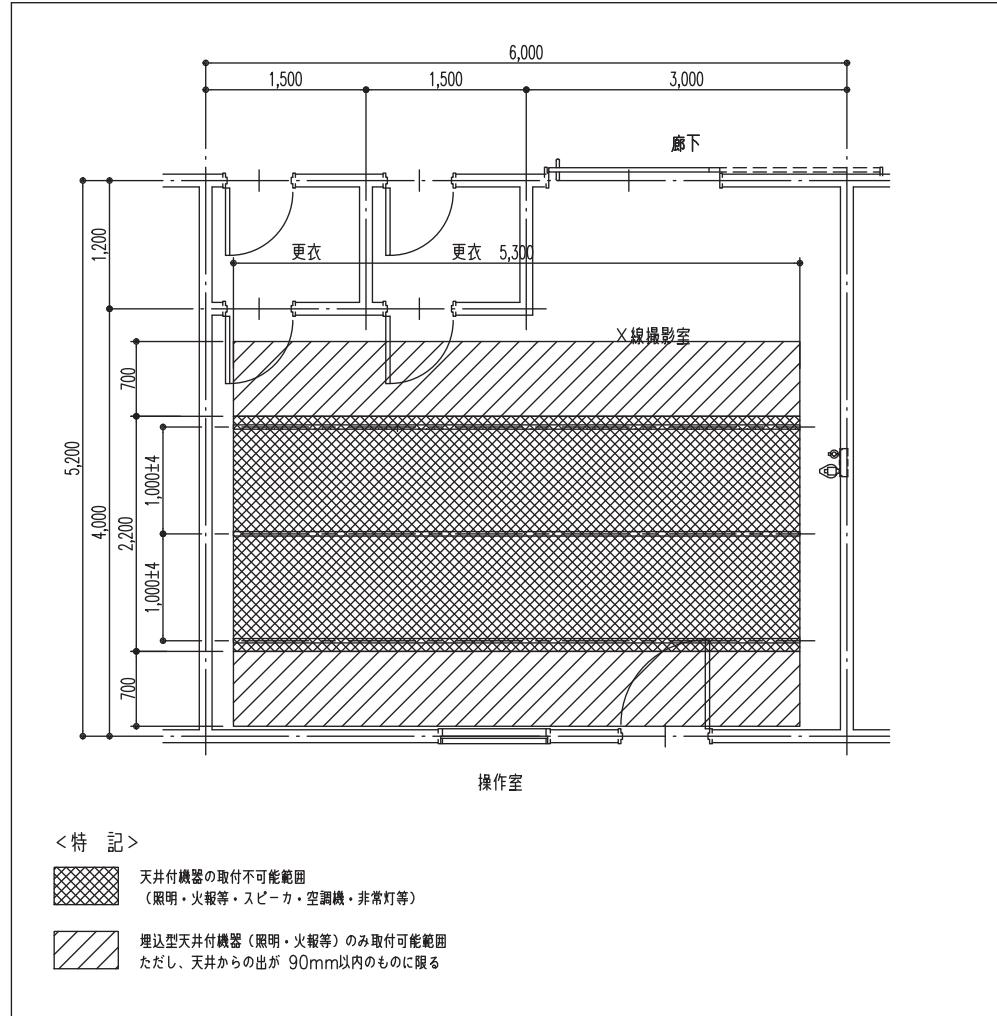
# 1. 天井下地工事 参考図①

## 標準化モジュール パターン1

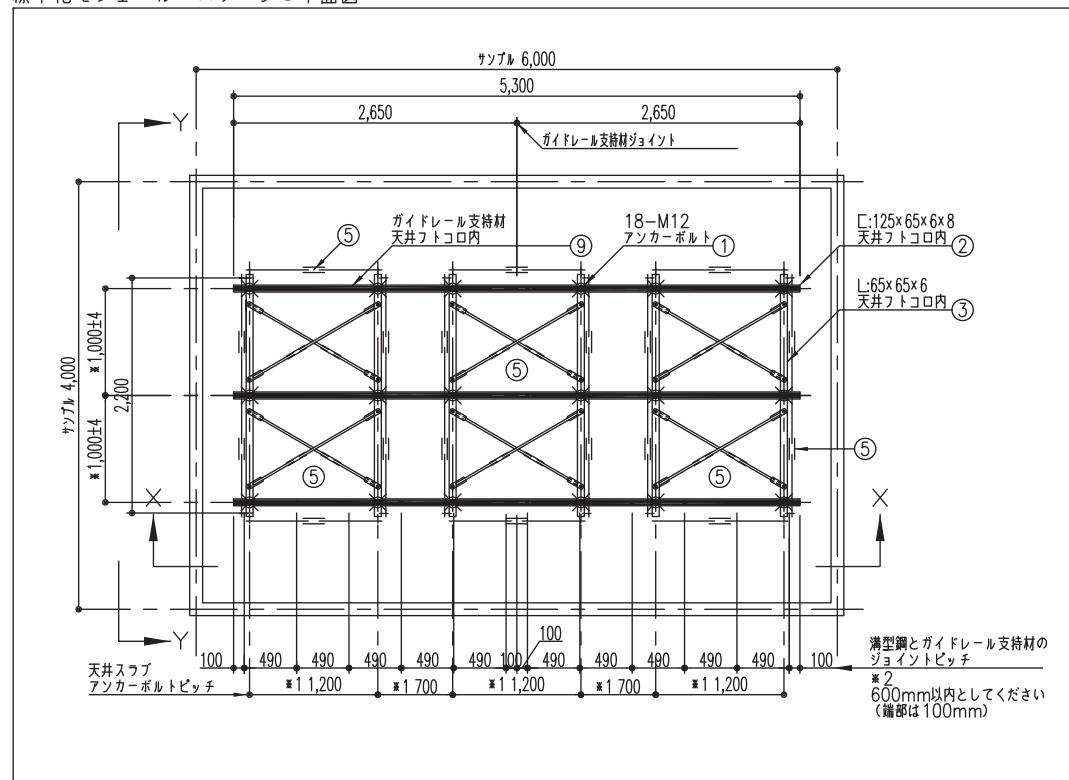
レイアウト参考図



天井伏せ図



標準化モジュール パターン1 平面図

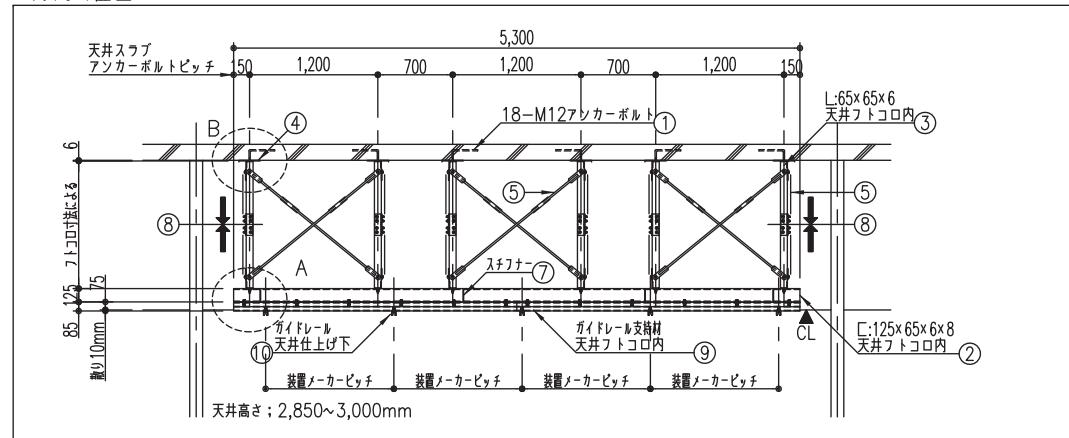


凡例

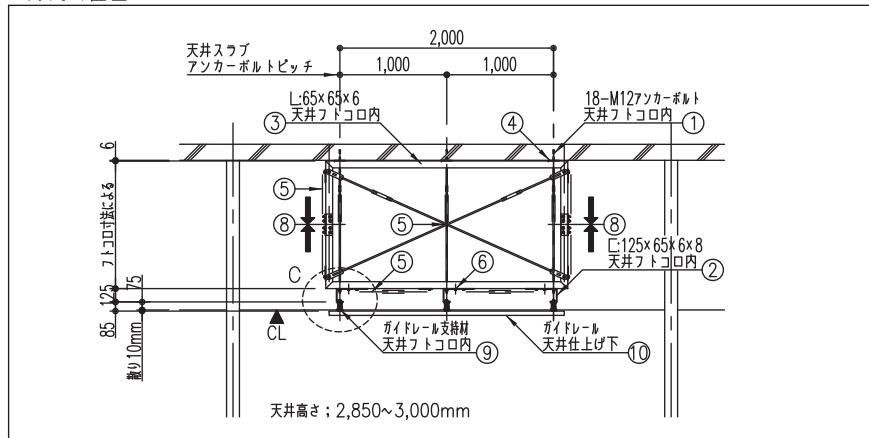
記号	記事	工事区分
①	18-M12アンカーボルト(全ねじ)(ターンバックルにて溝型鋼まで) (スラブ埋込長さ240mm(20×ボルト径)以上)	建築工事
②	C:125x65x6x8(溝型鋼)	建築工事
③	L:65x65x6(アングル鋼)	建築工事
④	アンカーボルト用スペーサー PL-6x100x200	建築工事
⑤	プレース 1-M12(ターンバックル)	建築工事
⑥	G-PL-6 固定 1-M12	建築工事
⑦	スチフナー	建築工事
⑧	ジョイント用 PL-6x59x200	建築工事
⑨	ガイドレール支持材 D41-300W(メラミン樹脂焼付塗装)(ネグロス電工(株))同等品	建築工事
⑩	ガイドレール D41-300(メラミン樹脂焼付塗装)(ネグロス電工(株))同等品	メーカー側

標準化モジュールとは、全てのメーカーの装置に対応可能なモジュールのことです。  
鉄骨部材による補強方法は参考としてください。実際の施工は、建屋条件によって異なります。  
本参考図は天井スラブ埋込アンカーボルトのみで支持する方式で作成していますが、  
さらに天井の梁などを利用して主桁 C : 125x65x6x8 を支持する方法をご検討下さい。  
標準モジュールを切り詰める(左図※1印部分)ことにより、コンパクトな部屋にも対応可能です。

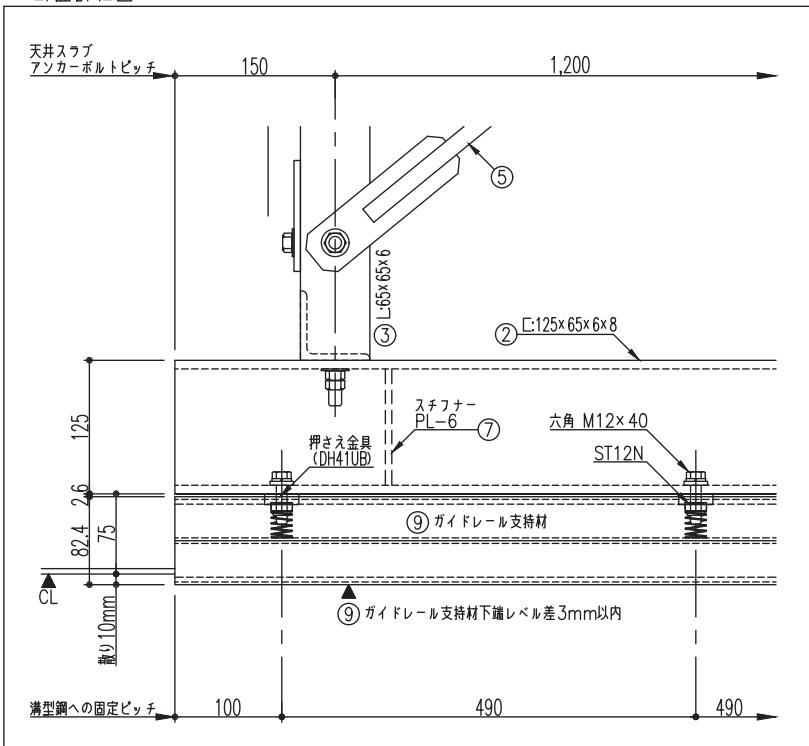
X方向断面図



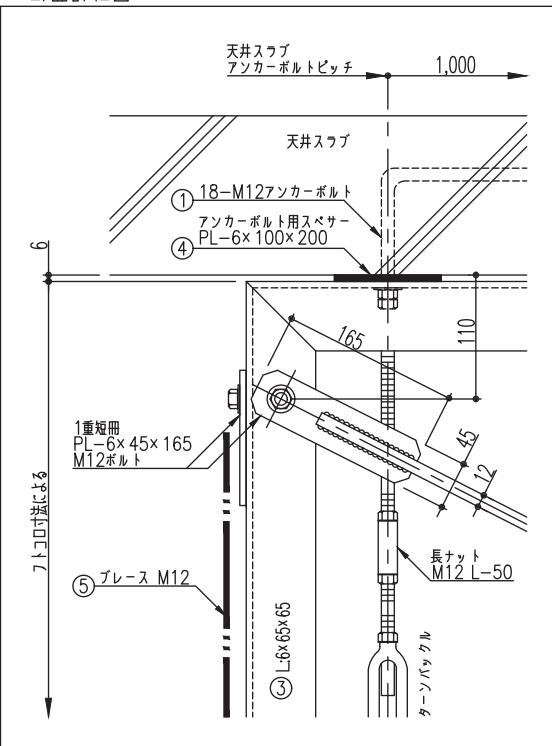
Y方向断面図



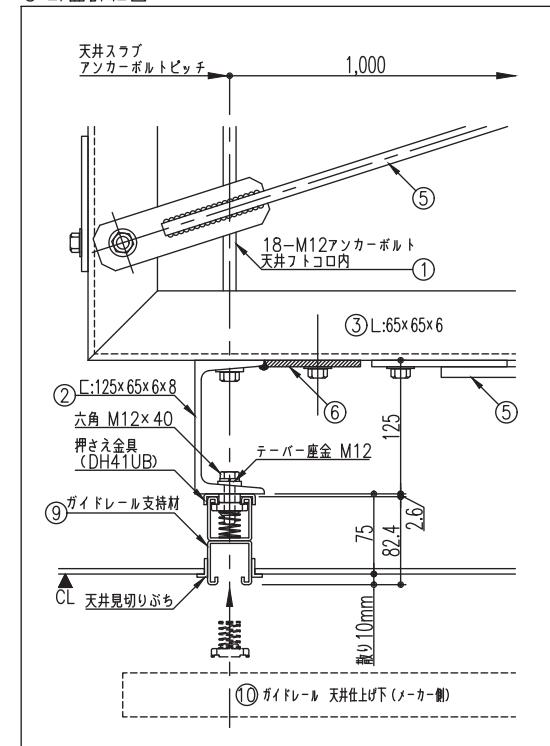
## A 斷面詳細図



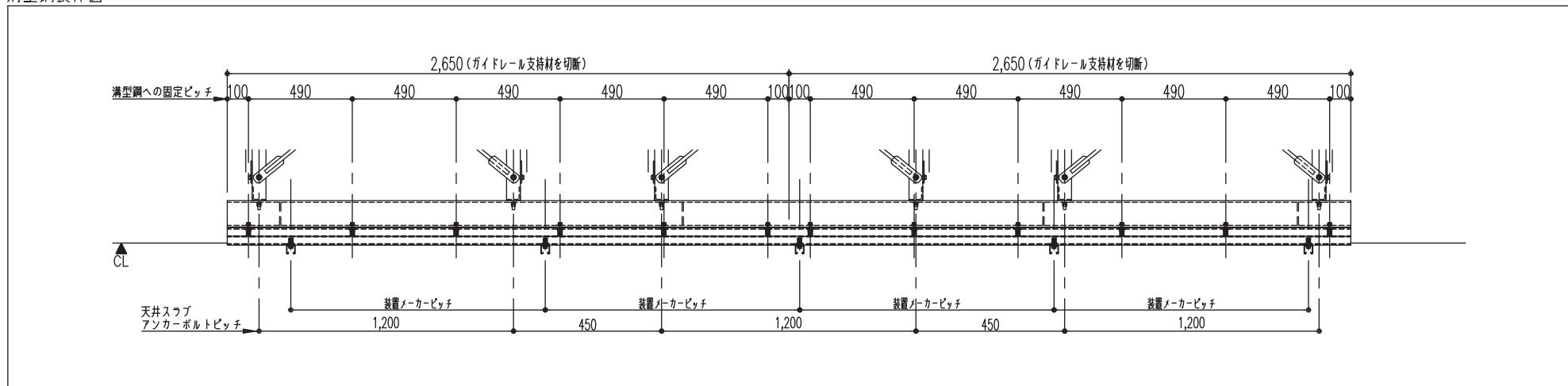
B 断面詳細図



C 断面詳細図

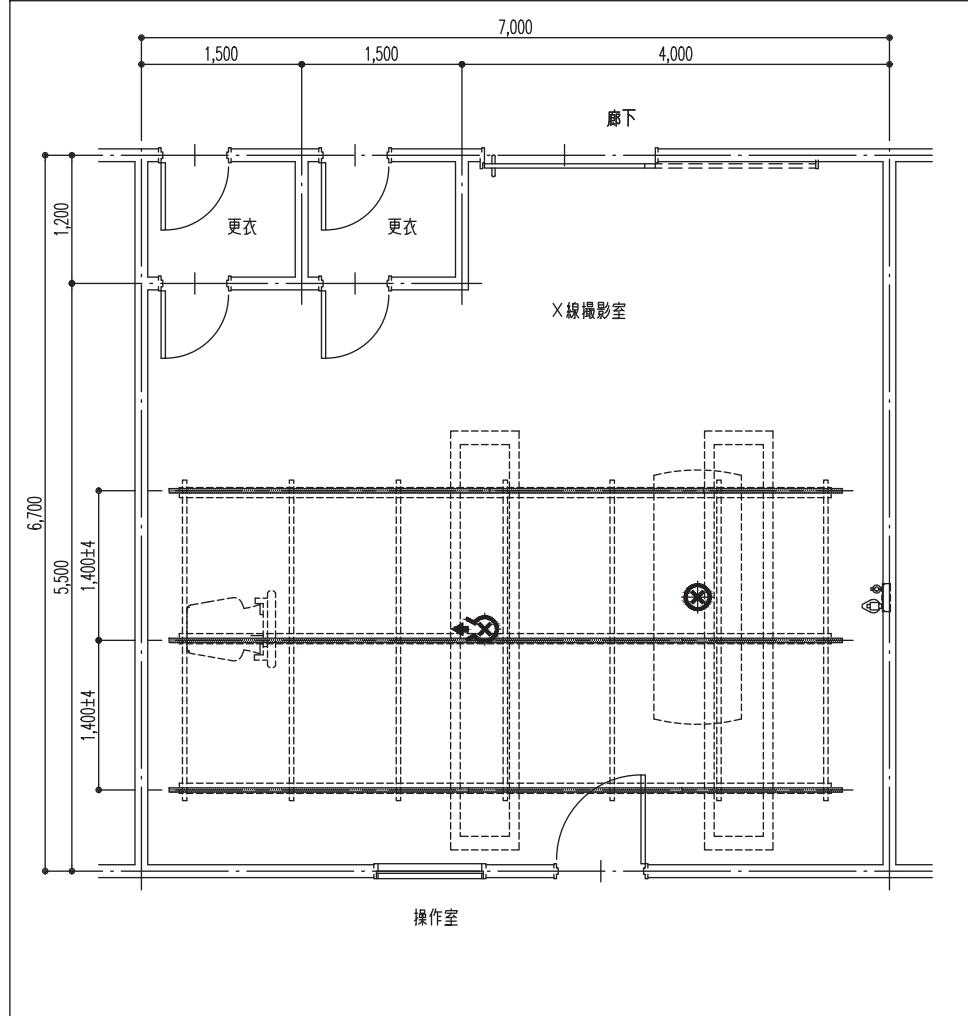


溝型鋼製作図

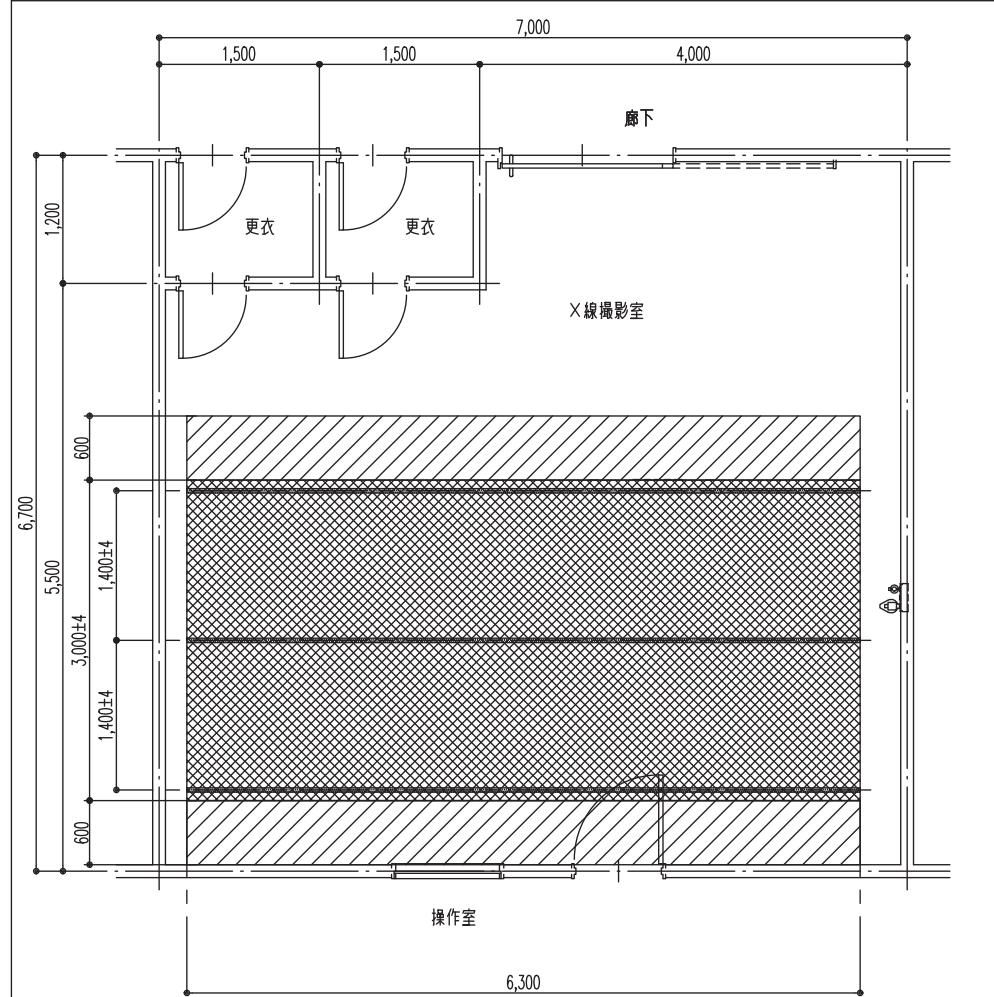


## 2. 天井下地工事 参考図② 標準化モジュール パターン3

レイアウト参考図



### 天井伏せ図



### ＜特　記＞

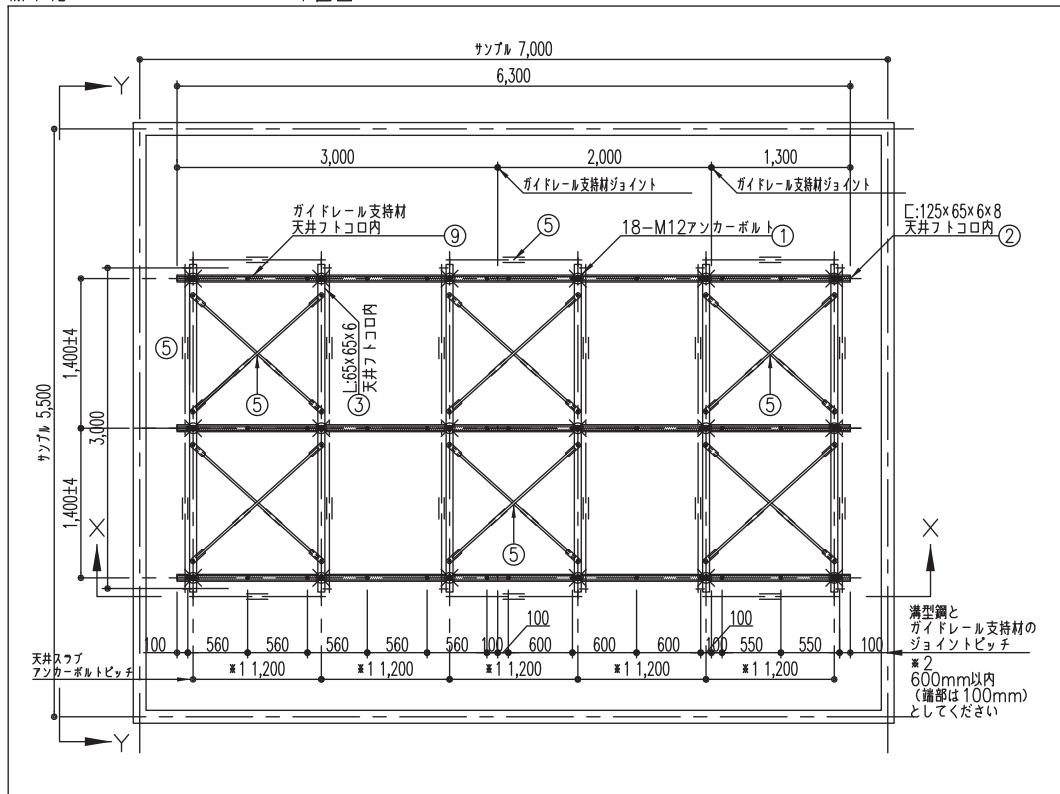


天井付機器の取付不可能範囲  
(照明・火報等・スピーカ・空調機・非常灯等)



埋込型天井付機器（照明・火報等）のみ取付可能範囲  
ただし、天井からの出が 90mm以内のものに限る

## 標準化モジュール パターン3平面図

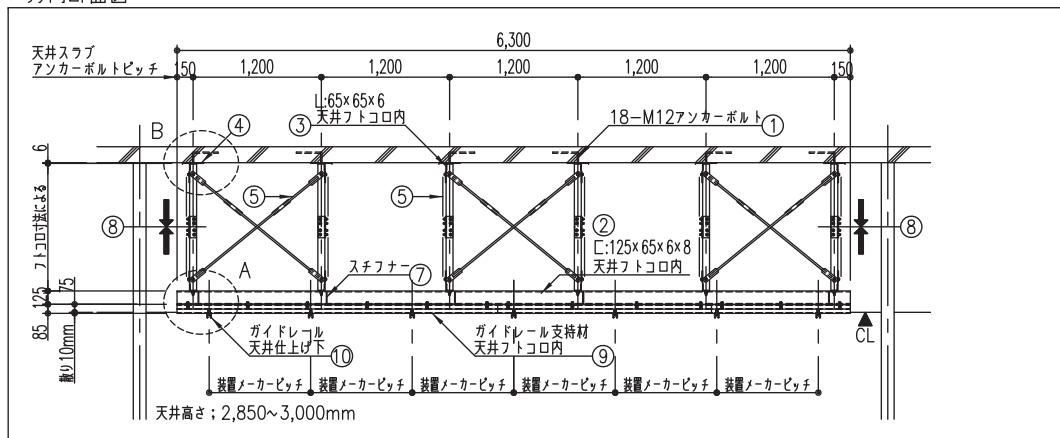


凡例

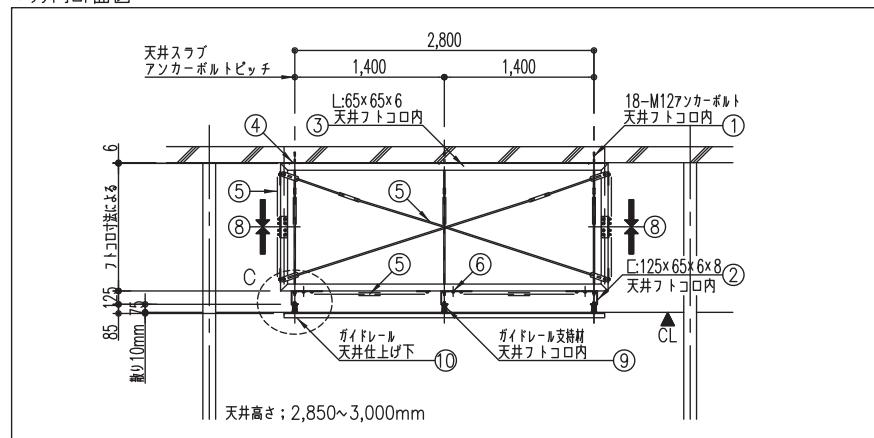
記号	記事	工事区分
① 	18-M12アンカーボルト(全ネジ)(ターンバックルにて溝型鋼まで) (スラブ埋込長さ240mm(20×ボルト径)以上)	建築工事
②	L:125×65×6×8(溝型鋼)	建築工事
③	L:65×65×6(アングル鋼)	建築工事
④	アンカーボルト用スペーサー PL-6×100×200	建築工事
⑤	プレース 1-M12(ターンバックル)	建築工事
⑥	G-PL-6 固定 1-M12	建築工事
⑦	スチフナー	建築工事
⑧	ジョイント用 PL-6×59×200	建築工事
⑨	ガイドレール支持材 D41-300W(メラミン樹脂焼付塗装)(ネグロス電工(株))同等品	建築工事
⑩	ガイドレール D41-300(メラミン樹脂焼付塗装)(ネグロス電工(株))同等品	メーカー側

標準化モジュールとは、全てのメーカーの装置に対応可能なモジュールのことです。  
鉄骨部材による補強方法は参考としてください。実際の施工は、建屋条件によって異なります。  
本参考図は天井スラブ埋込アンカーボルトのみで支持する方式で作成していますが、  
さらに天井の梁などをを利用して主柱  $C : 125 \times 65 \times 6 \times 8$  を支持する方法をご検討下さい。  
標準モジュールを切り詰める（左図※1印部分）ことにより、コンパクトな部屋にも対応可能です。

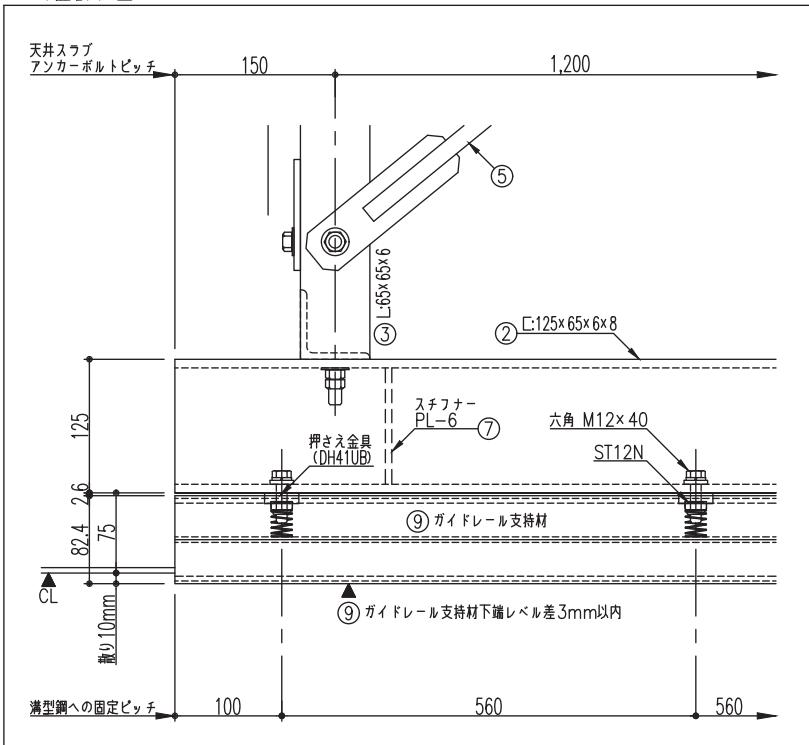
X方向断面図



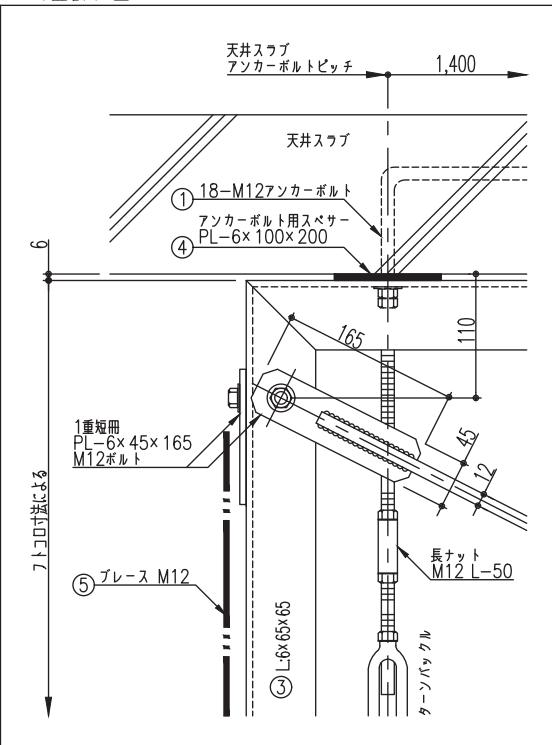
Y方向断面図



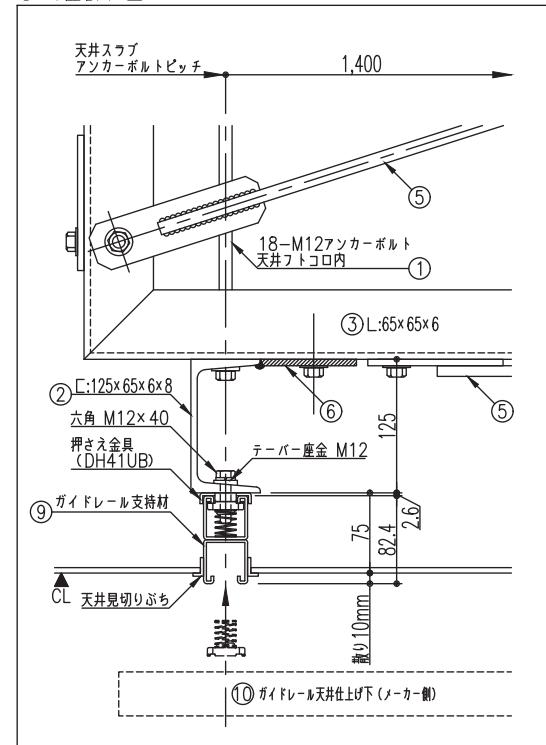
## A 斷面詳細図



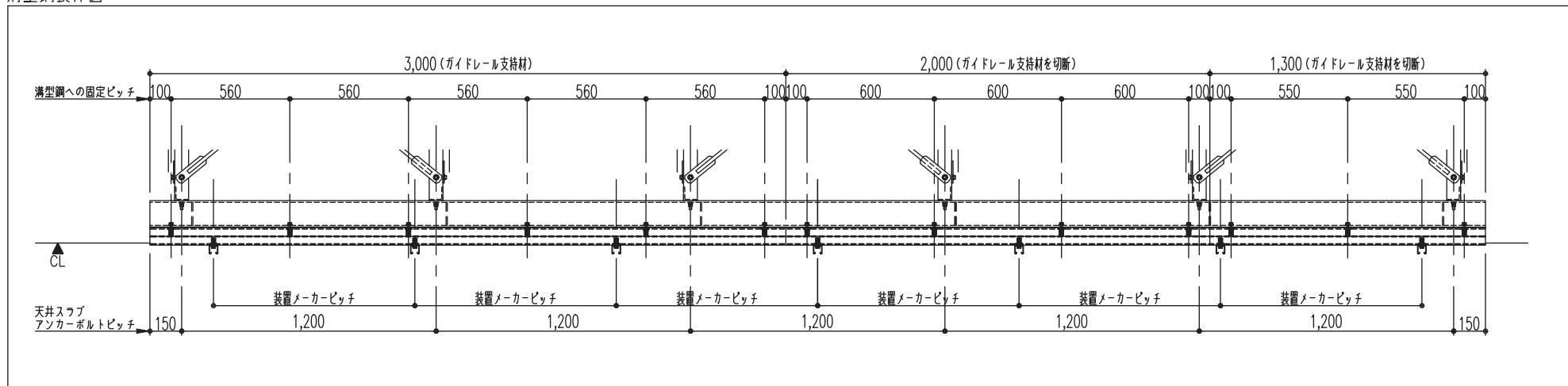
B 断面詳細図



C 断面詳細図

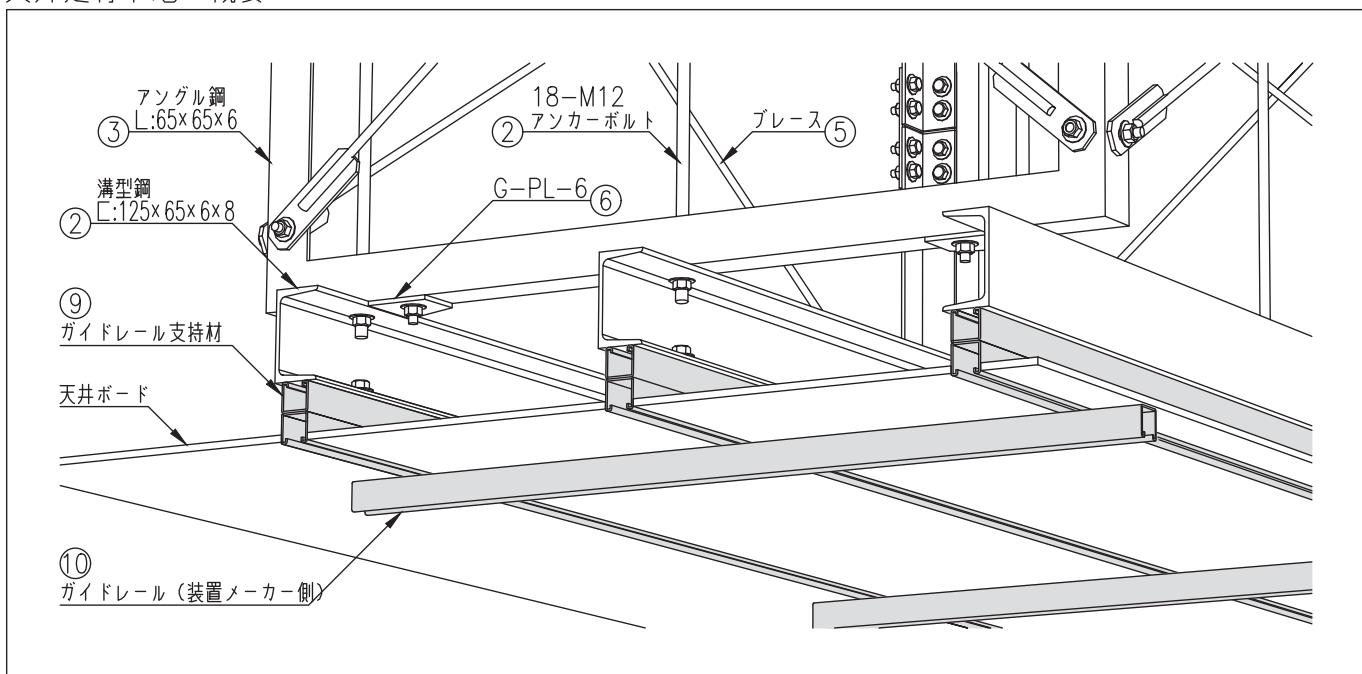


溝型鋼製作図



### 3. 天井下地工事 施工要領

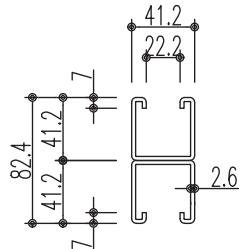
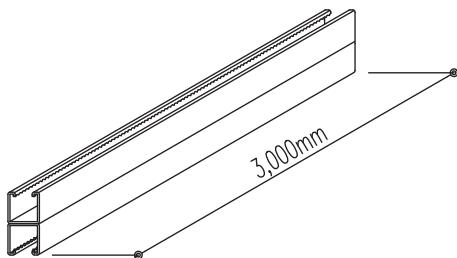
#### 天井走行下地の概要



#### 部材

・ガイドレール支持材及びガイドレール（表面処理：メラミン樹脂焼付塗装）

\* 高速切断機等で必要寸法に現場加工できます。

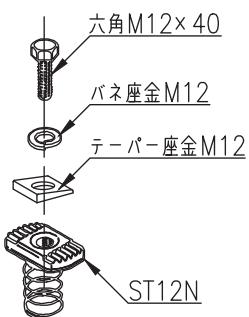


\* 最大3000mmまで。指定寸法製作可能

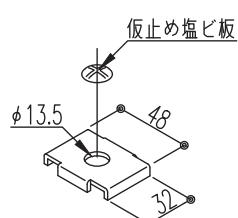
⑨ ガイドレール支持材 D41-300W(ネグロス)同等品

⑨ ガイドレール支持材 断面図

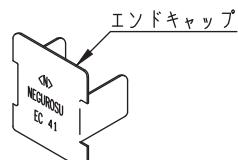
・ボルト・ナット類



ST1240(セット品名)  
(表面処理：電気亜鉛めっき)



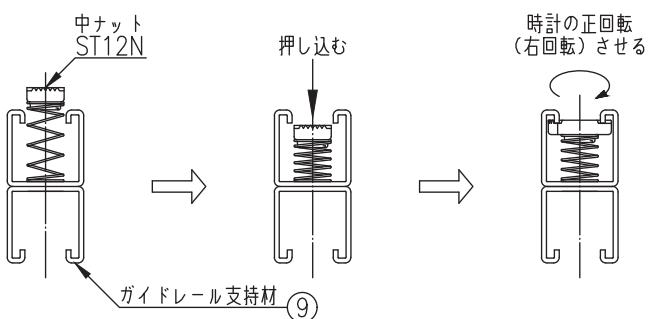
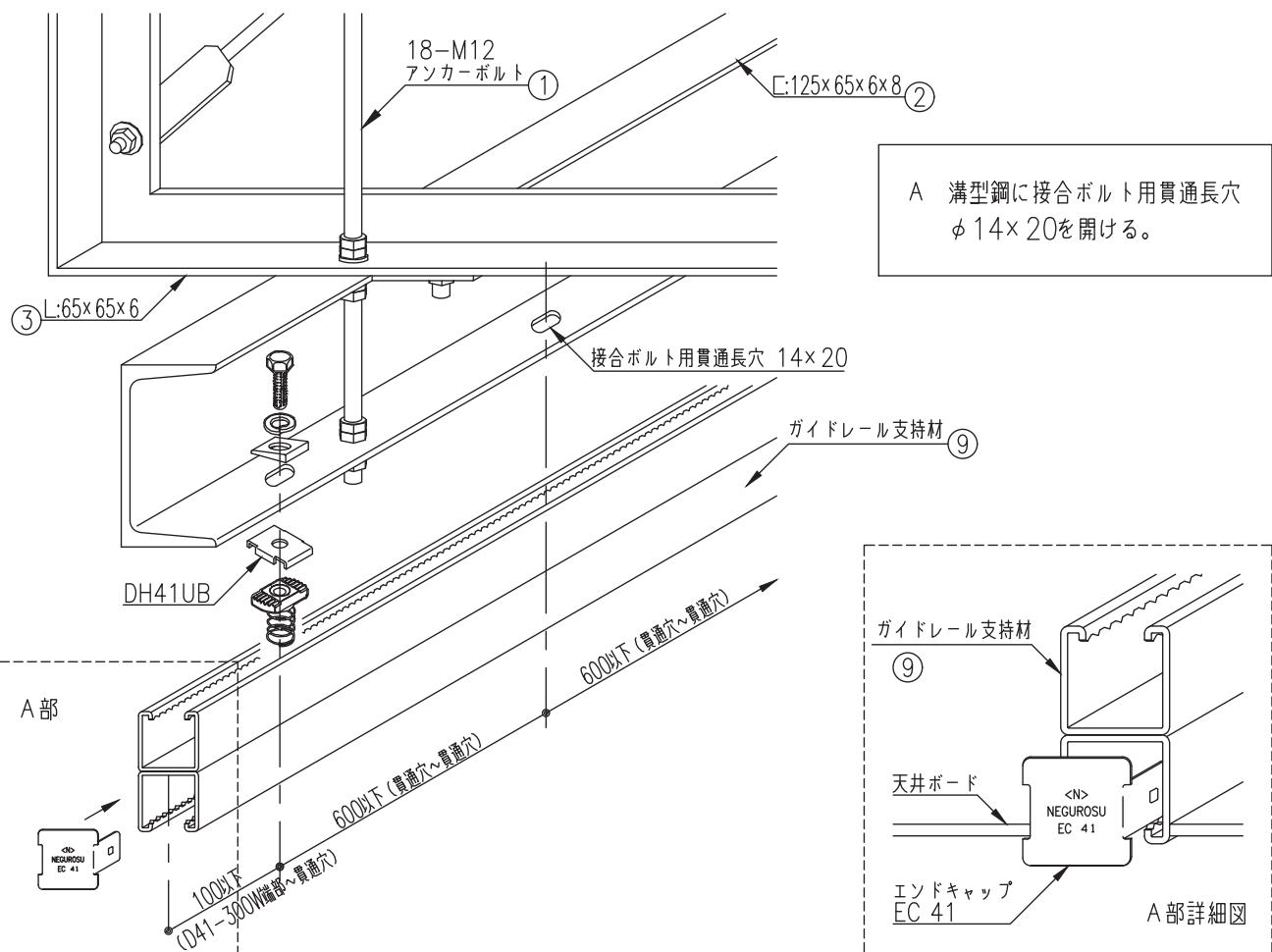
DH41UB  
(表面処理：溶融亜鉛めっき)



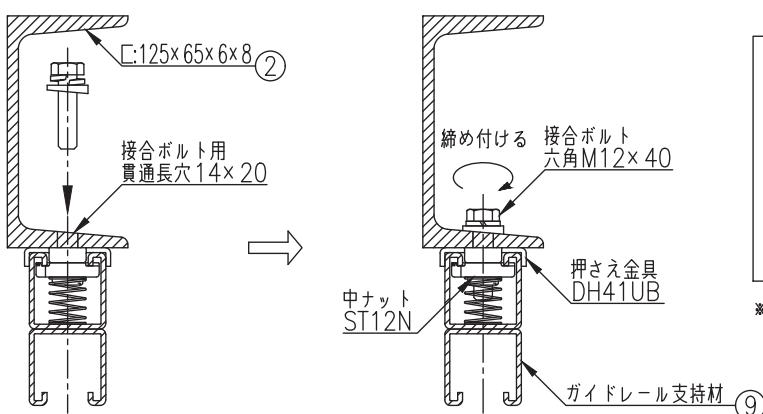
EC 41  
(ステンレス鋼)

\* ネグロス電工(株) 製の部品名を記載しておりますが、同等品であればメーカーは問いません

## 施工要領



B ガイドレール支持材の上方方向から中ナット・ST12Nを挿入し、押し回すことによって(時計回りに90°以上)ガイドレール支持材内部に仮置きする。



C Aにより加工した接合ボルト用貫通長穴とBにより仮置きした中ナットの間に押さえ金具を挟み込み、接合ボルトを插入し締め付ける。

\*押さえ金具の取付けには、仮止め塩ビ板をご利用下さい。

---

# 天井走行式X線管保持装置用天井下地工事 鉄骨支持架構の標準化工法の構造検討

---

## 構造検討書

---

鉄骨造

---

2024.03.25

---

構造検討

一級建築士事務所

S0

株式会社 スタジオ 創

一級建築士 第238934号

構造設計一級建築士 第790号 高橋和夫

〒 336-0015

埼玉県さいたま市南区太田窪2483-1

TEL 048-871-0583 FAX 048-871-0589

本書は天井走行式X線管保持装置を支持する鉄骨支持架構の標準化工法の構造検討を行い各部材の適正断面を定める事を旨とした構造検討書である。

尚、検討に当たっては、日本画像医療システム工業会より提供された、装置関係図面及び関連資料に基づき行うものとする。

# 目 次 頁

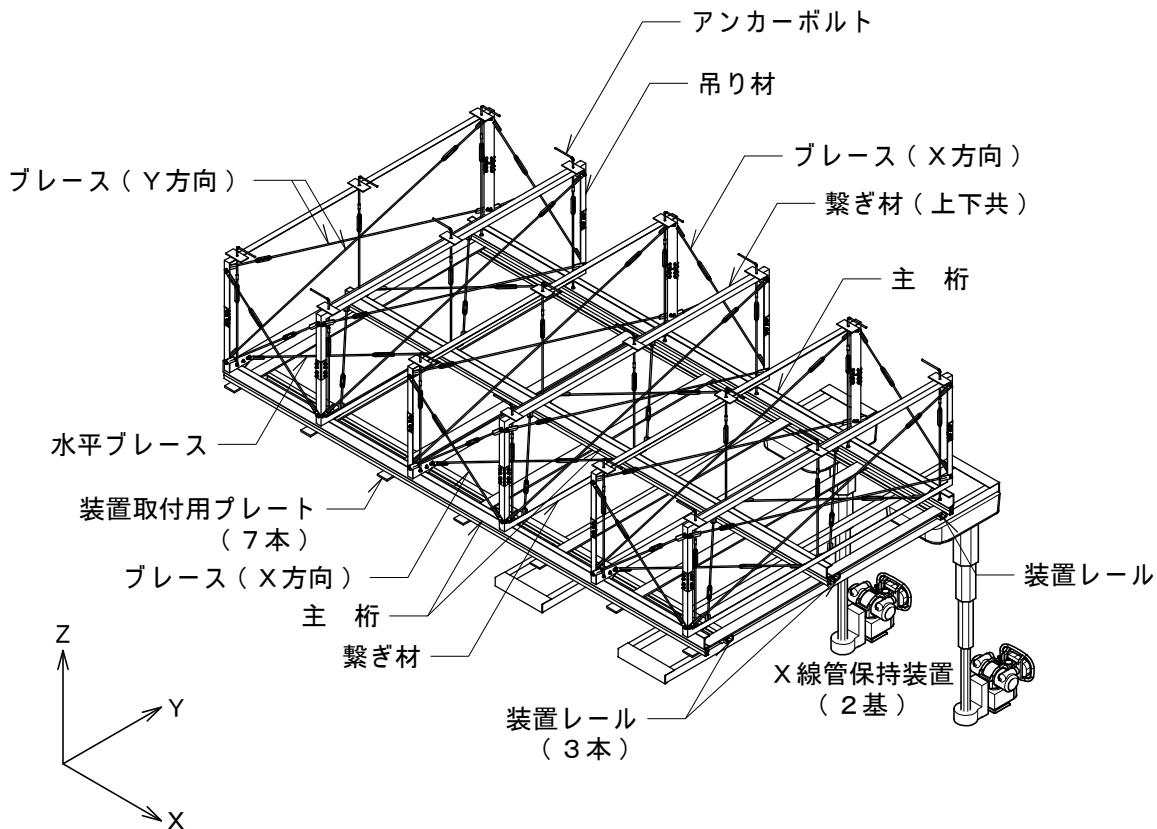
1. 概要	
1. 1 概要図	1
1. 2 伏図・軸組図	2
1. 3 構造検討方針	3
2. 使用材料の強度及び材質	5
3. 設計用荷重	
3. 1 各部材重量	7
3. 2 装置固定位置に掛かる最大反力の算定	8
4. 鉄骨支持架構の検討	
4. 1 主桁の検討	11
4. 2 ブレースの検討	15
4. 3 繋ぎ材の検討	18
4. 4 吊り材の検討	19
END	21

添付資料

・装置関係図

## 1. 概要

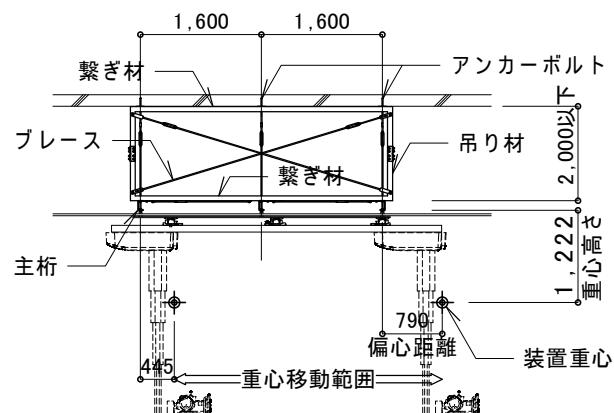
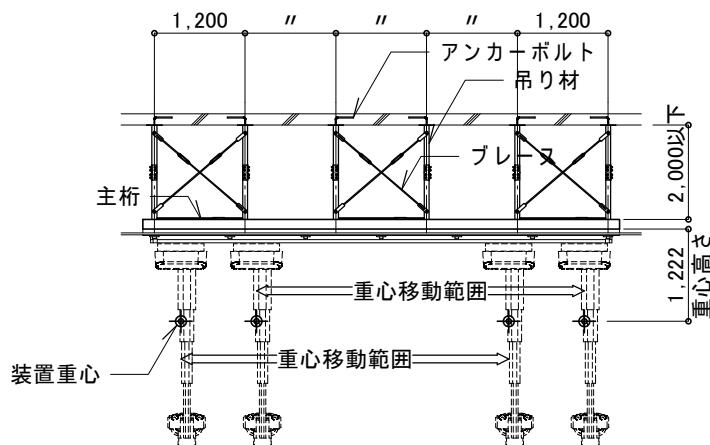
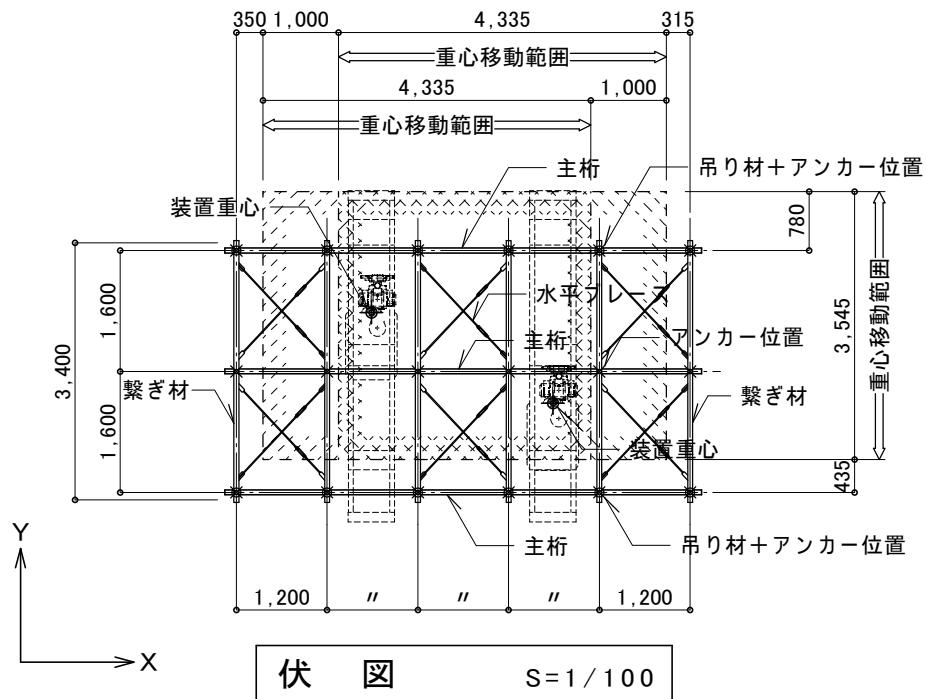
### 1.1 概要図



### 鉄骨支持架構の構成

主 枠 : [-125x65x 6x 8 (SS400) x 3本  
繋ぎ材 : L-65x65x6 (SS400) 上下 x 6 = 12本  
吊り材 : L-65x65x6 (SS400) 2 x 6 = 12本  
ブレース : 1-M12 (SS400) X方向 : 3 x 2 = 6面  
Y方向 : 6面  
水 平 : 3 x 2 = 6面  
アンカーボルト : 1-M16 6 x 3 = 18箇所

## 1.2 伏図・軸組図



### 1. 3 構造検討方針

天井走行式X線管保持装置を支持する鉄骨支持架構の標準化工法の構造検討に当たり、適用する医療装置及び鉄骨支持架構は、各医療機器メーカーの仕様により以下とする。

- ・最大総重量 : 1,256kg
- ・最大装置本体重量 : 371kg/基
- ・重心の最大偏心距離 : 790mm
- ・2システムの場合の重心位置の最小離れ距離 : 1,000mm
- ・重心の最大高さ（主桁下端から） : 1,222mm
- ・天井フロコロの最大高さ（主桁上端から） : 2,000mm

天井走行式X線管保持装置は3本の平行した装置レールにボルトにより取り付けられ、レール上を走行すると共に直行方向へも移動可能で、前項の1.概要に示す「重心移動範囲」内を移動するものである。

構造計算を行い鉄骨支持架構及びアンカーボルトの構造安全性を確認するものである。

各部材の断面検討に当たっては、長期及び短期とも最大応力にて許容応力度計算を行い所要の強度及び剛性を有していることを確認する。

計算に当たっては、現行の建築基準法・同施行令並びに関係法令及び大臣認定、日本建築センター評定等に適合している事を確認する。

以下に構造検討方針を記す。

#### (1) 使用材料

各使用材用は建築工事に於いて広く一般に用いられるものとし以下とする。

- ・コンクリート :  $F_c=21N/mm^2$
- ・鉄骨 : SS400 : 主桁他、鉄骨支持架構部材  
SR235 : あと施工アンカーボルト  
F10T : 接合ボルト

#### (2) 荷重の取り扱い

- a) 設計用標準水平震度 :  $K_s = 1.5$  (耐震クラスSの中間階及び耐震クラスAの最上階)
- b) 地域係数 :  $Z = 1.0$
- c) 衝撃荷重 装置重量は駆動するため20%の割増しをして用いる。

#### (3) 単位系

旧単位系(t, kg)で提示を受けている装置重量等(t, kg)は、必要に応じて国際体位系(S I)に換算して(1.0kg → 9.8N)用いる。

#### (4) 構造安全性の確認

##### a) 鉄骨支持架構の検討

設計荷重は装置重量の他、鉄骨自重等支配荷重を加えたものとし、長期鉛直力及び短期地震時水平力に対して、許容応力度計算により各部材が所要の強度及び剛性を有していることを確認する。

尚、移動式の装置であることから、装置荷重の100%を考慮するなど想定される最大応力にて断面検討を行う。

b) 変形制限

長期最大荷重に対する主桁の撓みの制限値は、走行式医療装置に付きスパンの1/1200以下とする。

c) 適用除外

既存建物の構造安全性に対しての検討・評価は本検討の対象外とする他、装置取付ボルトや装置レールなど本鉄骨支持架構以外は全て対象外とする。

(5) 準拠規準等

計算に当たっては建築基準法・同施行令による他、以下の各種規準、指針によった。

- ・建築物の構造関係技術基準解説書2015年版 ..... 日本建築センター
- ・鉄筋コンクリート構造設計規準・同解説 ..... 日本建築学会
- ・鋼構造設計規準・同解説 ..... 日本建築学会
- ・各種合成構造設計指針 ..... 日本建築学会
- ・あと施工アンカー・連続繊維補強設計・施工指針 ..... 国土交通省
- ・医用画像診断装置の耐震設計指針 ..... 日本画像医療システム工業会
- ・その他関係する各種規準・指針等

## 2. 使用材料の強度 及び 材質

### 1) 鋼材の許容応力度

( N / mm<sup>2</sup> )

採用 材 料	応力種別 厚さ (mm)	長 期							短 期
		圧縮	引張	曲げ	せん断	支承圧	接触圧	支圧	
● 400級 (SS41)	t ≤ 40	155	155	155	90	445	290	210	長期の値の 1.5倍
	t > 40	140	140	140	80	405	265	195	
	490級 (SM50)	t ≤ 40	215	215	215	125	615	405	
	t > 40	195	195	195	110	560	365	265	
BCR 295		195	195	195	110	-	-	-	
●	ボルト(400級)	-	120	-	70	-	-	-	
	デッキプレート(SDP1)	135	135	135	75	-	-	-	

注) ボルトの許容応力度は、軸断面に対してのものである。

### 2) アーク溶接継目の許容応力度

( N / mm<sup>2</sup> )

採用 材 料	応力種別 作業の方法 母材の厚さ (mm)	長 期					短 期	
		突合せ				すみ肉		
		圧縮	引張	曲げ	せん断			
● 400級 (SS41)	(1) t ≤ 40	155	155	155	90	90	長期の値の 1.5倍	
		140	140	140	80	80		
	(2) t > 40	140	140	140	80	80		
		125	125	125	74	74		
● 490級 (SM50)	(1) t ≤ 40	215	215	215	125	125	長期の値の 1.5倍	
		195	195	195	110	110		
	(2) t > 40	195	195	195	125	125		
		175	175	175	100	100		
BCR 295	(1)	-	195	195	110	110		
	(2)	-	110	110	110	110		

注) 作業の方法  
・(1)は、回転ジクポジショナーなどを用い常に下向きで作業できる場合。

・(2)は、(1)以外の場合。

### 3) 高力ボルトの許容耐力 ( u = 0.45 )

採用	種別	呼び径	断面積 (cm <sup>2</sup> )	設計張力 (kN)	長 期		短 期	
					許容せん断力(kN)			
					1面	2面		
● F8T	M12 M16 M20 M22 M24	M12	1.13	45.8	13.5	27.1	28.2	長期の値の 1.5倍
		M16	2.01	85.2	24.1	48.2	50.3	
		M20	3.14	133.0	37.7	75.4	78.5	
		M22	3.80	165.0	45.6	91.2	95.0	
		M24	4.52	192.0	54.2	108.0	113.0	
● F10T	M12 M16 M20 M22 M24	M12	1.13	56.9	16.9	33.9	35.0	
		M16	2.01	106.0	30.2	60.3	62.3	
		M20	3.14	165.0	47.1	94.2	97.3	
		M22	3.80	205.0	57.0	114.0	118.0	
		M24	4.52	238.0	67.8	136.0	140.0	

## 4) コンクリート及び鉄筋の許容応力度

(N/mm<sup>2</sup>)

採用	材 料		長 期				短 期			
			圧 縮	引 張	せん断	せん断補強	圧 縮	引 張	せん断	せん断補強
コンクリート	普通	FC = 18	6	-	0.60	-	12	-	0.90	-
		FC = 21	7	-	0.70	-	14	-	1.05	-
		FC = 24	8	-	0.73	-	16	-	1.10	-
		FC = 27	9	-	0.76	-	18	-	1.14	-
		FC = 30	10	-	0.79	-	20	-	1.19	-
		FC = 33	11	-	0.82	-	22	-	1.23	-
		FC = 36	12	-	0.85	-	24	-	1.27	-
	軽量種	FC = 18	6	-	0.54	-	12	-	0.81	-
		FC = 21	7	-	0.63	-	14	-	0.94	-
鉄筋	SD 295 A, B		195	195	-	195	295	295	-	295
	SD 345		215	215	-	195	345	345	-	295
	SD 390		215	215	-	195	390	390	-	295
	SR 235		155	155	-	155	235	235	-	235
溶接金網			-	195	-	195	-	295	-	295

## 5) 鉄筋及び鋼材のコンクリートに対する許容付着応力度

(N/mm<sup>2</sup>)

採用	応力種別 コンクリート	鋼	丸 鋼	異形鉄筋	形鋼、鋼板	短 期		
		長 期	長 期	長 期	長 期			
		上端筋	その他	上端筋	その他	上端筋	その他	
	FC = 18	0.72	1.08	1.20	1.80	0.36	0.54	長期の値の 1.5倍
●	FC = 21 以上	0.84	1.26	1.40	2.10	0.42	0.63	

注)・上端筋とは、曲げ材にあってその鉄筋の下に30cm以上のコンクリートで打込まれる場合の水平鉄筋をいう。

## 6) 地盤の許容地耐力度

(kN/m<sup>2</sup>)

場 所	地 盘 の 種 類	長 期	短 期
GL-*.*m以深	***層	**	***

## 7) 杣及び台柱の許容耐力

(kN/本)

杭の種類	径	長さ	その他	長 期	短 期
****杭 (****工法)	*** ( ***)	**. *m		**	**

### 3. 設計用荷重

#### 3.1 各部の重量

##### (1) 鉄骨支持架構部材

主 枠 : [-125x65x 6x 8]  $W = 13.4 \text{kg/m} \rightarrow 0.15 \text{ kN/m}$

繋ぎ材 : L-65x65x6  $W = 5.91 \text{ " } \rightarrow 0.10 \text{ " }$

吊り材 : L-65x65x6  $W = 5.91 \text{ " } \rightarrow 0.10 \text{ " }$

その他、ブレース、取付ボルト等は、各部設計時に予備荷重として見込むものとする。

##### (2) 装置関連重量

###### 天井式X線管保持装置

DST-2000A  $W = 371 \text{kg} \rightarrow 3.7 \text{kN/基}$

###### 装置レール等

装置レール  $W = 150 / (6.00 \times 3) = 8.33 \text{kg/m} \rightarrow 0.10 \text{ kN/m}$

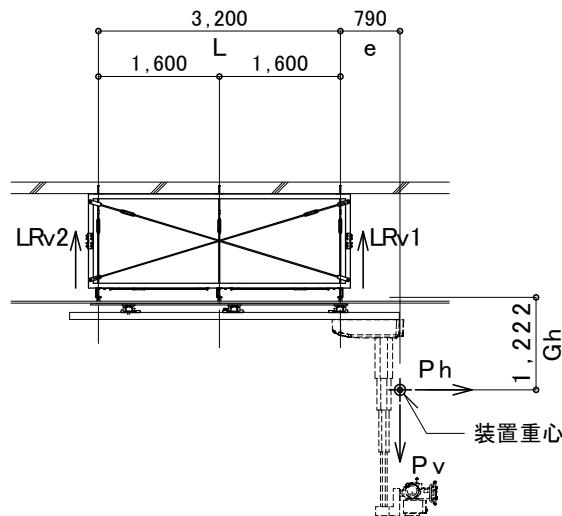
装置取付用プレート  $W = 364 / (3.40 \times 7) = 15.3 \text{kg/m} \rightarrow 0.15 \text{ " }$

### 3.2 装置固定位置に掛かる最大反力の算定

装置重心に全装置重量が集中荷重として作用するものとし、長期及び短期それぞれ装置固定位置に掛かる反力が最大となる装置位置にて算定する。

#### (1) 長期最大反力の算定

装置が主桁の外側に位置する場合を想定する



・設計用鉛直力 :  $P_v = W_m \cdot \phi$

ここで  $W_m$  : 天井式 X 線管保持装置  $W_m = 3.7\text{kN}$

$\phi$  : 衝撃割増し係数  $\phi = 1.2$

$$\therefore \text{設計用鉛直力} : P_v = 3.7 \times 1.2 = 4.44\text{kN}$$

・装置固定位置に掛かる長期最大反力 :  $LR_v$

$$\therefore LR_{v1} = \frac{P_v \cdot (L + e)}{L} = \frac{4.44 \times (3.20 + 0.79)}{3.20} = 5.54\text{kN}$$

$$LR_{v2} = \frac{P_v \cdot (-e)}{L} = \frac{4.44 \times (-0.79)}{3.20} = -1.10\text{kN}$$

## (2) 短期地震時最大反力の算定

・設計用水平地震力 :  $P_h = K_h \cdot W_m \cdot \phi$

・設計用鉛直地震力 :  $F_v = 1/2 \cdot F_h$

ここで  $K_h$  : 設計用水平震度  $K_h = Z \cdot K_s$   $K_h = 1.0 \times 1.5 = 1.5$

$W_m$  : 天井式X線管保持装置  $W_m = 3.7\text{kN}$

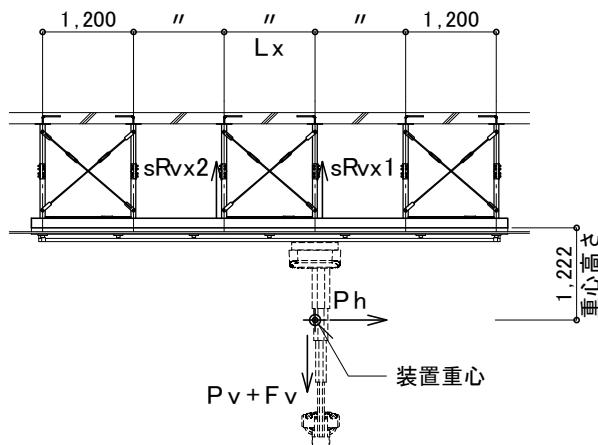
$\phi$  : 衝撃割増し係数  $\phi = 1.2$

∴ 設計用水平地震力 :  $P_h = 1.5 \times 3.7 \times 1.2 = 6.66\text{kN}$

設計用鉛直地震力 :  $F_v = 1/2 \times 6.66 = 3.33\text{kN}$

### a) X方向地震時最大反力の算定

装置が吊り材の直下に位置する場合を想定する



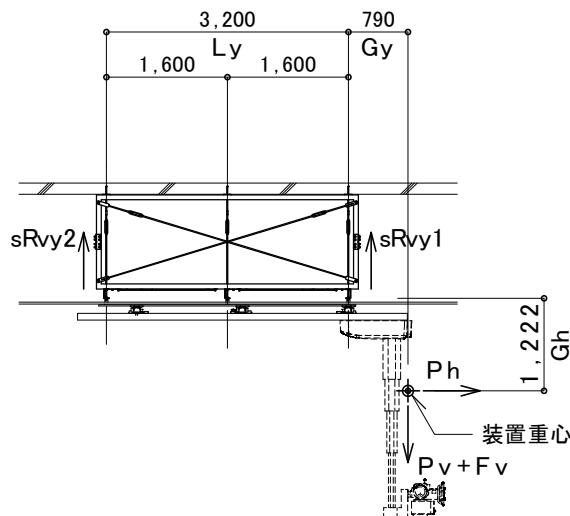
・装置固定位置に掛かるX方向短期地震時最大反力 :  $sRvx_x$

$$\therefore sRvx_1 = \frac{P_h \cdot G_h}{L_y} + P_v + F_v \\ = \frac{6.66 \times 1.222}{1.20} + 4.44 + 3.33 = 14.6\text{kN}$$

$$sRvx_2 = \frac{-P_h \cdot G_h}{L_y} \\ = \frac{-6.66 \times 1.222}{1.20} = -6.78\text{kN}$$

## b) Y 方向地震時最大反力の算定

装置が主桁の外側に位置する場合を想定する



・装置固定位置に掛かるY方向短期地震時最大反力 :  $sRvy$

$$\begin{aligned} \therefore sRvy_1 &= \frac{Ph \cdot Gh + (Pv + Fv) \cdot (Ly + Gy)}{Ly} \\ &= \frac{6.66 \times 1.222 + (4.44 + 3.33) \times (3.20 + 0.79)}{3.20} = 12.2 \text{ kN} \\ sRvy_2 &= \frac{-Ph \cdot Gh + (Pv + Fv) \cdot (-Gy)}{Ly} \\ &= \frac{-6.66 \times 1.222 + (4.44 + 3.33) \times (-0.79)}{3.20} = -4.46 \text{ kN} \end{aligned}$$

## 4. 支持鉄骨架構の検討

各部材の設計荷重は、装置重量の他、鉄骨自重等支配荷重を加えたものとし、長期鉛直荷重及び地震時水平力に対して断面検討を行うものとする。

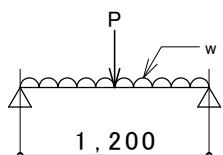
移動式の装置であることから、各部材は部位毎に装置荷重の組み合わせなどを考慮し最大応力を設計を行う。

### 4.1 主桁の検討

検討に当たっては、主桁の支持スパン長を最大吊り材位置間距離とし前項の各最大反力が集中荷重として作用するものとし、最大応力となる荷重状態を想定して許容応力度計算を行い所要の強度及び剛性を確保していることを確認する。

#### (1) スパン中央に1システムの荷重が作用する場合

##### a) 長期鉛直力に対する検討



$$P = 5.54 + 0.15 \times 1.0 = 5.69 \text{ kN}$$

(長期最大反力 : LRv1相当+装置取付用プレート重量)

$$W = 0.15 + 0.10 = 0.25 \text{ kN/m} (\text{自重+装置レール重量})$$

$$M = 1/4 \times 5.69 \times 1.20 + 1/8 \times 0.25 \times 1.20^2 = 1.75 \text{ kNm}$$

$$Q = 5.69 + 1/2 \times 0.25 \times 1.20 = 5.84 \text{ kN}$$

(装置重量 : Pが端部に架るものとして)

$$\text{使用材 : } [-125 \times 65 \times 6 \times 8 (\text{SS400級}) \quad Z = 67.8 \text{ cm}^3 \\ I = 424 \text{ cm}^4]$$

$$\therefore \sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{1.75 \times 10^6}{67.8 \times 10^3} = 25.8 \text{ N/mm}^2 < f_b = 155 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

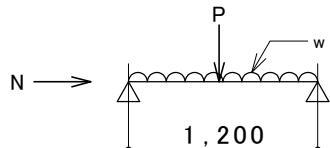
$$\sigma_b / f_b = 25.8 / 155 = 0.17 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\tau = \frac{Q}{t \times h} = \frac{5.84 \times 10^3}{6 \times 100} = 9.73 \text{ N/mm}^2 < f_s = 90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\tau / f_s = 9.73 / 90 = 0.11 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{P \cdot I^3}{48E \cdot I} + \frac{5w \cdot I^3}{384E \cdot I} \\ &= \frac{5.69 \times 10^3 \times 1200^3}{48 \times 2.05 \times 10^5 \times 424 \times 10^4} + \frac{5 \times 0.25 \times 1200^4}{384 \times 2.05 \times 10^5 \times 424 \times 10^4} = 0.24 \text{ mm} \\ \frac{\delta}{I} &= \frac{0.24}{1200} = 1/5000 < 1/1200 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

### b) 短期地震時の検討



$$N = 25.0 \text{ kN} (\text{X方向設計用水平地震力相当})$$

\* 次項「4.2 ブレースの設計 a) X方向地震時」による

$$P = 14.6 + 0.15 \times 1.0 = 14.8 \text{ kN}$$

(短期最大反力 : sRvx1相当+装置取付用プレート重量)

$$W = 0.25 \text{ kN/m} (\text{自重+装置レール重量})$$

$$M = 1/4 \times 14.8 \times 1.20 + 1/8 \times 0.25 \times 1.20^2 = 4.49 \text{ kNm}$$

$$Q = 14.8 + 1/2 \times 0.25 \times 1.20 = 15.0 \text{ kN}$$

(装置重量等 : Pが端部に架るものとして)

使用材 : [-125x65x6x8 (SS400級)]  $A = 17.1 \text{ cm}^2$

$$I_k = 120 \text{ cm} \quad i_y = 1.90 \text{ cm} \quad \lambda_c = 63.2$$

$$\therefore f_c = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore s\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{25.0 \times 10^3}{17.1 \times 10^2} = 14.6 \text{ N/mm}^2 < s f_c = 1.5 \times 123 = 184 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_c / s f_c = 14.6 / 184 = 0.08 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{4.19 \times 10^6}{67.8 \times 10^3} = 66.2 \text{ N/mm}^2 < s f_b = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_b / s f_b = 66.2 / 235 = 0.28 < 1.00 \quad \text{OK}$$

軸方向力を考慮して

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} = 0.08 + 0.28 = 0.36 < 1.00 \quad \text{OK}$$

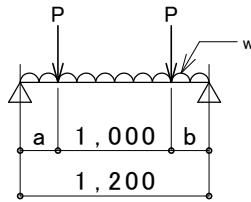
$$\tau = \frac{Q}{t \times h} = \frac{15.0 \times 10^3}{6 \times 100} = 25.0 \text{ N/mm}^2 < s f_s = 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\tau / s f_s = 25.0 / 135 = 0.19 < 1.00 \quad \text{OK}$$

以上、天井走行式X線管保持装置の鉄骨支持架構の主桁は、スパン中央に1システムの荷重が作用する場合、長期応力及び短期地震時応力に対して溝形鋼 : [-125x65x6x8 (SS400級)] で十分な強度及び剛性を有していることが確認された。

## (2) スパンに 2 システムの荷重が作用する場合

### a) 長期鉛直力に対する検討



$$P = 5.54 + 0.15 \times 1.0 = 5.69 \text{ kN}$$

(長期最大反力 : LRv1相当+装置取付用プレート重量)

$$W = 0.15 + 0.10 = 0.25 \text{ kN/m} (\text{自重+装置レール重量})$$

$$M = 0.20 \times 5.69 + 1/8 \times 0.25 \times 1.20^2 = 1.18 \text{ kNm}$$

$$Q = 5.69 + 5.69 \times 0.20 / 1.20 + 1/2 \times 0.25 \times 1.20 = 6.79 \text{ kN}$$

使用材 : [-125x65x 6x 8 (SS400級)]  $Z = 67.8 \text{ cm}^3$   
 $I = 424 \text{ cm}^4$

$$\therefore \sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{1.18 \times 10^6}{67.8 \times 10^3} = 17.4 \text{ N/mm}^2 < f_b = 155 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

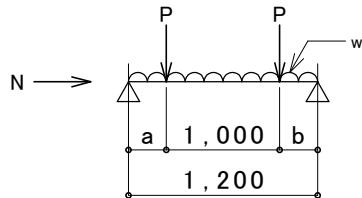
$$\sigma_b/f_b = 17.4/155 = 0.11 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\tau = \frac{Q}{t \times h} = \frac{6.79 \times 10^3}{6 \times 100} = 11.3 \text{ N/mm}^2 < f_s = 90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\tau/f_s = 11.3/90 = 0.13 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\alpha \cdot P \cdot I^3}{48E \cdot I} + \frac{5w \cdot I^3}{384E \cdot I} \\ &= \frac{0.48 \times 5.69 \times 10^3 \times 1200^3}{48 \times 2.05 \times 10^5 \times 424 \times 10^4} + \frac{5 \times 0.25 \times 1200^4}{384 \times 2.05 \times 10^5 \times 424 \times 10^4} = 0.12 \text{ mm} \\ \frac{\delta}{I} &= \frac{0.12}{1200} = 1/10000 < 1/1200 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

## b) 短期地震時の設計



$$N = 25.0 \text{ kN} (\text{X方向設計用水平地震力相当})$$

\* 次項「4.2 ブレースの設計 a) X方向地震時」による

$$P = 14.6 + 0.15 \times 1.0 = 14.8 \text{ kN}$$

(短期最大反力 : sRvx1相当+装置取付用プレート重量)

$$W = 0.25 \text{ kN/m} (\text{自重+装置レール重量})$$

$$M = 0.20 \times 14.8 + 1/8 \times 0.25 \times 1.20^2 = 3.01 \text{ kNm}$$

$$Q = 14.8 + 14.8 \times 0.20 / 1.20 + 1/2 \times 0.25 \times 1.20 \\ = 17.4 \text{ kN}$$

使用材 : [-125x65x6x8 (SS400級)       $A = 17.1 \text{ cm}^2$

$$I_k = 120 \text{ cm} \quad i_y = 1.90 \text{ cm} \quad \lambda_c = 63.2$$

$$\therefore f_c = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore s\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{25.0 \times 10^3}{17.1 \times 10^2} = 14.6 \text{ N/mm}^2 < s f_c = 1.5 \times 123 = 184 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_c / s f_c = 14.6 / 184 = 0.08 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{3.01 \times 10^6}{67.8 \times 10^3} = 44.4 \text{ N/mm}^2 < s f_b = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_b / s f_b = 44.4 / 235 = 0.19 < 1.00 \quad \text{OK}$$

軸方向力を考慮して

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} = 0.08 + 0.19 = 0.27 < 1.00 \quad \text{OK}$$

$$\tau = \frac{Q}{t \times h} = \frac{17.4 \times 10^3}{6 \times 100} = 29.0 \text{ N/mm}^2 < s f_s = 135 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$\tau / s f_s = 29.0 / 135 = 0.21 < 1.00 \quad \text{OK}$$

以上、天井走行式X線管保持装置の鉄骨支持架構の主桁は、スパンに2システムの荷重が作用する場合、長期応力及び短期地震時応力に対して溝形鋼 : [-125x65x6x8 (SS400級)] で十分な強度及び剛性を有していることが確認された。

## 4.2 ブレースの検討

方向別に想定される最大の設計用水平地震力に対して検討を行う。

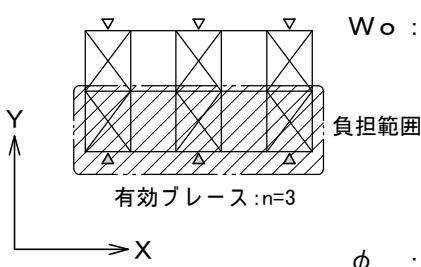
### a) X 方向ブレースの検討

装置全重量 + 鉄骨等の重量 × 1/2相当による地震力を 3 組のブレースで負担する。

#### 設計用水平地震力の算定

・ 設計用水平地震力 :  $Q = K h \cdot (W_m \cdot \phi + W_o)$

ここで  $W_m$  : 装置全重量  $W_m = 3.7 \times 2 = 7.40 \text{ kN}$



$\phi$  : 衝撃割増し係数  $\phi = 1.2$

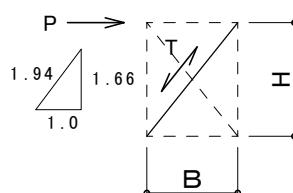
$W_o$  : 鉄骨等の負担荷重

主 枠	$0.15 \times (6.00 \times 3) \times 1/2$	= 1.35 kN
繋ぎ材	$0.10 \times (3.20 \times 2 \times 6) \times 1/2$	= 1.92 "
吊り材	$0.10 \times (2.00 \times 2 \times 6) \times 1/2$	= 1.20 "
装置レール	$9.8 \times 0.15 \times 1/2$	= 0.74 "
装置取付用プレート	$9.8 \times 0.364 \times 1/2$	= 1.78 "
合 計	$W_o = 7.50 \text{ N}$	$\leftarrow = 6.99 \text{ kN}$

$$\therefore Q = 1.5 \times (7.40 \times 1.2 + 7.50) = 24.57 \rightarrow 25.0 \text{ kN}$$

#### 応力算定及び断面検討

・ 地震力による引張力 :  $T = P \cdot L / B$



ここで  $P$  : 1組当たりの負担地震時水平力

$$P = Q/n = 25.0/3 = 8.34 \text{ kN}$$

$H$  : 高さ  $H = 2.00 \text{ m}$

$B$  : スパン長  $B = 1.20 \text{ m}$

$L$  : ブレース長  $L = 2.33 \text{ m}$

$$\therefore T = 8.34 \times 2.33 / 1.20 = 16.2 \text{ kN}$$

#### ・ 断面設計

使用材 : 1-M12 (SS400級)  $A = 113 \text{ mm}^2$

$$A_e = 0.75A = 0.75 \times 113 = 84.7 \text{ mm}^2$$

$$\therefore s\sigma_t = \frac{T}{A_e} = \frac{16.2 \times 10^3}{84.7} = 191.3 \text{ N/mm}^2 < s_f t = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_t / s_f t = 191.3 / 235 = 0.81 < 1.00 \quad \text{OK}$$

接合ボルト : 1-M12(H.T.B)

$$Q_a = 1.5 \times 16.9 = 25.3 \text{ kN} > T = 16.2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

以上、天井走行式 X 線管保持装置の鉄骨支持架構面内に設置する X 方向 (長手方向) ブレースは 地震時水平力に対して、丸鋼 : 1-M12 (SS400級) で十分な強度を有していることが確認された。

### b) Y方向プレースの検討

装置全重量+鉄骨等の負担重量による地震力を2組のプレースで負担する。

#### 設計用水平地震力の算定

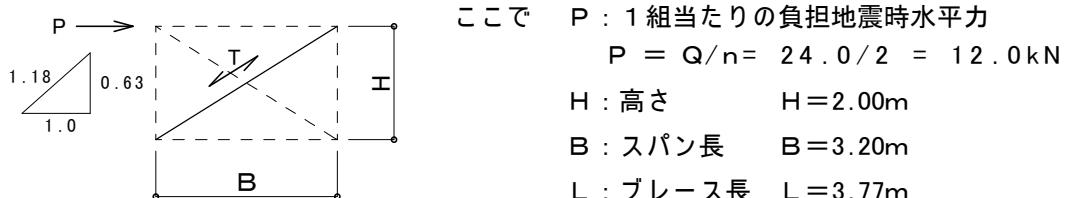
- 設計用水平地震力 :  $Q = K h \cdot (W_m + W_o)$

ここで	$W_m$ : 装置全重量	$W_m = 3.7 \times 2 = 7.40 \text{ kN}$	
	$W_o$ : 鉄骨等の負担荷重	主 枠 $0.15 \times (2.40 \times 3) = 1.08 \text{ kN}$ 繋ぎ材 $0.10 \times (3.20 \times 2 \times 2) = 1.28 \text{ "}$ 吊り材 $0.10 \times (2.00 \times 2 \times 2) = 0.80 \text{ "}$ 装置レール $9.8 \times 0.15 \times 1/2 = 0.74 \text{ "}$ 装置取付用プレート $9.8 \times 0.364 \times 1/2 = 1.78 \text{ "}$	
		合 計 $W_o = 6.00 \text{ N} \quad \longleftarrow = 5.68 \text{ kN}$	
負担範囲	有効プレース : $n=2$		
Y	X	$\phi$ : 衝撃割増し係数	$\phi = 1.2$

$$\therefore Q = 1.5 \times (7.40 \times 1.2 + 6.00) = 22.32 \rightarrow 24.0 \text{ kN}$$

#### 応力算定及び断面検討

- 地震力による引張力 :  $T = P \cdot L / B$



$$\therefore T = 12.0 \times 3.77 / 3.20 = 14.2 \text{ kN}$$

- 断面設計

使用材 : 1-M12 (SS400級)       $A = 113 \text{ mm}^2$   
 $A_e = 0.75A = 0.75 \times 113 = 84.7 \text{ mm}^2$

$$\therefore s\sigma_t = \frac{T}{A_e} = \frac{14.2 \times 10^3}{84.7} = 1167.7 \text{ N/mm}^2 < s f_t = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_t / s f_t = 167.7 / 235 = 0.71 < 1.00 \quad \text{OK}$$

接合ボルト : 1-M12(H.T.B)

$$Q_a = 1.5 \times 16.9 = 25.3 \text{ kN} > T = 14.2 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

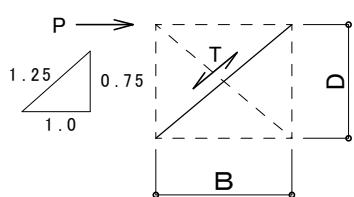
以上、天井走行式X線管保持装置の鉄骨支持架構面内に設置するY方向(短手方向)プレースは地震時水平力に対して、丸鋼 : 1-M12 (SS400級) で十分な強度を有していることが確認された。

### c) 水平プレースの検討

Y方向プレースの1組当たりの負担地震時水平力に対し検討する。

#### 応力算定及び断面検討

- 地震力による引張力 :  $T = P \cdot L / B$



ここで  $P$  : 1組当たりの負担地震時水平力

$$P = Q/n = 12.0/2 = 6.00 \text{ kN}$$

$$W : \text{巾} \quad W = 1.20 \text{ m}$$

$$B : \text{スパン長} \quad B = 1.60 \text{ m}$$

$$L : \text{プレース長} \quad L = 2.00 \text{ m}$$

$$\therefore T = 6.00 \times 2.00 / 1.60 = 7.50 \text{ kN}$$

- 断面設計

使用材 : 1-M12 ( SS400 級 )  $A = 113 \text{ mm}^2$

$$A_e = 0.75A = 0.75 \times 113 = 84.7 \text{ mm}^2$$

$$\therefore s\sigma_t = \frac{T}{A_e} = \frac{7.50 \times 10^3}{84.7} = 88.5 \text{ N/mm}^2 < s_f t = 235 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_t / s_f t = 88.5 / 235 = 0.38 < 1.00 \quad \text{OK}$$

接合ボルト : 1-M12(H.T.B)

$$Q_a = 1.5 \times 16.9 = 25.3 \text{ kN} > T = 7.50 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

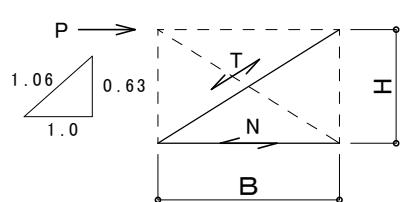
以上、天井走行式 X 線管保持装置の鉄骨支持架構面内に設置する水平プレースは地震時水平力に対して、丸鋼 : 1-M12 ( SS400 級 ) で十分な強度を有していることが確認された。

### 4.3 繋ぎ材の検討

Y方向プレース反力を軸方向力として設計を行う

#### 応力算定及び断面検討

- 地震力による軸方向力 :  $N = T \cdot B / L$



ここで  $T$  : 地震力によるプレースの引張力

$$T = 14.2 \text{ kN}$$

$H$  : 高さ  $H = 2.00\text{m}$

$B$  : スパン長  $B = 3.20\text{m}$

$L$  : プレース長  $L = 3.77\text{m}$

$$\therefore N = 14.2 \times 3.20 / 3.77 = 12.0 \text{ kN}$$

#### 断面設計

使用材 : L-65x65x6 ( SS400級 )  $A = 752\text{mm}^2$

$$I_k = 160\text{cm} \quad i_y = 1.98\text{cm} \quad \lambda_c = 80.8$$

$$\therefore f_c = 106 \text{ N/mm}^2$$

$$\therefore s\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{12.0 \times 10^3}{752} = 16.0 \text{ N/mm}^2 < s f_c = 1.5 \times 106 = 159 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_c / s f_c = 16.0 / 159 = 0.10 < 1.00 \quad \text{OK}$$

以上、天井走行式X線管保持装置の鉄骨支持架構の繋ぎ材は、短期地震時応力に対して、等辺山形鋼 : L-65x65x6 ( SS400級 ) で十分な強度を有していることが確認された。

## 4.4 吊り材の検討

長期及び短期とも最大応力となる荷重状態を想定して許容応力度計算を行い所要の強度を確保していることを確認する。

### a) 長期鉛直力に対する検討

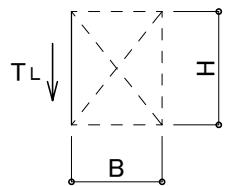
#### 設計応力の算定

・設計用長期軸方向力 :  $T_L = W_m + W_o$

ここで  $W_m$  : 装置重量等最大荷重

$$W_m = 6.79 \text{ kN}$$

(主桁の長期最大せん断力とする)



$W_o$  : その他の鉄骨等負担荷重

$$\begin{array}{ll} \text{つなぎ梁} & 0.10 \times 1.60 = 0.16 \text{ kN} \\ \text{吊り材} & 0.10 \times 2.00 = 0.20 \text{ "} \\ \hline \text{合計} & W_o = 0.36 \text{ kN} \end{array}$$

$$\therefore T_L = 6.79 + 0.36 = 7.15 \text{ kN}$$

#### 断面検討

・使用材 : L-65x65x6 (SS400級)  $A = 752 \text{ mm}^2$

$$\therefore \sigma_t = \frac{T_L}{A} = \frac{7.15 \times 10^3}{752} = 9.51 \text{ N/mm}^2 < f_t = 155 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$
$$\sigma_t / f_t = 9.51 / 155 = 0.06 < 1.00 \quad \text{OK}$$

## b) 短期地震力に対する検討

### i) X 方地震時

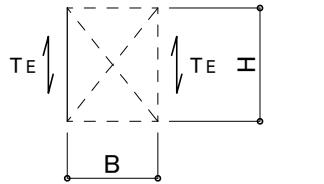
- 短期最大軸方向力 :  $T_{so} = sW_m + W_o$

ここで  $sW_m$  : 装置重量等最大荷重  $sW_m = 17.4\text{kN}$   
 $(\text{主桁の長期最大せん断力とする})$

$W_o$  : その他の鉄骨等負担荷重  $W_o = 0.36\text{kN}$

$$\therefore T_{so} = 17.4 + 0.36 = 17.8\text{kN}$$

- 地震時ブレース反力による軸方向力 :  $T_E = Q \cdot H/L$



ここで  $Q$  : 負担地震時水平力  
 $Q = 8.34\text{kN}$  ( $X$  方向ブレースの検討より)  
 $H$  : 高さ  $H = 2.00\text{m}$   
 $B$  : スパン長  $B = 1.20\text{m}$

$$\therefore T_E = 8.34 \times 2.00 / 1.20 = 13.9\text{kN}$$

- 設計引張力 :  $T_s$  に対する断面検討

$$T_s = T_{so} + T_E = 17.8 + 13.9 = 31.7\text{kN}$$

$$\therefore s\sigma_t = \frac{T_s}{A} = \frac{31.7 \times 10^3}{752} = 42.2\text{N/mm}^2 < s_f t = 235\text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_t / s_f t = 42.2 / 235 = 0.18 < 1.00 \quad \text{OK}$$

- 設計圧縮力 :  $N_s$  に対する断面検討

装置反力+ブレース反力による軸方向力を設計圧縮力として断面検討を行う

$$N_s = N_{so} + T_E$$

ここで  $N_{so}$  : 装置反力  $N_{so} = 6.78\text{kN}$  ( $= sR_v \times 2$ )

$T_E$  : ブレース反力による軸方向力  $T_E = 13.9\text{kN}$

$$\therefore N_s = 6.78 + 13.9 = 20.7\text{kN}$$

$$I_k = H = 200\text{cm} \quad i_y = 1.98\text{cm} \quad \lambda_c = 101$$

$$\therefore f_c = 85\text{N/mm}^2$$

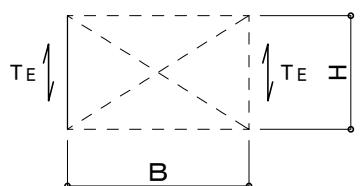
$$\therefore s\sigma_c = \frac{N_s}{A} = \frac{20.7 \times 10^3}{752} = 27.5\text{N/mm}^2 < s_f c = 1.5 \times 85 = 127\text{N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

$$s\sigma_c / s_f c = 27.5 / 127 = 0.22 < 1.00 \quad \text{OK}$$

## ii ) Y 方地震時

・短期最大軸方向力 :  $T_{so} = sW_m + W_o = 17.8kN$

・地震時ブレース反力による軸方向力 :  $TE = Q \cdot H / L$



ここで  $Q$  : 地震時設計せん断力

$$Q = 12.0kN \text{ (Y方向ブレースの検討より)}$$

$H$  : 高さ  $H = 2.00m$

$B$  : スパン長  $B = 3.20m$

$$\therefore TE = 12.0 \times 2.00 / 3.20 = 7.50kN$$

・引設計張力 :  $T_s$  に対する断面検討

$$T_s = T_{so} + TE = 17.8 + 7.50 = 25.3kN$$

$$\therefore s\sigma_t = \frac{T_s}{A} = \frac{25.3 \times 10^3}{752} = 33.6 N/mm^2 < s_f t = 235 N/mm^2 \quad OK$$

$$s\sigma_t / s_f t = 33.6 / 235 = 0.14 < 1.00 \quad OK$$

・設計圧縮力 :  $N_s$  に対する断面検討

装置反力+ブレース反力による軸方向力を設計圧縮力として断面検討を行う

$$N_s = N_{so} + TE$$

ここで  $N_{so}$  : 装置反力  $N_{so} = 4.46kN (= sR_vy2)$

$TE$  : 地震時ブレース反力による軸方向力  $TE = 7.50kN$

$$\therefore N_s = 4.46 + 7.50 = 12.0kN$$

$$I_k = H = 200cm \quad i_y = 1.98cm \quad \lambda_c = 101$$

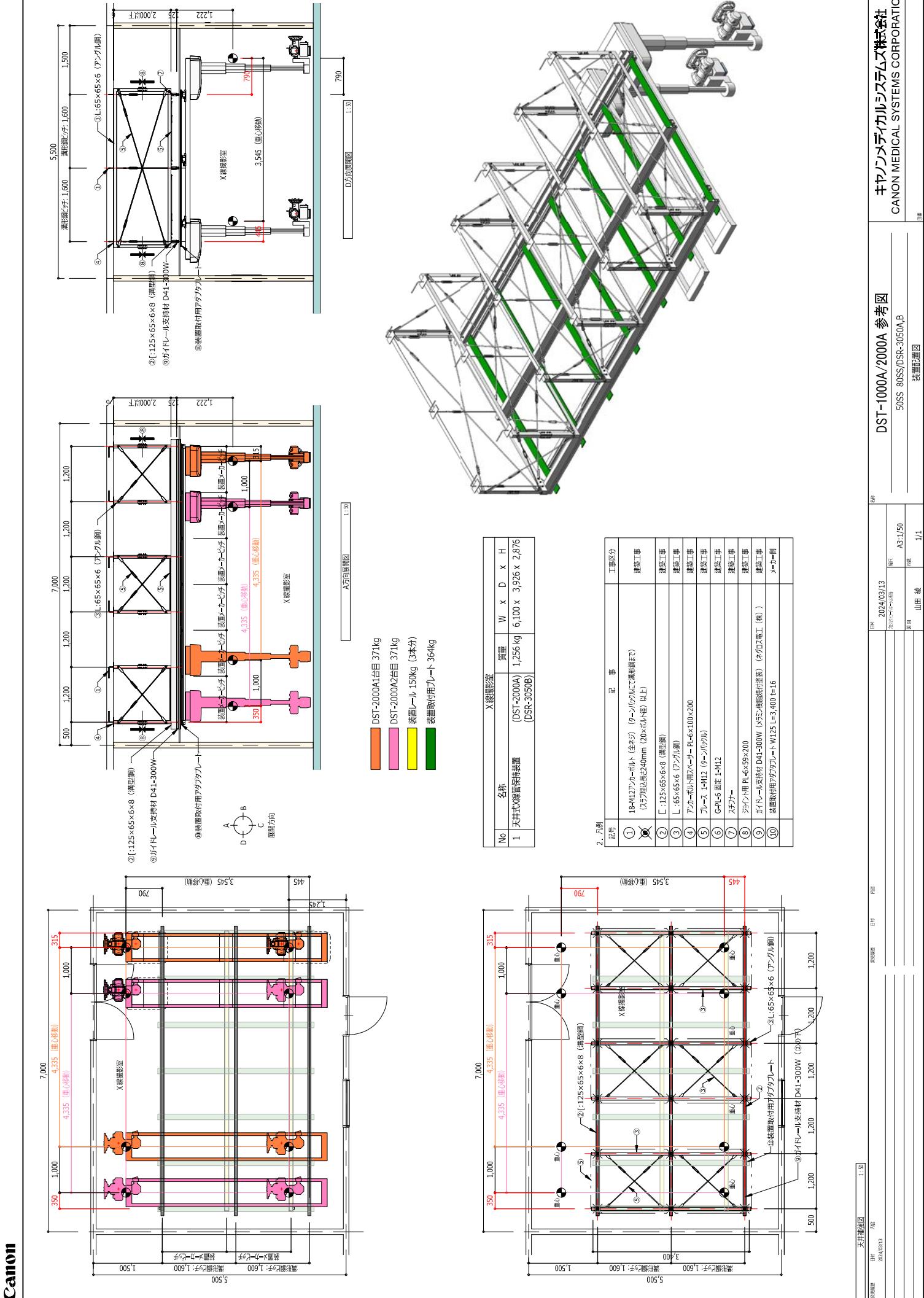
$$\therefore f_c = 85 N/mm^2$$

$$\therefore s\sigma_c = \frac{N_s}{A} = \frac{12.0 \times 10^3}{752} = 16.0 N/mm^2 < s_f c = 1.5 \times 85 = 127 N/mm^2 \quad OK$$

$$s\sigma_c / s_f c = 16.0 / 127 = 0.13 < 1.00 \quad OK$$

以上、天井走行式X線管保持装置の鉄骨支持架構の吊り材は、長期応力及び短期地震時応力に対して、等辺山形鋼 : L-65x65x6 (SS400級) で十分な強度を有していることが確認された。

# 添付資料一・装置関係図



## 強度計算書

名 称：ネグストラット  
品 番：D41-300W,Z-D41-300W  
項 目：等分布荷重・中央集中荷重  
支点間距離 L=30cm ~ 120cm  
作 成 年 月 日：2018年9月3日

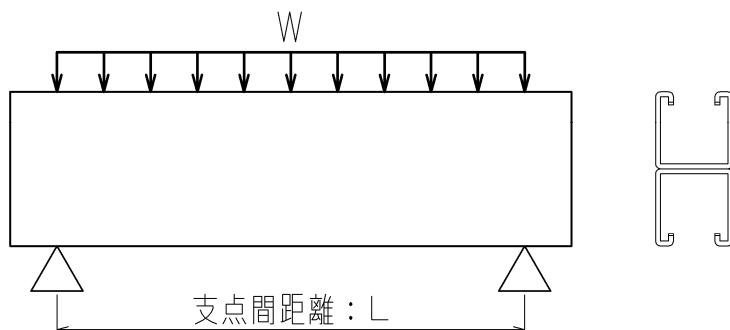
ネグロス電工株式会社

技 術 部

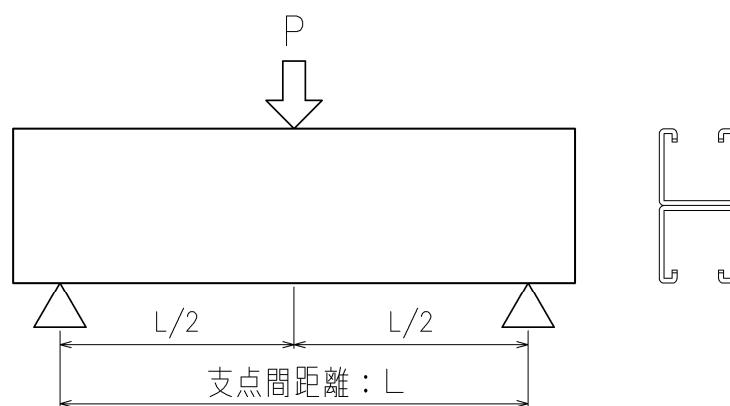
承 認	担 当
	

## 1. 概要

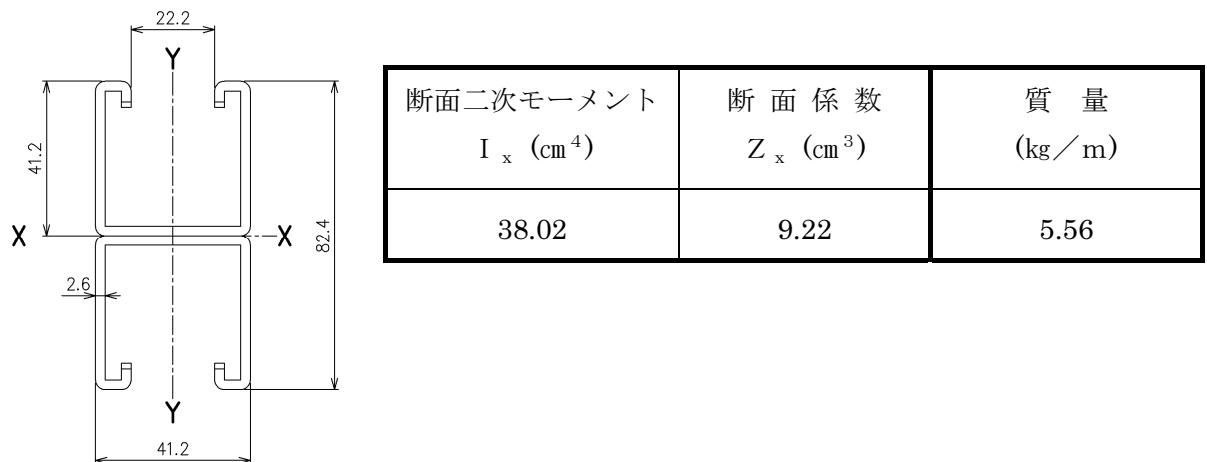
### ・等分布荷重



### ・中央集中荷重



## 2. D 4 1 - 3 0 0 Wの断面特性



## 3. 材料の許容応力度及び定数

材 料	長期許容曲げ応力度 $f_b$ ( $\text{N}/\text{c m}^2$ )	ヤング係数 $E$ ( $\text{N}/\text{c m}^2$ )
熱間圧延軟鋼板 溶融亜鉛めっき鋼板	15600	$2.05 \times 10^7$

#### 4. 等分布荷重による強度

##### 4-1. 支点間距離 L = 30 cm

- 許容曲げ応力度より

$$\sigma_b = f_b = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{W_1 \cdot L}{8 \cdot Z_x} \text{ より}$$

$$W_1 = \frac{8 \cdot Z_x \cdot f_b}{L} = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{30} \doteq 38355 \text{ (N)}$$

- 許容たわみより ( $\delta = 30 / 300 = 0.1 \text{ cm}$ )

$$\delta = \frac{5 \cdot W_2 \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I_x} \text{ より}$$

$$W_2 = \frac{384 \cdot E \cdot I_x \cdot \delta}{5 \cdot L^3}$$

$$= \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.1}{5 \times 30^3} \doteq 221698 \text{ (N)}$$

- $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 38355 - (5.56 \times 0.3 \times 9.80665) = 38338 \text{ (N)}$$

##### 4-2. 支点間距離 L = 40 cm

- 許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{40} \doteq 28766 \text{ (N)}$$

- 許容たわみより ( $\delta = 40 / 300 \doteq 0.13 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.13}{5 \times 40^3} \doteq 121587 \text{ (N)}$$

- $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 28766 - (5.56 \times 0.4 \times 9.80665) = 28744 \text{ (N)}$$

## 4-3. 支点間距離 L=50 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{50} \doteq 23013 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 50 / 300 \doteq 0.16 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.16}{5 \times 50^3} \doteq 76619 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$ と $W_2$ を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 23013 - (5.56 \times 0.5 \times 9.80665) = 22985 \text{ (N)}$$

## 4-4. 支点間距離 L=60 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{60} \doteq 19177 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 60 / 300 = 0.2 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.2}{5 \times 60^3} \doteq 55424 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$ と $W_2$ を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 19177 - (5.56 \times 0.6 \times 9.80665) = 19144 \text{ (N)}$$

## 4-5. 支点間距離 L=70 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{70} \doteq 16437 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 70 / 300 \doteq 0.23 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.23}{5 \times 70^3} \doteq 40138 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$ と $W_2$ を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 16437 - (5.56 \times 0.7 \times 9.80665) = 16398 \text{ (N)}$$

## 4 - 6. 支点間距離 L = 80 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{80} \doteq 14383 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 80 / 300 \doteq 0.26 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.26}{5 \times 80^3} \doteq 30396 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 14383 - (5.56 \times 0.8 \times 9.80665) = 14339 \text{ (N)}$$

## 4 - 7. 支点間距離 L = 90 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{90} \doteq 12785 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 90 / 300 = 0.3 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.3}{5 \times 90^3} \doteq 24633 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 12785 - (5.56 \times 0.9 \times 9.80665) = 12735 \text{ (N)}$$

## 4 - 8. 支点間距離 L = 100 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{100} \doteq 11506 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 100 / 300 \doteq 0.33 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.33}{5 \times 100^3} \doteq 19753 \text{ (N)}$$

- ・ $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 11506 - (5.56 \times 1.0 \times 9.80665) = 11451 \text{ (N)}$$

## 4-9. 支点間距離 L = 110 cm

- 許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{110} \doteq 10460 \text{ (N)}$$

- 許容たわみより ( $\delta = 110 / 300 = 0.36 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.36}{5 \times 110^3} \doteq 16190 \text{ (N)}$$

- $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 10460 - (5.56 \times 1.1 \times 9.80665) = 10400 \text{ (N)}$$

## 4-10. 支点間距離 L = 120 cm

- 許容曲げ応力度より

$$W_1 = \frac{8 \times 9.22 \times 15600}{120} \doteq 9588 \text{ (N)}$$

- 許容たわみより ( $\delta = 120 / 300 = 0.4 \text{ cm}$ )

$$W_2 = \frac{384 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.4}{5 \times 120^3} \doteq 13856 \text{ (N)}$$

- $W_1$  と  $W_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$W = 9588 - (5.56 \times 1.2 \times 9.80665) = 9522 \text{ (N)}$$

## 5. 中央集中荷重による強度

## 5-1. 支点間距離 L = 30 cm

- 許容曲げ応力度より

$$\sigma_b = f_b = \frac{M_{max}}{Z} = \frac{P_1 \cdot L}{4 \cdot Z_x} \text{ より}$$

$$P_1 = \frac{4 \cdot Z_x \cdot f_b}{L} = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{30} \doteq 19177 \text{ (N)}$$

- 許容たわみより ( $\delta = 30 / 300 = 0.1 \text{ cm}$ )

$$\delta = \frac{P_2 \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \text{ より}$$

$$P_2 = \frac{48 \cdot E \cdot I_x \cdot \delta}{L^3}$$

$$= \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.1}{30^3} \doteq 138561 \text{ (N)}$$

- $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 19177 - (5.56 \times 0.3 \times 9.80665) = 19160 \text{ (N)}$$

## 5 - 2. 支点間距離 L = 40 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{40} \doteq 14383 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 40 / 300 \doteq 0.13 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.13}{40^3} \doteq 75992 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 14383 - (5.56 \times 0.4 \times 9.80665) = 14361 \text{ (N)}$$

## 5 - 3. 支点間距離 L = 50 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{50} \doteq 11506 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 50 / 300 \doteq 0.16 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.16}{50^3} \doteq 47886 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 11506 - (5.56 \times 0.5 \times 9.80665) = 11478 \text{ (N)}$$

## 5 - 4. 支点間距離 L = 60 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{60} \doteq 9588 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 60 / 300 = 0.2 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.2}{60^3} \doteq 34640 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 9588 - (5.56 \times 0.6 \times 9.80665) = 9555 \text{ (N)}$$

## 5 - 5. 支点間距離 L = 70 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{70} \doteq 8218 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 70 / 300 \doteq 0.23 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.23}{70^3} \doteq 25086 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 8218 - (5.56 \times 0.7 \times 9.80665) = 8179 \text{ (N)}$$

## 5 - 6. 支点間距離 L = 80 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{80} \doteq 7191 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 80 / 300 \doteq 0.26 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.26}{80^3} \doteq 18998 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 7191 - (5.56 \times 0.8 \times 9.80665) = 7147 \text{ (N)}$$

## 5 - 7. 支点間距離 L = 90 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{90} \doteq 6392 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 90 / 300 = 0.3 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.3}{90^3} \doteq 15395 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 6392 - (5.56 \times 0.9 \times 9.80665) = 6342 \text{ (N)}$$

## 5-8. 支点間距離 L = 100 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{100} \doteq 5753 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 100 / 300 = 0.33 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.33}{100^3} \doteq 12345 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 5753 - (5.56 \times 1.0 \times 9.80665) = 5698 \text{ (N)}$$

## 5-9. 支点間距離 L = 110 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{110} \doteq 5230 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 110 / 300 = 0.36 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.36}{110^3} \doteq 10118 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 5230 - (5.56 \times 1.1 \times 9.80665) = 5170 \text{ (N)}$$

## 5-10. 支点間距離 L = 120 cm

- ・許容曲げ応力度より

$$P_1 = \frac{4 \times 9.22 \times 15600}{120} \doteq 4794 \text{ (N)}$$

- ・許容たわみより ( $\delta = 120 / 300 = 0.4 \text{ cm}$ )

$$P_2 = \frac{48 \times 2.05 \times 10^7 \times 38.02 \times 0.4}{120^3} \doteq 8660 \text{ (N)}$$

- ・ $P_1$  と  $P_2$  を比較し、小さい方の値から自重を引いた値を許容静荷重とする。

$$P = 4794 - (5.56 \times 1.2 \times 9.80665) = 4728 \text{ (N)}$$

## 6. 結果 (許容静荷重)

#### • 等分布荷重

### • 中央集中荷重

參考資料

参考として下記に、従来単位(重力単位)による許容静荷重を示します。

### 1. 許容靜荷重

### • 等分布荷重

#### • 中央集中荷重