

目次

取次書 [1]

表紙 [1]

目次 [1]

序文 [1]

取次書 [1]

取次書 [1]

構造計算書

補綴の△一にて要注 [15]

出典の重荷の割合 [15]

取次書 [15]

埼玉県比企郡鳩山町案件

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

補綴の△一にて要注 [15]

廈門宇投太陽能科技有限公司

2022/9/27

目次

[1]. 一般事項

- 1-1. 設計概要
- 1-2. 設計条件
- 1-3. 検討方針
- 1-4. 設計荷重
- 1-5 許容応力度

[2]. 主要フレームの検討

- 2-1. 組み合わせ荷重の算出
- 2-2. 力の見取り図.
- 2-3. 長期積雪荷重時 各部材の強度検討
- 2-4. 短期積雪荷重時 各部材の強度検討
- 2-5. 短期順風荷重時 各部材の強度検討
- 2-6. 短期逆風荷重時 各部材の強度検討
- 2-7. 短期地震荷重時 各部材の強度検討

[3]. 各部の検定値一覧

§ 1. 一般事項

1-1 設計概要

本計算書は、次の方針に従って地上設置型太陽光発電システム及び基礎の構造計算を行う。

- ① 地上設置型太陽光発電システム及び基礎は、長期及び短期荷重について許容応力度設計を行う。
- ② 設計荷重は、「太陽電池アレイ用支持物の設計用荷重算出方法 JIS C 8955 : 2017 (案)」に倣い算出する。

③ 許容応力度は、「軽鋼構造設計施工指針・同解説」、「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—」、 「建築基礎構造設計指針」に倣い、算出する。	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—
④ 「アルミニウム建築構造設計基準」。	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—
⑤ 架台全体の計算：有限要素解析ソフトANSYS12.0を運用して分析を行う。	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—
⑥ 応力は各フレームの各部材ごとに算出する。	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—	鋼構造設計基準—許容応力度設計法—

1-2 設計条件

① 構造体

架台規模	: 1440 枚	
アレイ面の傾斜角度 θ	: 10	
アレイ面の高さ	: 3000 mm	
太陽電池モジュールサイズ	: 2000 mm × 992 mm	面積A: 1.98 m^2
太陽電池モジュール重量	: 26.5 kg/枚	

② 積雪荷重

区域	: 一般の地方
地上垂直積雪量	: 30 cm
雪の平均単位重量	: 20 N/m ² /cm

③ 風圧荷重

設計用基準風速	: 34 m/s
地表面粗度区分	: III

④ 地震荷重

地震地域係数Z	: 1
---------	-----

⑤ その他係数

用途係数 I_{ff}	: 1
---------------	-----

1-3 検討方針

① 材料強度

アルミニウム合金(JIS H 4100)は、「国土交通省告示第409号」で定める規定による。

② 荷重・外力の設定

構造部材に生じる長期及び短期の力を計算し、表の組合せ欄に示すような各荷重及び外力による力を加算して求める。

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	力の組合せ	
		一般地域の場合	多雪区域の場合
長期の力	常時	G	G
	積雪時		G+0.7S
短期の力	積雪時	G+S	G+S
	暴風時	G+W	G+W
			G+0.35S+W
地震時	G+K	G+0.35S+K	

この表において G・S・W および Kは、それぞれ次の力を表す

固定荷重 (G) :モジュールの質量(Gm)と支持物などの質量(Gk)による荷重の総和。

風圧荷重 (W) :モジュールに加わる風圧力(Wm)と支持物に加わる風圧力(Wk)の総和(ベクトル和)。

積雪荷重 (S) :モジュール面の垂直積雪荷重。

地震荷重 (K) :支持物に加わる水平地震力。

③ 部材の設計

許容応力度計算を行い主要構成部材の断面に生じる長期又は短期の存在応力に対して、使用する材料が有する許容応力度を超えていないことを確認する。

1-4 設計荷重

① 固定荷重(G)

レール:	単位重量: 1.270 kg/m	長さ: 7882.3 m	重量: 10010.5 kg
モジュール:	単位重量: 26.5 kg/枚	部材数: 1440 本	重量: 38160 kg
			固定荷重G: 44708 kg

② 積雪荷重(S_p)

積雪荷重: $S_p = C_s \cdot P \cdot Z_s \cdot A_s \times 100$	1165.74 N	→	584.62 N/m ²
勾配係数 C _s :	1		
雪平均単位荷重 P:	20 N/m ² /cm		
地上垂直積雪量 Z _s :	0.3 m		
積雪面積(アレイ面の水平投影面積) A _s	1.95 m ²		

③ 風荷重 (Wa)

地面粗さ分類	III
設計用風圧荷重: $W_a = C_a \cdot q_p \cdot A_a$	
設計用速度圧: $q_p = 0.6 \cdot V_0^2 \cdot E \cdot I_w$	828.42 N/m^2
設計用基準風速 V_0 :	34
用途係数 I_w	1
環境係数: $E = E_r^2 \cdot G_f$	1.1944
$E_r = 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)^a$ $H < Z_b$	0.6912
$E_r = 1.7 \cdot (H / Z_G)^a$ $H > Z_b$	0.6241
H	3 m
Z_b	5 m
Z_G	450 m
a	0.2
G_f	2.5
風力係数	
順風(正圧)の場合	0.98 ただし、5度 $\leq \theta \leq 60$ 度

$$C_a^+ = 0.35 + 0.055 \theta - 0.0005 \theta^2$$

逆風(負圧)の場合

$$C_a^- = 0.85 + 0.048 \theta - 0.0005 \theta^2$$

アレイ面の受風面積

$$A_a = 1.99 \text{ m}^2$$

設計用風圧荷重

$$\text{順風(正圧)の場合 } W_a^+ = C_a^+ \cdot q_p \cdot A_a = 1619.66 \text{ N} \rightarrow 812.26 \text{ N/m}^2$$

$$\text{逆風(負圧)の場合 } W_a^- = C_a^- \cdot q_p \cdot A_a = 2295.27 \text{ N} \rightarrow 1151.09 \text{ N/m}^2$$

表 1.5.1 用途係数 I_w

太陽光発電システムの用途	用途係数
極めて重要な太陽光発電システム	1.32
通常の太陽光発電システム	1

表 1.5.2 ガスト影響係数 G_f

地表面粗度区分	アレイ面の平均地上高H		
	(1)	(2)	(3)
	10m 以下の場合	10m を超え40m 未満の場合	40m 以上の場合

I	2	(1)及び(3)に掲げる数値を直線的に補間した数値	1.8
II	2.2		2
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

表 1.5.3 Zb、ZG 及び α

地表面粗度区分		Zb(m)	ZG(m)	α
I	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がない区域	5	250	0.1
II	都市計画区域外にあって地表面粗度区分Iの区域外の区域又は都市計画区域内にあって地表面粗度区分IVの区域以外の区域のうち、海岸線又は湖岸線(対岸までの距離が1,500m以上のものに限る。以下同じ。)までの距離が500m以内の区域	5	350	0.15
III	地表面粗度区分I、II又はIV以外の区域	5	450	0.2
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域	10	550	0.27

④地震荷重(Kp)

設計用地震荷重

$$Kp = kp \times G$$

一般の地方では式

$$Kp = kp \times (G + 0.35S)$$

多雪区域では式

設計用水平震度

$$kp = kH \times Z \times IK$$

$$= 0.30$$

kH: 各部に生じる水平震度であり

$$= 0.30$$

Z: 地震地域係数

$$= 1.00$$

IK: 用途係数

$$= 1.00$$

1-5 許容応力度

① 材料の許容応力度等

材料	F 値	長期許容応力度 (N/mm ²)			短期
		引張 $f_t = F/1.5$	剪断 $f_s = F/1.5/\sqrt{3}$	支圧 f_{ca}	許容応力度
AL6005-T5	175	116.7	67.4	192.5	長期許容応力度の 1.5倍

f_b : 長期許容曲げ応力度

$b\lambda \leq b\lambda_p$

$b\lambda_p \leq b\lambda \leq b\lambda_e$	材料係数			
$b\lambda_e \leq b\lambda$				
β_2				
v	安全率			
$b\lambda$	一般有効細長比			
$b\lambda_e$	弾性限界細長比			

$b\lambda_p$: 塑性限界細長比

$M2/M1$: 材両端あるいは横座屈補剛端の曲げモーメント比

Me : 弾性横座屈曲げモーメント

E : 縦弾性係数

G : アルミ合金の剪断弾性係数	材料係数				
J : サンプナンねじり定数					
Cb : モーメント係数					

My : 降伏曲げモーメント

Z : 断面係数

f_c : 長期許容圧縮応力度

$c\lambda \leq c\lambda_p$

$c\lambda_p \leq c\lambda \leq c\lambda_e$

$c\lambda_e \leq c\lambda$

β_2 : 材料係数

v : 安全率

$c\lambda$: 一般有効細長比

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比

Ny : 降伏限界耐力

A : 断面積

Ne : 弾性曲げ座屈耐力	材料係数				
Le : 曲げ座屈長さ					
E : 縦弾性係数					

Iy : 弱軸回りの断面二次モーメント

$f_b = \beta_2 \times F/v$

$f_b = \beta_2 \times (1 - 0.5 \times (b\lambda - b\lambda_p) / (b\lambda_e - b\lambda_p)) F/v$

$f_b = F/v / b\lambda^2$

1

$3/2 + 2/3 \times (b\lambda / b\lambda_e)^2 \quad v \leq 2.17$

$\sqrt{My/Me}$

$1/\sqrt{0.5\beta_2}$

$0.6 + 0.3(M2/M1)$

$Cb \times (\pi^2 EIG/Lb^2)^{0.5}$

I : 弱軸回りの断面二次モーメント

FZ

$f_c = \beta_2 \times F/v$

$f_c = \beta_2 \times (1 - 0.5 \times (c\lambda - c\lambda_p) / (c\lambda_e - c\lambda_p)) F/v$

$f_c = F/v / c\lambda^2$

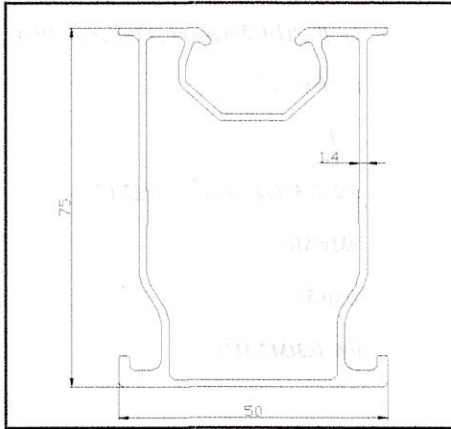
1	
$3/2 + 2/3 \times (c\lambda / c\lambda_e)^2 \quad v \leq 2.17$	
$\sqrt{Ny/Ne}$	
$1/\sqrt{0.5\beta_2}$	

0.20

FA

$\pi^2 E I_y / Le^2$

横材:



規格材質・断面性能				
規格: AL6005-T5		A	466.6808	mm ²
		I _x	378082	mm ⁴
F 値:	175	N/mm ²	I _y	142044 mm ⁴
i _x :	28.46		Z _x	9936 mm ³
i _y :	17.45		Z _y	5681 mm ³

強軸 (X軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	Lb	J 定数
9936	378082	175	70000	27000	1	1	3000	144747

M_y: 降伏曲げモーメント

M_y = 1738800 N.mm

M_e: 弾性横座屈曲げモーメント

M_e = 10644789.6 N.mm

bλ: 一般有効細長比

bλ = 0.40

bλ_p: 塑性限界細長比

bλ_p = 0.90

bλ_e: 弾性限界細長比

bλ_e = 1.41

ν: 安全率

ν = 1.55

判定式	f _b の値
bλ ≤ 0.90	112.58
0.90 ≤ bλ ≤ 1.41	0.00
1.41 ≤ bλ	0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

f_b(x) = 112.58

弱軸 (Y軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	Lb	J 定数
5681	142044	175	70000	27000	1	1	3000	144747

M_y: 降伏曲げモーメント

M_y = 994175 N.mm

M_e: 弾性横座屈曲げモーメント

M_e = 6524624.581 N.mm

$b\lambda$: 一般有効細長比

$b\lambda = 0.39$

$b\lambda_p$: 塑性限界細長比

$b\lambda_p = 0.90$

$b\lambda_e$: 弾性限界細長比

$b\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.55$

判定式		fb の値
$b\lambda \leq 0.90$		112.85
$0.90 \leq b\lambda \leq 1.41$		0.00
$1.41 \leq b\lambda$		0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

$fb(y) = 112.85$

鋼材の許容力 (単位) 単位

鋼材の種別	鋼材の規格	鋼材の種別				鋼材の規格	鋼材の許容力	
		種別 1	種別 2	種別 3	種別 4		種別 1	種別 2
401311	S45C	1	1	00003	00003	138	138	138

mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力

鋼材の許容力 (単位) 単位 ※

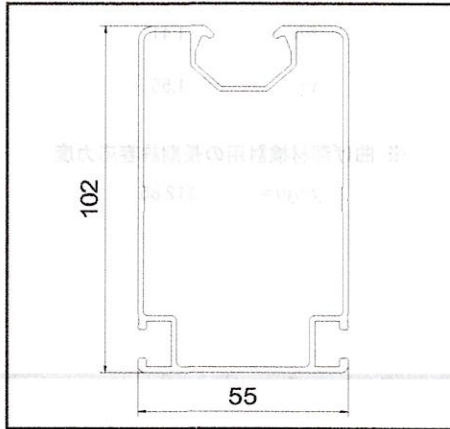
鋼材の種別	鋼材の規格	鋼材の許容力
401311	S45C	0.00
001311	S45C	14.1
001311	S45C	14.1

鋼材の許容力 (単位) 単位

鋼材の種別	鋼材の規格	鋼材の種別				鋼材の規格	鋼材の許容力	
		種別 1	種別 2	種別 3	種別 4		種別 1	種別 2
401311	S45C	1	1	00003	00003	138	138	138

mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力
mm / 7	0017100	M	小径一方向曲げ耐力

縦材:



規格材質・断面性能			
規格: AL6005-T5		A	568.276 mm ²
		I _x	828524 mm ⁴
F 値	175 N/mm ²	I _y	265780 mm ⁴
i _x	38.1833	Z _x	16212 mm ³
i _y	21.6263	Z _y	9664 mm ³

強軸 (X軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	L _b	J 定数
16212	828524	175	70000	27000	1	1	2542	401571

M_y: 降伏曲げモーメント

M_y = 2837100 N.mm

M_e: 弾性横座屈曲げモーメント

M_e = 30975528.26 N.mm

bλ: 一般有効細長比

bλ = 0.30

bλ_p: 塑性限界細長比

bλ_p = 0.90

bλ_e: 弾性限界細長比

bλ_e = 1.41

ν: 安全率

ν = 1.53

判定式	f _b の値
bλ ≤ 0.90	114.34
0.90 ≤ bλ ≤ 1.41	0.00
1.41 ≤ bλ	0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

f_b(x) = 114.34

弱軸 (Y軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	L _b	J 定数
9664	265780	175	70000	27000	1	1	2542	401571

M_y: 降伏曲げモーメント

M_y = 1691200 N.mm

M_e: 弾性横座屈曲げモーメント

M_e = 17543947.68 N.mm

$b\lambda$: 一般有効細長比

$b\lambda = 0.31$

$b\lambda_p$: 塑性限界細長比

$b\lambda_p = 0.90$

$b\lambda_e$: 弾性限界細長比

$b\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.53$

判定式		fb の値
$b\lambda \leq 0.90$		114.22
$0.90 \leq b\lambda \leq 1.41$		0.00
$1.41 \leq b\lambda$		0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

$fb(y) = 114.22$

許容圧縮応力度

断面性能		材料強度	材料係数	横座屈補剛間隔
A	I	F	E 係数	Le
568.276	265780	175	70000	2542

N_y : 降伏曲げモーメント

$N_y = 99448.3 \text{ N.mm}$

N_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$N_e = 28387.59 \text{ N.mm}$

$c\lambda$: 一般有効細長比

$c\lambda = 1.87$

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比

$c\lambda_p = 0.20$

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比

$c\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 2.17$

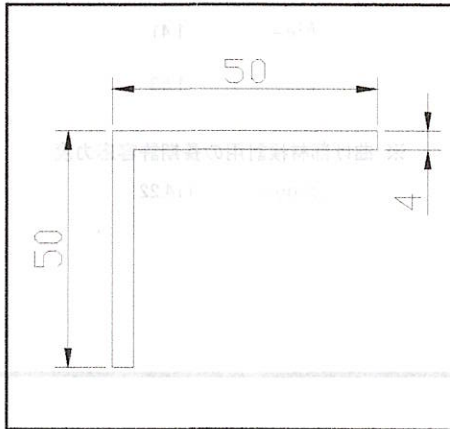
判定式		fc の値
$c\lambda \leq 0.20$		0.00
$0.20 \leq c\lambda \leq 1.41$		0.00
$1.41 \leq c\lambda$		23.02

※ 長期許容圧縮応力度

$fc = 23.02$

断面性能		材料係数				材料強度	横座屈補剛間隔	
A	I	F	E 係数	Le	F	A	I	
568.276	265780	175	70000	2542	175	568.276	265780	

縦材II:



規格材質・断面性能			
規格: AL6005-T5		A	384 mm ²
		I _x	92607 mm ⁴
F 値:	175 N/mm ²	I _y	92607 mm ⁴
i _x :	15.53	Z _x	2570 mm ³
i _y :	15.53	Z _y	2570 mm ³

強軸 (X軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	Lb	J 定数
2570	92607	175	70000	27000	1	1	800	2255

My: 降伏曲げモーメント

My = 449750 N.mm

Me: 弾性横座屈曲げモーメント

Me = 2465844.83 N.mm

bλ: 一般有効細長比

bλ = 0.43

bλ_p: 塑性限界細長比

bλ_p = 0.90

bλ_e: 弾性限界細長比

bλ_e = 1.41

ν: 安全率

ν = 1.56

判定式	fb の値
bλ ≤ 0.90	112.12
0.90 ≤ bλ ≤ 1.41	0.00
1.41 ≤ bλ	0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

fb(x) = 112.12

弱軸 (Y軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C _b 係数	Lb	J 定数
2570	92607	175	70000	27000	1	1	800	2255

My: 降伏曲げモーメント

My = 449750 N.mm

Me: 弾性横座屈曲げモーメント

Me = 2465844.83 N.mm

λ : 一般有効細長比

$b\lambda = 0.43$

λ_p : 塑性限界細長比

$b\lambda_p = 0.90$

λ_e : 弾性限界細長比

$b\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.56$

判定式		f_b の値
$b\lambda \leq 0.90$		112.12
$0.90 \leq b\lambda \leq 1.41$		0.00
$1.41 \leq b\lambda$		0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

$f_b(y) = 112.12$

許容圧縮応力度

断面性能		材料強度	材料係数	横座屈補剛間隔
A	I	F	E 係数	Le
384	92607	175	70000	800

N_y : 降伏曲げモーメント

$N_y = 67200 \text{ N.mm}$

N_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$N_e = 99866.81 \text{ N.mm}$

λ : 一般有効細長比

$c\lambda = 0.82$

λ_p : 塑性限界細長比

$c\lambda_p = 0.20$

λ_e : 弾性限界細長比

$c\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.72$

判定式		f_c の値
$c\lambda \leq 0.20$		0.00
$0.20 \leq c\lambda \leq 1.41$		75.57
$1.41 \leq c\lambda$		0.00

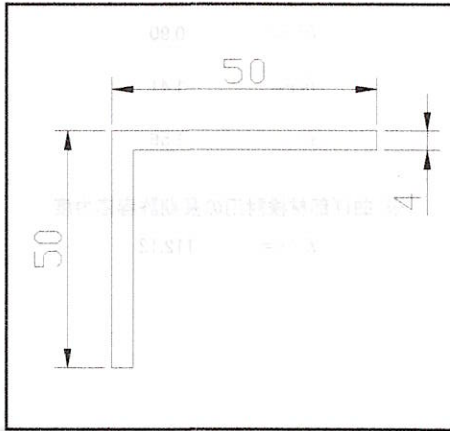
※ 長期許容圧縮応力度

$f_c = 75.57$

断面性能: 材料許容		判定式		許容値	
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値
断面	材料	判定式	許容値	判定式	許容値



支柱I:



規格材質・断面性能					
規格: AL6005-T5		A	384	mm ²	
		Ix	92607	mm ⁴	
F 値:	175	N/mm ²	Iy	92607	mm ⁴
ix :	15.53		Zx	2570	mm ³
iy :	15.53		Zy	2570	mm ³

許容圧縮応力度

断面性能		材料強度	材料係数	横座屈補剛間隔
A	I	F	E 係数	Le
384	92607	175	70000	196

N_y : 降伏曲げモーメント

N_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$c\lambda$: 一般有効細長比

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比

ν : 安全率

$N_y = 67200 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$N_e = 1663754 \text{ N}\cdot\text{mm}$

$c\lambda = 0.20$

$c\lambda_p = 0.20$

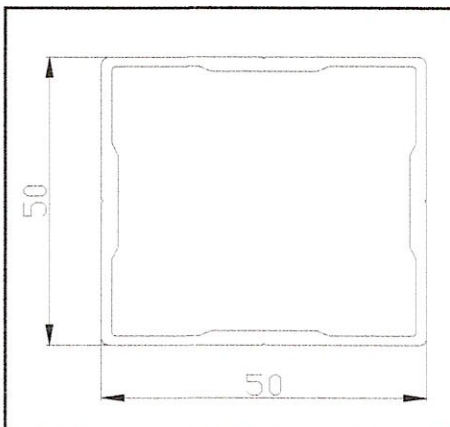
$c\lambda_e = 1.41$

$\nu = 1.51$

判定式	f_c の値
$c\lambda \leq 0.20$	0.00
$0.20 \leq c\lambda \leq 1.41$	115.58
$1.41 \leq c\lambda$	0.00

※ 長期許容圧縮応力度	
$f_c = 115.58$	

支柱II:



規格材質・断面性能					
規格: AL6005-T5		A	373.6649	mm ²	
		Ix	138559	mm ⁴	
F 値:	175	N/mm ²	Iy	138559	mm ⁴
ix :	19.26		Zx	5542	mm ³
iy :	19.26		Zy	5542	mm ³

許容圧縮応力度

断面性能		材料強度	材料係数		横座屈補剛間隔
A	I	F	E 係数		Le
373.665	138559	175	70000		1200

N_y : 降伏曲げモーメント

$N_y = 65391.3575 \text{ N.mm}$

N_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$N_e = 66409 \text{ N.mm}$

$c\lambda$: 一般有効細長比

$c\lambda = 0.99$

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比

$c\lambda_p = 0.20$

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比

$c\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

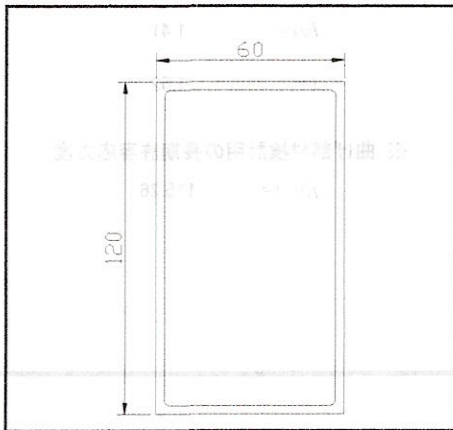
$\nu = 1.83$

判定式	f_c の値
$c\lambda \leq 0.20$	0.00
$0.20 \leq c\lambda \leq 1.41$	64.49
$1.41 \leq c\lambda$	0.00

※ 長期許容圧縮応力度

$f_c = 64.49$

支柱III:



規格材質・断面性能				
規格: AL6005-T5		A	987	mm^2
		I_x	1911321	mm^4
F 値:	175	N/mm^2	I_y	622153 mm^4
i_x :	44		Z_x	31855 mm^3
i_y :	25.1		Z_y	20738 mm^3

強軸 (X軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C_b 係数	Lb	J 定数
31855	1911321	175	70000	27000	1	1	2000	1504114

M_y : 降伏曲げモーメント

$M_y = 5574625 \text{ N.mm}$

M_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$M_e = 11572781.3 \text{ N.mm}$

$b\lambda$: 一般有効細長比

$b\lambda = 0.22$

$b\lambda_p$: 塑性限界細長比

$b\lambda_p = 0.90$

$b\lambda_e$: 弾性限界細長比

$b\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.52$

判定式	fb の値
$b\lambda \leq 0.90$	115.43
$0.90 \leq b\lambda \leq 1.41$	0.00
$1.41 \leq b\lambda$	0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

$fb(x) = 115.43$

弱軸 (Y軸) 許容曲げ応力度

強軸方向断面性能		材料強度	材料係数				横座屈補剛間隔	サンブナンねじり定数
Z	I	F	E 係数	G 係数	M2/M1	C_b 係数	Lb	J 定数
20738	622153	175	70000	27000	1	1	2000	1504114

M_y : 降伏曲げモーメント

$M_y = 3629150 \text{ N.mm}$

M_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$M_e = 66026690.76 \text{ N.mm}$

$b\lambda$: 一般有効細長比

$b\lambda = 0.23$

$b\lambda_p$: 塑性限界細長比

$b\lambda_p = 0.90$

$b\lambda_e$: 弾性限界細長比

$b\lambda_e = 1.41$

ν : 安全率

$\nu = 1.52$

判定式	fb の値
$b\lambda \leq 0.90$	115.26
$0.90 \leq b\lambda \leq 1.41$	0.00
$1.41 \leq b\lambda$	0.00

※ 曲げ部材検討用の長期許容応力度

$fb(y) = 115.26$

許容圧縮応力度

断面性能		材料強度	材料係数	横座屈補剛間隔
A	I	F	E 係数	Le
987	622153	175	70000	2000

N_y : 降伏曲げモーメント

$N_y = 172725 \text{ N.mm}$

N_e : 弾性横座屈曲げモーメント

$N_e = 107348.15 \text{ N.mm}$

$c\lambda$: 一般有効細長比

$c\lambda = 1.27$

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比

$c\lambda_p = 0.20$

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比

$c\lambda_e = 1.41$

γ : 安全率	$\gamma = 2.04$
判定式	fc の値
$c\lambda \leq 0.20$	0.00
$0.20 \leq c\lambda \leq 1.41$	48.13
$1.41 \leq c\lambda$	0.00

※ 長期許容圧縮応力度
 $fc = 48.13$

② ステンレスの許容応力度

材料	F 値		長期許容応力度 (N/mm ²)					短期
			圧縮	引張	曲げ	剪断	支圧	許容応力度
A2-70	700/1.5=	466.667	311.1	311.1	311.1	179.6	513.3	長期許容応力度の 1.5倍

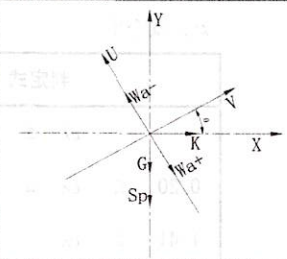
③ ステンレスボルト

径	M6	M7	M8	M10	M11	M12	M14
有効断面積 (mm ²)	20.1	28.9	36.6	58	72.3	84.3	115

§ 2. 主要フレームの検討

2-1. 組み合わせ荷重の算出

自重	G	9.80	x	204991.44		=	2008916	N	
積雪	S_p	584.62	x	5832	x	1.99	=	6798574	N
暴風(順風)	W_a^+	812.26	x	5832	x	1.99	=	9445832	N
暴風(逆風)	W_a^-	1151.09	x	5832	x	1.99	=	13386010	N
地震	K_p	0.30	x	2008916		=	602675	N	



積雪区分: 一般の地方

※矢印の方向を正とする

項目	鉛直成分	水平成分	鉛直成分	水平成分	項目	鉛直成分	水平成分
①積雪時(長期)							
鉛直・水平成分					アレイに対して垂直平行成分		
$F_y = -G$	=	-2008916	[N]	→	$F_u = F_y \cos(\theta) - F_x \sin(\theta)$	=	-1957428 [N]
F_x	=	0	[N]		$F_v = F_y \sin(\theta) + F_x \cos(\theta)$	=	-451908 [N]

②積雪時(短期)

鉛直・水平成分					アレイに対して垂直平行成分		
$F_y = -G - S_p$	=	-8807490	[N]	→	$F_u = F_y \cos(\theta) - F_x \sin(\theta)$	=	-8581755 [N]
F_x	=	0	[N]		$F_v = F_y \sin(\theta) + F_x \cos(\theta)$	=	-1981254 [N]

③暴風時順風(短期)

鉛直・水平成分					アレイに対して垂直平行成分		
$F_y = -G - W_a^+ \cos(\theta)$	=	-11212652	[N]	→	$F_u = F_y \cos(\theta) - F_x \sin(\theta)$	=	-11403259 [N]
$F_x = W_a^+ \sin(\theta)$	=	2124850	[N]		$F_v = F_y \sin(\theta) + F_x \cos(\theta)$	=	-451908 [N]

④暴風時逆風(短期)

鉛直・水平成分					アレイに対して垂直平行成分		
$F_y = -G + W_a^+ \cos(\theta)$	=	11034012	[N]	→	$F_u = F_y \cos(\theta) - F_x \sin(\theta)$	=	11428583 [N]
$F_x = -W_a^+ \sin(\theta)$	=	-3011197	[N]		$F_v = F_y \sin(\theta) + F_x \cos(\theta)$	=	-451908 [N]

⑤地震時(短期)

鉛直・水平成分					アレイに対して垂直平行成分		
$F_y = -G$	=	-2008916	[N]	→	$F_u = F_y \cos(\theta) - F_x \sin(\theta)$	=	-2093000 [N]
$F_x = K_p$	=	602675	[N]		$F_v = F_y \sin(\theta) + F_x \cos(\theta)$	=	135321 [N]

配置の長さ $L_a = 23646800 \text{ mm}$

横材等分布荷重:

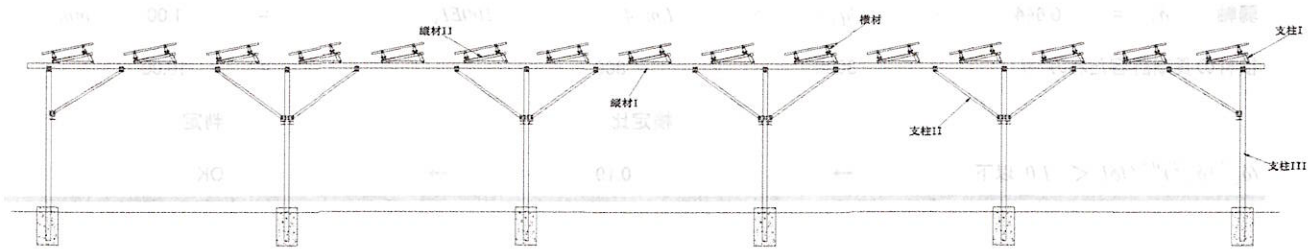
$$q_v = \frac{|F_v|}{NL \times L_a} \quad q_u = \frac{|F_u|}{NL \times L_a}$$

①②③④⑤はそれぞれ上記の組み合わせ荷重を示す。

①	F_u	-1957428	N	F_v	-451908	N	q_u	-83	N/m	q_v	-19	N/m
②	F_u	-8581755	N	F_v	-1981254	N	q_u	-363	N/m	q_v	-84	N/m
③順風	F_u	-11403259	N	F_v	-451908	N	q_u	-482	N/m	q_v	-19	N/m
④逆風	F_u	11428583	N	F_v	-451908	N	q_u	483	N/m	q_v	-19	N/m
⑤	F_u	-2093000	N	F_v	135321	N	q_u	-89	N/m	q_v	6	N/m

2-2. 力の見取り図

※矢印の方向を正とする。また、曲げモーメントは時計回りを正とする。



2-3 長期積雪荷重時、各部材の強度検討

2-1 計算結果より、長期組み合わせ荷重の時、横材等分布荷重を下記示したようである。

$q_u = -83 \text{ N/m}$ $q_v = -19 \text{ N/m}$ レールの最大スパン $L_m = 3 \text{ m}$

横材:

横材の曲げ応力:

強軸	$\sigma_x = 0.105 \times q_u \times L_m^2 / Z_x$	=	7.9	N/mm^2		
弱軸	$\sigma_y = 0.105 \times q_v \times L_m^2 / Z_y$	=	3.2	N/mm^2		
長期許容曲げ応力度:	$fb(x)$	=	112.58	N/mm^2		
			$fb(y)$	=	112.85	N/mm^2
		検定比		判定		
	$\sigma_x / fb(x) + \sigma_y / fb(y) < 1.0$ 以下	→	0.10	→	OK	

横材のたわみ:

強軸 $\delta_x = 0.644 \times |q_u| \times L_m^4 / 100EI_x = 1.63 \text{ mm}$

弱軸 $\delta_y = 0.644 \times |q_v| \times L_m^4 / 100EI_y = 1.00 \text{ mm}$

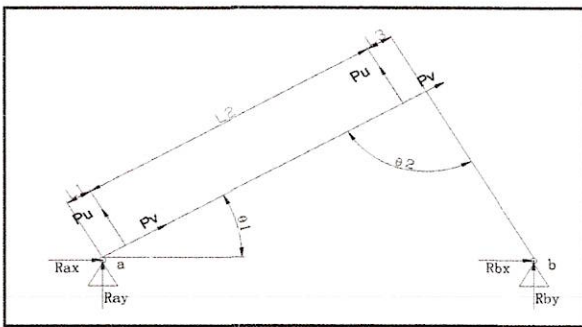
横材の長期許容たわみ $[\delta]: 3000 / 300 = 10.00$

検定比 判定

$(\delta_x^2 + \delta_y^2)^{0.5} / [\delta] < 1.0$ 以下 → 0.19 → OK

荷重:

$Pu = q_u \times L_m = -248 \text{ N}$ $Pv = q_v \times L_m = -57 \text{ N}$



$L1 = 50 \text{ N}$

$L2 = 700 \text{ N}$

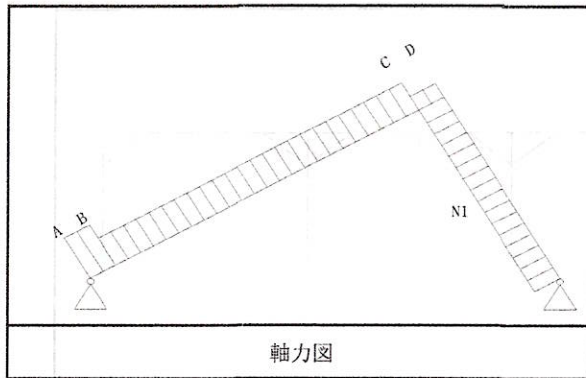
$L3 = 50 \text{ N}$

$\theta1 = 13 \text{ N}$

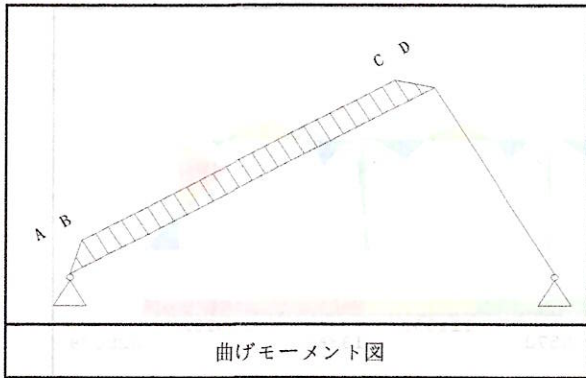
$\theta2 = 101 \text{ N}$

$Rax = 102.90 \text{ N}$ $Rbx = -102.90 \text{ N}$

$Ray = 278.62 \text{ N}$ $Rby = 231.11 \text{ N}$



N_{A-B}	=	-163	N
N_{B-C}	=	-106	N
N_{C-D}	=	-48	N
N_I	=	-253	N



$$M_B = M_C = -12417 \text{ N}$$

縦材II

縦材の応力判定は下記示したようである。

$$\sigma_x = \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{12417}{2570} = 4.83 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{163}{384} = 0.42 \text{ N/mm}^2$$

長期許容曲げ応力度: $fb(x) = 112.12 \text{ N/mm}^2$

長期許容圧縮応力度: $fc = 75.57 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.05	OK

縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$$\delta = \frac{Pu \times L1 \times (L1 + L2 + L3)^2}{24 \times E \times I \times (3 - 4 \times (L1 / (L1 + L2 + L3))^2)} = 0.152 \text{ mm}$$

縦材の長期許容たわみ $[\delta]$: $\frac{700}{300} = 2.333 \text{ mm}$

	検定比	判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下	0.07	OK

支柱I

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱I	253	384	軸向圧力	0.66	115.58	0.01	OK

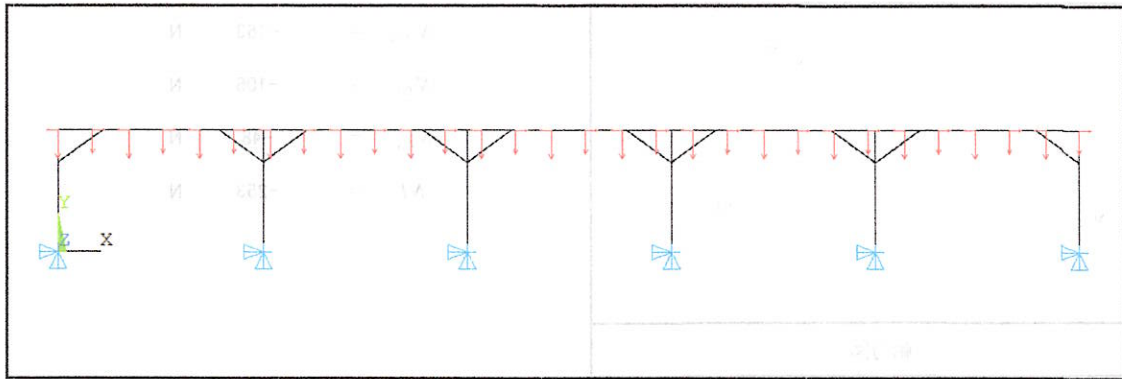


図2-3-1 架台分析模型及び設置部反力見取図

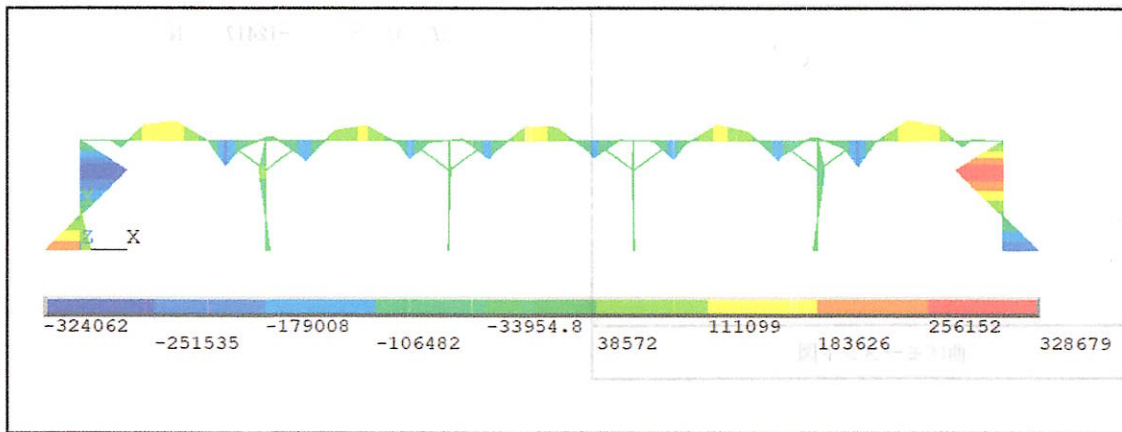


図2-3-2 架台の曲げモーメント図

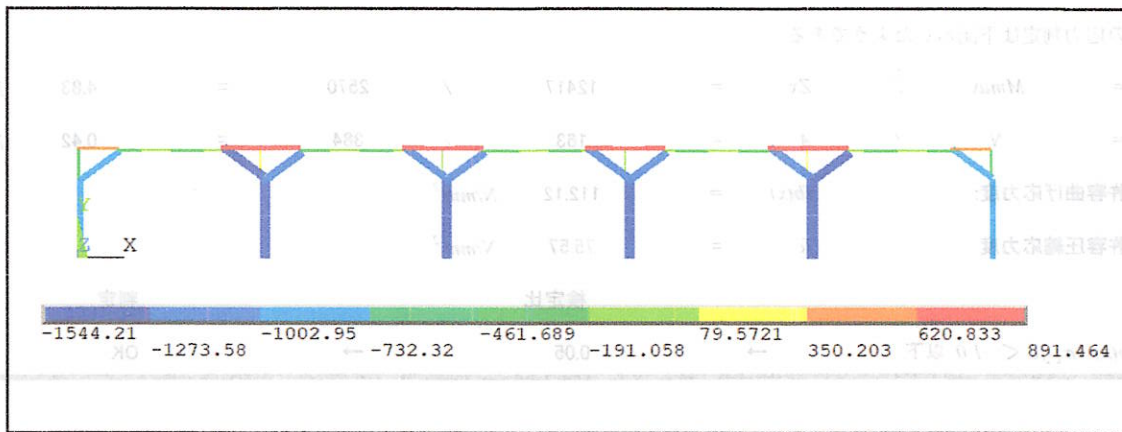


図2-3-3 架台の軸力図



図2-3-4 架台変形の見取図

反力の算出(つり合い式より算出)

$$R_x(max) = -265 \text{ N}$$

$$R_y(max) = 1544 \text{ N}$$

縦材I (参考図2-3-2~4)

図2-3-2及び2-3-3より、縦材の応力判定は下記示したようである。

$$\sigma_x = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{198915}{16212} = 12.27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{264}{568} = 0.46 \text{ N/mm}^2$$

長期許容曲げ応力度: $fb(x) = 114.34 \text{ N/mm}^2$

長期許容圧縮応力度: $fc = 23.02 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.13	OK

図2-3-4より、縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$$\delta = 2380 \text{ mm}$$

縦材の長期許容たわみ $[\delta]$: $\frac{2542}{300} = 8.473 \text{ mm}$

	検定比	判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下	0.28	OK

支柱III:

図2-3-2及び2-3-3より、支柱の応力判定は下記示したようである。

$$\sigma_x = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{328679}{31855} = 10.32 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{1544}{987} = 1.56 \text{ N/mm}^2$$

長期許容曲げ応力度: $fb(x) = 115.43 \text{ N/mm}^2$

長期許容圧縮応力度: $fc = 48.13 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.12	OK

支柱II (参考図2-3-3)

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱II	1361	373.6649	軸向圧力	3.64	64.49	0.06	OK

2-4 短期積雪荷重時、各部材の強度検討

2-1計算結果より、短期組み合わせ荷重の時、横材等分布荷重を下記示したようである。

$q_u = -363 \text{ N/m}$ $q_v = -84 \text{ N/m}$ レールの最大スパン $L_m = 3.0 \text{ m}$

横材:

横材の曲げ応力:

強軸 $\sigma_x = 0.105 \times |q_u| \times L_m^2 / Z_x = 34.5 \text{ N/mm}^2$

弱軸 $\sigma_y = 0.105 \times |q_v| \times L_m^2 / Z_y = 13.9 \text{ N/mm}^2$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 168.87$ $fb(y) = 169.27 \text{ N/mm}^2$

検定比 判定

$\sigma_x/fb(x) + \sigma_y/fb(y) < 1.0$ 以下 $\rightarrow 0.29 = \rightarrow$ OK

横材のたわみ:

強軸 $\delta_x = 0.644 \times |q_u| \times L_m^4 / 100EI_x = 7.15 \text{ mm}$

弱軸 $\delta_y = 0.644 \times |q_v| \times L_m^4 / 100EI_y = 4.40 \text{ mm}$

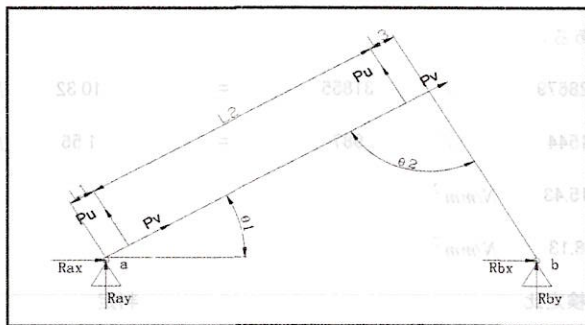
横材の短期許容たわみ $[\delta]: 3000 / 150 = 20.00$

検定比 判定

$(\delta_x^2 + \delta_y^2)^{0.5} / [\delta] < 1.0$ 以下 $\rightarrow 0.42 = \rightarrow$ OK

荷重:

$Pu = q_u \times L_m = -1089 \text{ N}$ $Pv = q_v \times L_m = -251 \text{ N}$



$L1 = 50 \text{ N}$

$L2 = 700 \text{ N}$

$L3 = 50 \text{ N}$

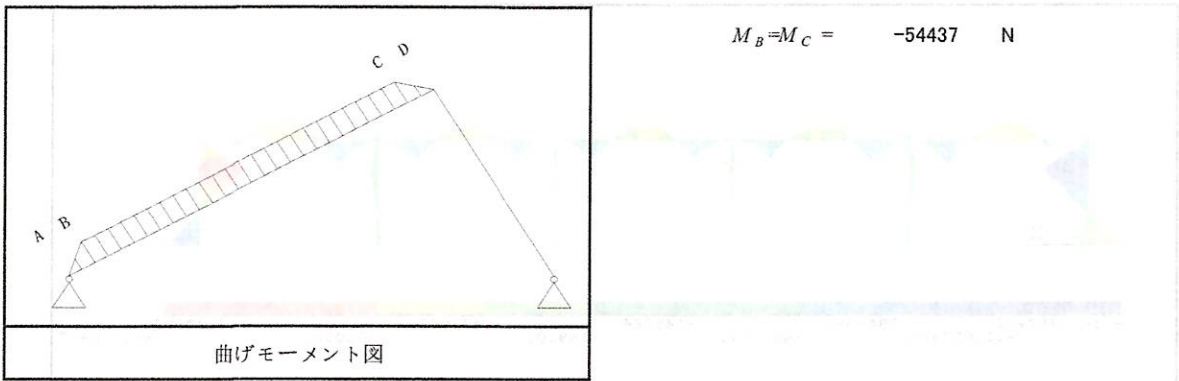
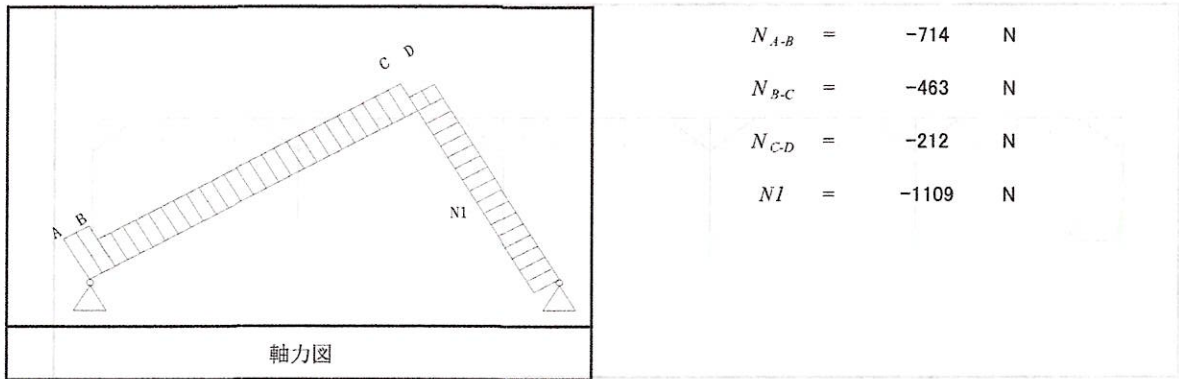
$\theta1 = 13 \text{ N}$

$\theta2 = 101 \text{ N}$

$Rax = 451.12 \text{ N}$ $Rbx = -451.12 \text{ N}$

$Ray = 1221.53 \text{ N}$ $Rby = 1013.23 \text{ N}$

支脚	位置	水平反力	鉛直反力	傾斜反力	A	傾斜反力	支脚
OK	0.0	451.12	1221.53	1301	0.0	1013.23	OK



縦材II

縦材の応力判定は下記示したようである。

σ_x	=	M_{max} / Z_x	=	$54437 / 2570$	=	21.18	N/mm^2
σ_c	=	N / A	=	$714 / 384$	=	1.86	N/mm^2
短期許容曲げ応力度:		$fb(x)$	=	168.18		N/mm^2	
短期許容圧縮応力度		fc	=	113.35		N/mm^2	
		検定比				判定	
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下		→	0.14	→		OK	

縦材のたわみ判定は下記示したようである。

δ	=	$Pu \times L1 \times (L1 + L2 + L3)^2 / 24 / E / I \times (3 - 4 \times (L1 / (L1 + L2 + L3))^2)$	=	0.668	mm
縦材の短期許容たわみ $[\delta]$:		$700 / 150$	=	4.667	mm
		検定比			判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下		→	0.14	→	OK

支柱I

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱I	1109	384	軸向圧力	2.89	173.37	0.02	OK

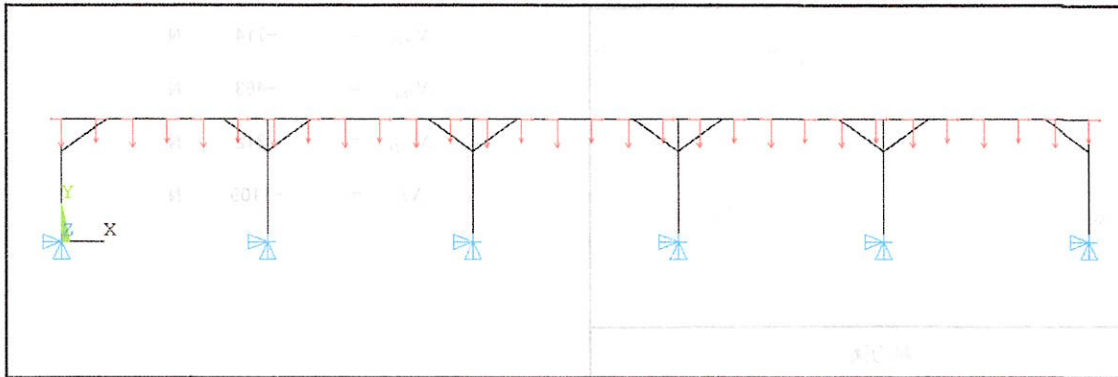


图2-4-1 架台分析模型及び設置部反力見取図

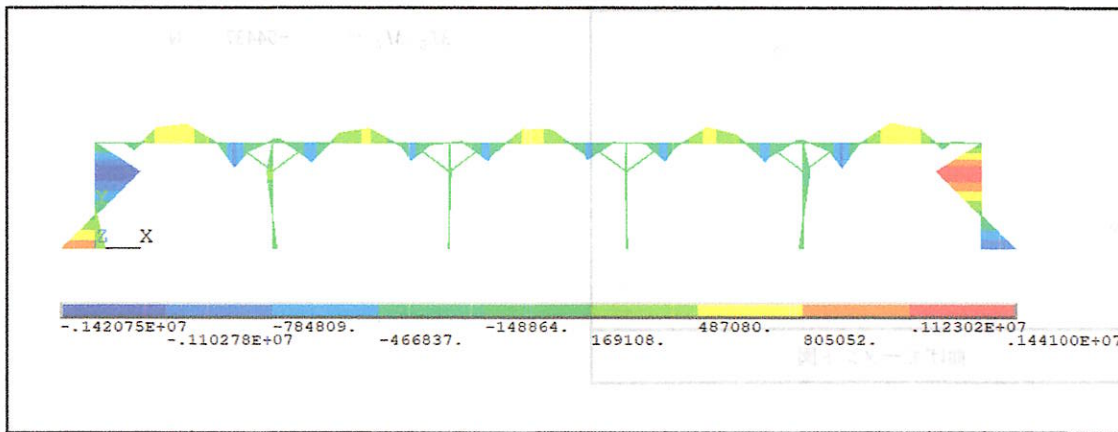


图2-4-2 架台の曲げモーメント図

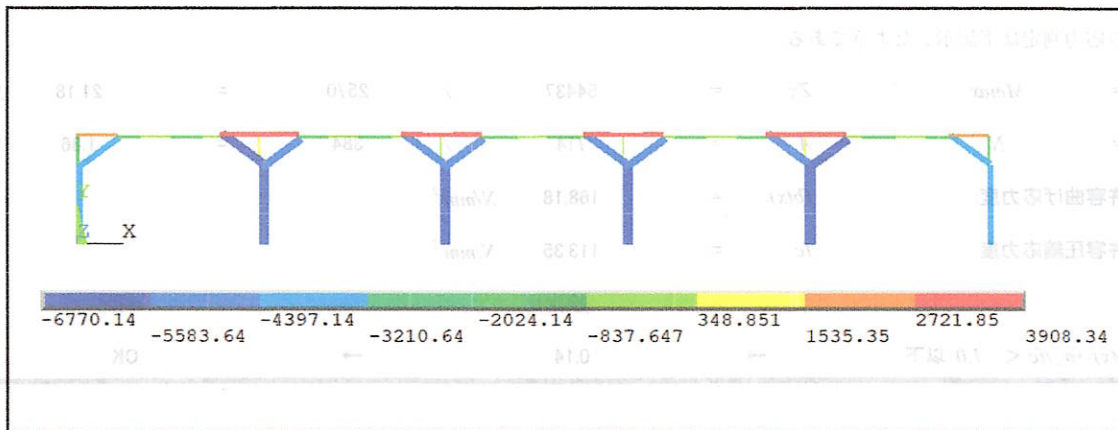


图2-4-3 架台の軸力図

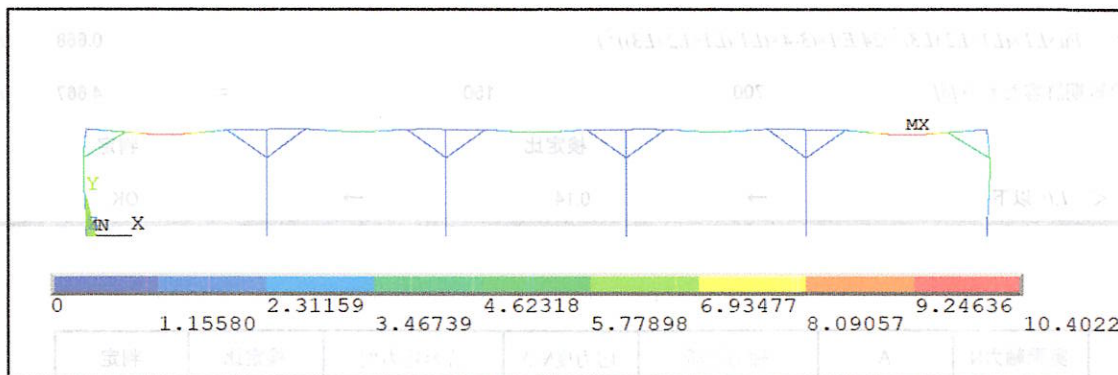


图2-4-4 架台変形の見取図

反力の算出(つり合い式より算出)

$Rx(max) = -1159 \text{ N}$
 $Ry(max) = 6770 \text{ N}$

縦材I (参考図2-4-2~4)

図2-4-2及び2-4-3より、縦材の応力判定は下記示したようである。

$\sigma_x = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{872085}{16212} = 53.79 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{1159}{568} = 2.04 \text{ N/mm}^2$
 短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 171.51 \text{ N/mm}^2$
 短期許容圧縮応力度 $fc = 34.53 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.37	OK

図2-4-4より、縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$\delta = 10.400 \text{ mm}$
 縦材の短期許容たわみ $[\delta]$: 16.947 mm

	検定比	判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下	0.61	OK

支柱III:

図2-4-2及び2-4-3より、支柱の応力判定は下記示したようである。

$\sigma_x = \frac{Mmax}{Zx} = \frac{1441000}{31855} = 45.24 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_c = \frac{N}{A} = \frac{6770}{987} = 6.86 \text{ N/mm}^2$
 短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 173.15 \text{ N/mm}^2$
 短期許容圧縮応力度 $fc = 72.19 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.36	OK

支柱II (参考図2-4-3)

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱II	5967	373.6649	軸向圧力	15.97	96.74	0.17	OK

2-5 短期暴風(順風)荷重時、各部材の強度検討

2-1計算結果より、短期組み合わせ荷重の時、横材等分布荷重を下記示したようである。

$q_u = -482 \text{ N/m}$ $q_v = -19 \text{ N/m}$ レールの最大スパン $L_m = 3 \text{ m}$

横材:

横材の曲げ応力:

強軸 $\sigma_x = 0.105 \times |q_u| \times L_m^2 / Z_x = 45.9 \text{ N/mm}^2$

弱軸 $\sigma_y = 0.105 \times |q_v| \times L_m^2 / Z_y = 3.2 \text{ N/mm}^2$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 168.87$ $fb(y) = 169.27 \text{ N/mm}^2$

検定比

判定

$\sigma_x/fb(x) + \sigma_y/fb(y) < 1.0$ 以下

→

0.29

→

OK

横材のたわみ:

強軸 $\delta_x = 0.644 \times |q_u| \times L_m^4 / 100EI_x = 9.50 \text{ mm}$

弱軸 $\delta_y = 0.644 \times |q_v| \times L_m^4 / 100EI_y = 1.00 \text{ mm}$

横材の短期許容たわみ $[\delta]$: $3000 / 150 = 20.00$

検定比

判定

$(\delta_x^2 + \delta_y^2)^{0.5} / [\delta] < 1.0$ 以下

→

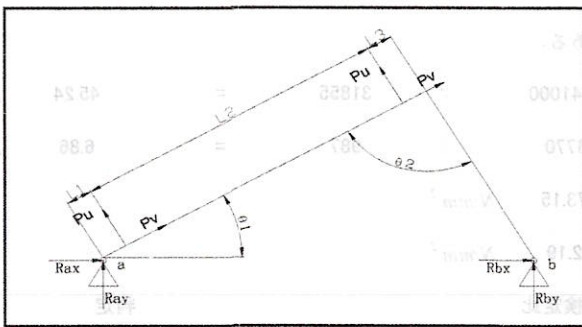
0.48

→

OK

荷重: 【JISC8955:2017表4-5太陽電池アレイ面の風力係数Caの適用】によって、中央部アレイでは、近似式の値を0.6倍して使用してもよい。

$Pu = q_u \times L_m = -1447 \text{ N}$ $Pv = q_v \times L_m = -57 \text{ N}$



$L1 = 50 \text{ N}$

$L2 = 700 \text{ N}$

$L3 = 50 \text{ N}$

$\theta1 = 13 \text{ N}$

$\theta2 = 101 \text{ N}$

$Rax = 60.29 \text{ N}$ $Rbx = -599.44 \text{ N}$

$Ray = 1498.67 \text{ N}$ $Rby = 1346.36 \text{ N}$

変位	変位	変位	変位	変位	A	変位	変位
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

反力の算出(つり合い式より算出)

$R_x(max)$	-1545	N
$R_y(max)$	5275	N

縦材I (参考図2-5-2~4)

図2-5-2及び2-5-3より、縦材の応力判定は下記示したようである。

$\sigma_x =$	$Mmax$	/	Zx	=	1173240	/	16212	=	72.37	N/mm^2			
$\sigma_c =$	N	/	A	=	1234	/	568	=	2.17	N/mm^2			
短期許容曲げ応力度:	$fb(x)$	=	171.51	N/mm^2									
短期許容圧縮応力度	fc	=	34.53	N/mm^2									
検定比								判定					
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下								→		0.48	→		OK

図2-5-4より、縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$\delta =$									12.000	mm			
縦材の短期許容たわみ $[\delta]$:	2542	/	150	=	16.947	mm							
検定比								判定					
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下								→		0.71	→		OK

支柱III:

図2-5-2及び2-5-3より、支柱の応力判定は下記示したようである。

$\sigma_x =$	$Mmax$	/	Zx	=	1904130	/	31855	=	59.77	N/mm^2			
$\sigma_c =$	N	/	A	=	5275	/	987	=	5.34	N/mm^2			
短期許容曲げ応力度:	$fb(x)$	=	173.15	N/mm^2									
短期許容圧縮応力度	fc	=	72.19	N/mm^2									
検定比								判定					
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下								→		0.42	→		OK

支柱II (参考図2-5-3)

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱II	6075	373.6649	軸向圧力	16.26	96.74	0.17	OK

2-6 短期暴風(逆風)荷重時、各材の強度検討

2-1計算結果より、短期組み合わせ荷重の時、横材等分布荷重を下記示したようである。

$q_u = 483 \text{ N/m}$ $q_v = -19 \text{ N/m}$ レールの最大スパン $L_m = 3 \text{ m}$

横材:

横材の曲げ応力:

強軸 $\sigma_x = 0.105 \times |q_u| \times L_m^2 / Z_x = 46.0 \text{ N/mm}^2$

弱軸 $\sigma_y = 0.105 \times |q_v| \times L_m^2 / Z_y = 3.2 \text{ N/mm}^2$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 168.87$ $fb(y) = 169.27 \text{ N/mm}^2$

検定比 判定

$\sigma_x/fb(x) + \sigma_y/fb(y) < 1.0$ 以下 → 0.29 → OK

横材のたわみ:

強軸 $\delta_x = 0.644 \times |q_u| \times L_m^4 / 100EI_x = 9.53 \text{ mm}$

弱軸 $\delta_y = 0.644 \times |q_v| \times L_m^4 / 100EI_y = 1.00 \text{ mm}$

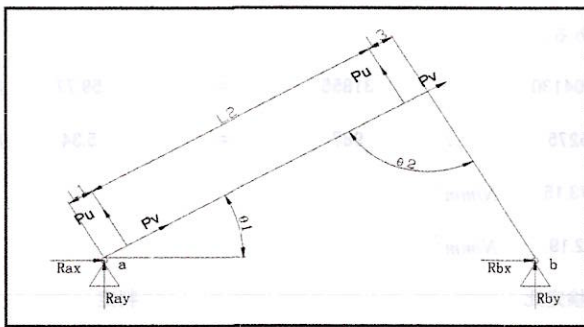
横材の短期許容たわみ $[\delta]$: $3000 / 150 = 20.00$

検定比 判定

$(\delta_x^2 + \delta_y^2)^{0.5} / [\delta] < 1.0$ 以下 → 0.48 → OK

荷重: 【JISC8955:2017表4-5太陽電池アレイ面の風力係数Caの適用】によって、中央部アレイでは、近似式の値を0.6倍して使用してもよい。

$Pu = q_u \times L_m = 1450 \text{ N}$ $Pv = q_v \times L_m = -57 \text{ N}$



$L1 = 150 \text{ N}$

$L2 = 700 \text{ N}$

$L3 = 50 \text{ N}$

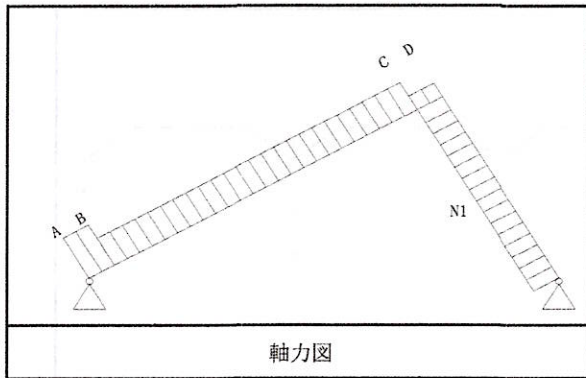
$\theta1 = 13 \text{ N}$

$\theta2 = 101 \text{ N}$

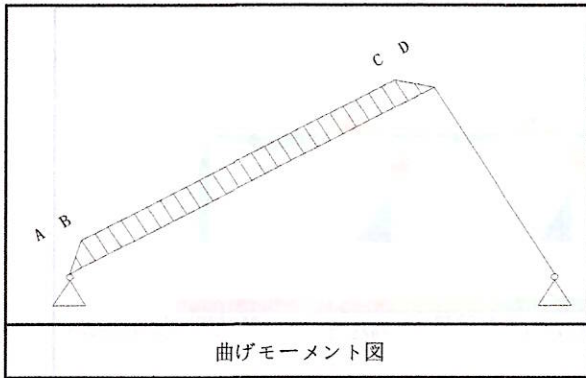
$Rax = 163.27 \text{ N}$ $Rbx = 600.77 \text{ N}$

$Ray = -1450.35 \text{ N}$ $Rby = -1349.35 \text{ N}$

項目	内容	単位	値
強軸曲げ応力	σ_x	N/mm^2	46.0
弱軸曲げ応力	σ_y	N/mm^2	3.2
短期許容曲げ応力	$fb(x)$	N/mm^2	168.87
短期許容曲げ応力	$fb(y)$	N/mm^2	169.27
検定比			0.29
判定			OK
強軸たわみ	δ_x	mm	9.53
弱軸たわみ	δ_y	mm	1.00
短期許容たわみ	$[\delta]$		20.00
検定比			0.48
判定			OK



N_{A-B}	=	167	N
N_{B-C}	=	225	N
N_{C-D}	=	282	N
$N1$	=	1477	N



$$M_B = M_C = 72496 \text{ N}$$

縦材II

縦材の応力判定は下記示したようである。

σ_x	=	M_{max}	/	Z_x	=	72496	/	2570	=	28.21	N/mm^2
σ_c	=	N	/	A	=	282	/	384	=	0.73	N/mm^2
短期許容曲げ応力度:		$fb(x)$	=			168.18	N/mm^2				
短期許容圧縮応力度		fc	=			113.35	N/mm^2				
				検定比						判定	
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下			→			0.17			→	OK	

縦材のたわみ判定は下記示したようである。

δ	=	$Pu \times L1 \times (L1 + L2 + L3)^2 / 24 / E / I \times (3 - 4 \times (L1 / (L1 + L2 + L3))^2)$				0.890	mm
縦材の短期許容たわみ $[\delta]$:		700	/	150	=	4.667	mm
				検定比			判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下			→			0.19	→ OK

支柱I

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱I	1477	384	軸向引張り力	3.85	175.00	0.02	OK

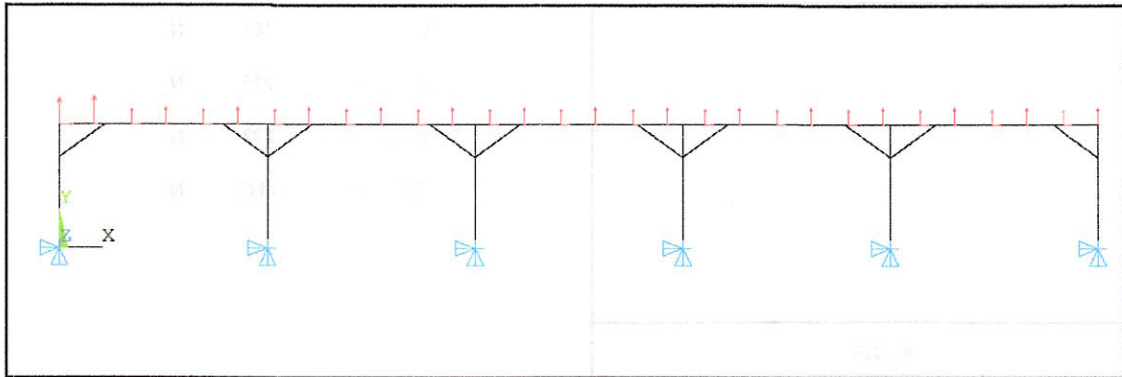


図2-6-1 架台分析模型及び設置部反力見取図

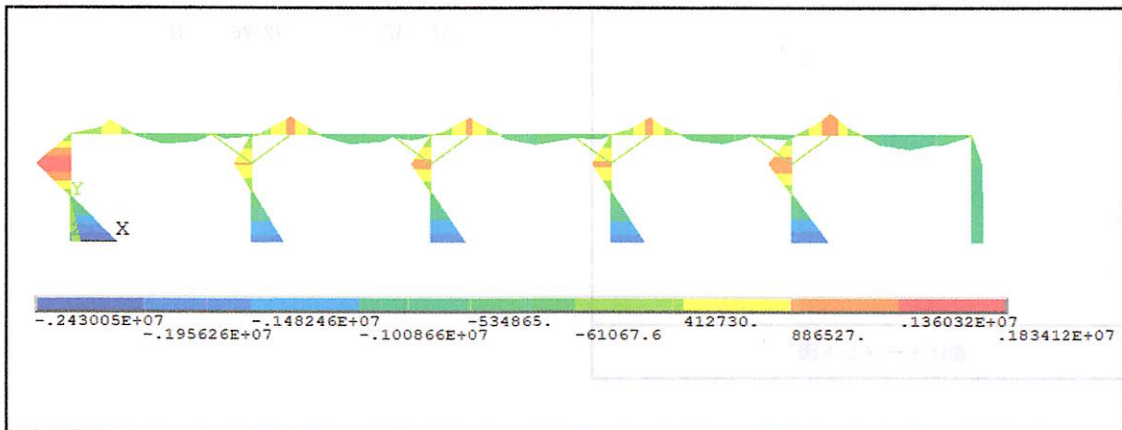


図2-6-2 架台の曲げモーメント図

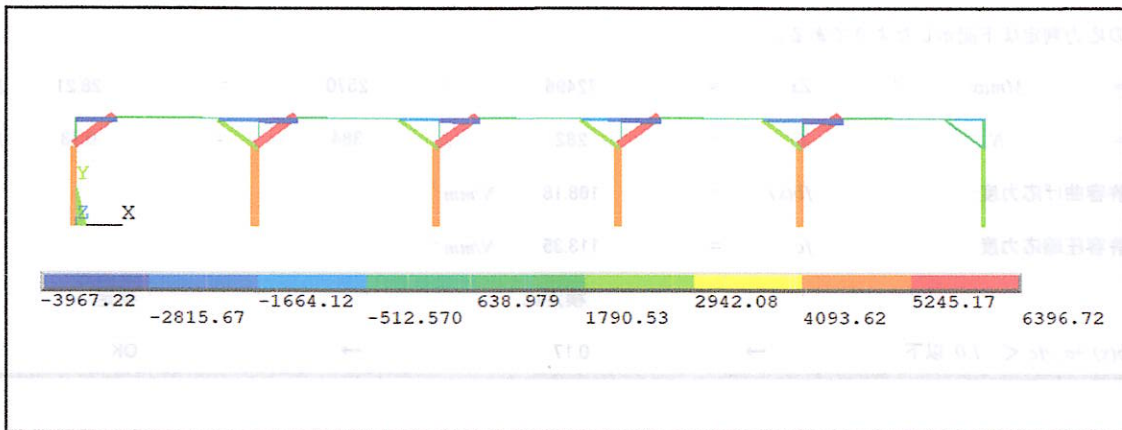


図2-6-3 架台の軸力図

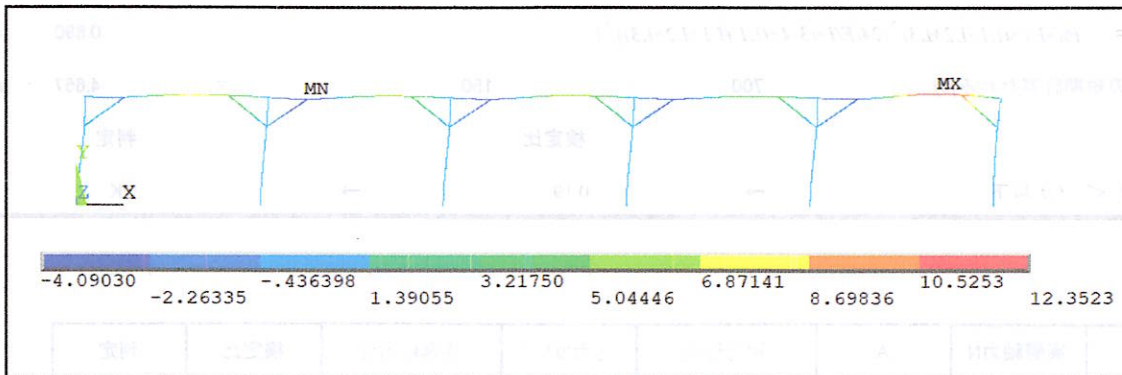


図2-6-4 架台変形の見取図

反力の算出(つり合い式より算出)

$$R_x(max) = 1938 \text{ N}$$

$$R_y(max) = -5186 \text{ N}$$

縦材I (参考図2-6-2~4)

図2-6-2及び2-6-3より、縦材の応力判定は下記示したようである。

$$\sigma_x = Mmax / Zx = 1301740 / 16212 = 80.29 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = N / A = 3968 / 568 = 6.98 \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 171.51 \text{ N/mm}^2$

短期許容圧縮応力度: $fc = 34.53 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.67	OK

図2-6-4より、縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$$\delta = 12.400 \text{ mm}$$

縦材の短期許容たわみ $[\delta]$: $2542 / 150 = 16.947 \text{ mm}$

	検定比	判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下	0.73	OK

支柱III:

図2-6-2及び2-6-3より、支柱の応力判定は下記示したようである。

$$\sigma_x = Mmax / Zx = 2430050 / 31855 = 76.28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = N / A = 5186 / 987 = 5.25 \text{ N/mm}^2$$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 173.15 \text{ N/mm}^2$

短期許容圧縮/引張応力度: $fc = 175.00 \text{ N/mm}^2$

	検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	0.47	OK

支柱II (参考図2-6-3)

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱II	6397	373.6649	軸向引張り力	17.12	175.00	0.10	OK

2-7 短期地震荷重時、各材の強度検討

2-1計算結果より、短期組み合わせ荷重の時、横材等分布荷重を下記示したようである。

$q_u = -89 \text{ N/m}$ $q_v = 6 \text{ N/m}$ レールの最大スパン $L_m = 3 \text{ m}$

横材:

横材の曲げ応力:

強軸 $\sigma_x = 0.105 \times |q_u| \times L_m^2 / Z_x = 8.4 \text{ N/mm}^2$

弱軸 $\sigma_y = 0.105 \times |q_v| \times L_m^2 / Z_y = 1.0 \text{ N/mm}^2$

短期許容曲げ応力度: $fb(x) = 168.87$ $fb(y) = 169.27 \text{ N/mm}^2$

検定比 判定

$\sigma_x / fb(x) + \sigma_y / fb(y) < 1.0$ 以下 → 0.06 → OK

横材のたわみ:

強軸 $\delta_x = 0.644 \times |q_u| \times L_m^4 / 100EI_x = 1.74 \text{ mm}$

弱軸 $\delta_y = 0.644 \times |q_v| \times L_m^4 / 100EI_y = 0.30 \text{ mm}$

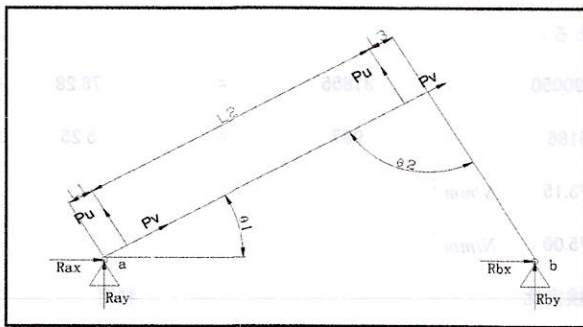
横材の短期許容たわみ $[\delta]$: $3000 / 150 = 20.00$

検定比 判定

$(\delta_x^2 + \delta_y^2)^{0.5} / [\delta] < 1.0$ 以下 → 0.09 → OK

荷重:

$P_u = q_u \times L_m = -266 \text{ N}$ $P_v = q_v \times L_m = 17 \text{ N}$



$L1 = 50 \text{ N}$

$L2 = 700 \text{ N}$

$L3 = 50 \text{ N}$

$\theta1 = 13 \text{ N}$

$\theta2 = 101 \text{ N}$

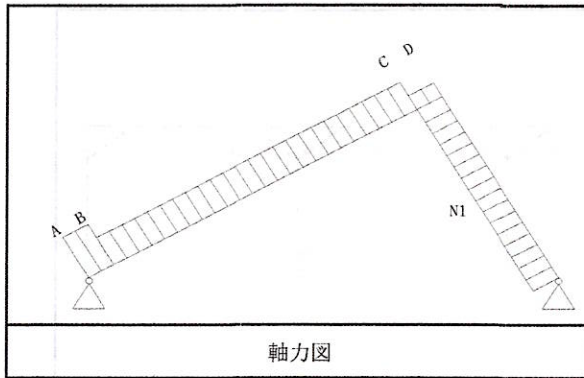
$Rax = -42.90 \text{ N}$

$Rbx = -110.02 \text{ N}$

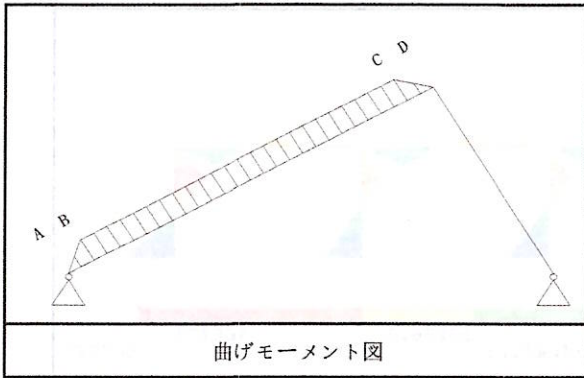
$Ray = 262.61 \text{ N}$

$Rby = 247.12 \text{ N}$

支脚	支脚荷	支脚荷	支脚荷	支脚荷	A	支脚荷	支脚荷
RQ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000000	0.00	0.00



N_{A-B}	=	-17	N
N_{B-C}	=	-34	N
N_{C-D}	=	-52	N
NI	=	-271	N



$M_B = M_C = -13277 \text{ N}$

縦材II

縦材の応力判定は下記示したようである。

σ_x	=	M_{max}	/	Z_x	=	13277	/	2570	=	5.17	N/mm^2
σ_c	=	N	/	A	=	52	/	384	=	0.13	N/mm^2
短期許容曲げ応力度:		$fb(x)$	=			168.18	N/mm^2				
短期許容圧縮応力度		fc	=			113.35	N/mm^2				
				検定比						判定	
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下			→			0.03			→	OK	

縦材のたわみ判定は下記示したようである。

δ	=	$Pu \times L1 \times (L1 + L2 + L3)^2 / 24 / EI \times (3 - 4 \times (L1 / (L1 + L2 + L3)))^2$				0.163	mm
縦材の短期許容たわみ $[\delta]$:		700	/	150	=	4.667	mm
				検定比			判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下			→			0.03	→ OK

支柱I

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱I	271	384	軸向圧力	0.70	173.37	0.00	OK

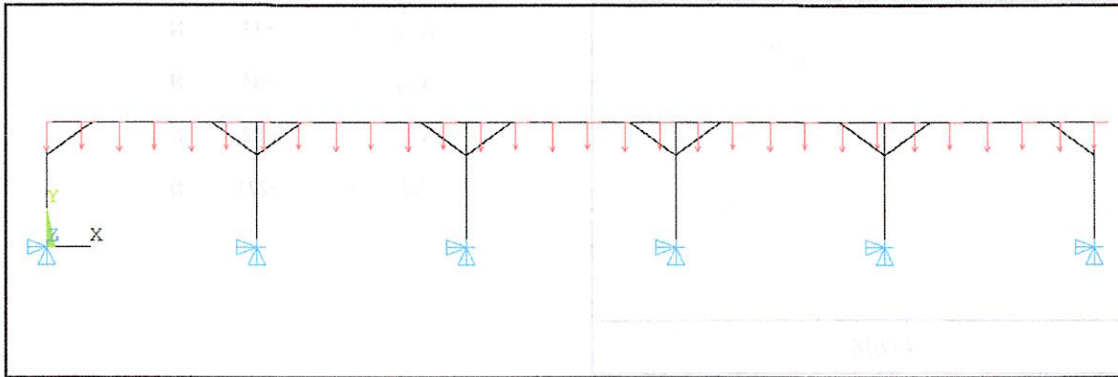


图2-7-1 架台分析模型及び設置部反力見取図

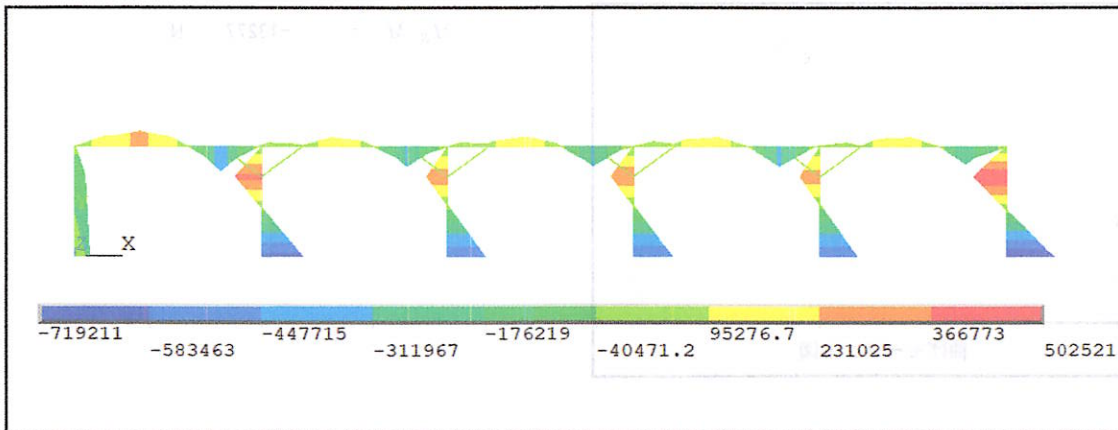


图2-7-2 架台の曲げモーメント図

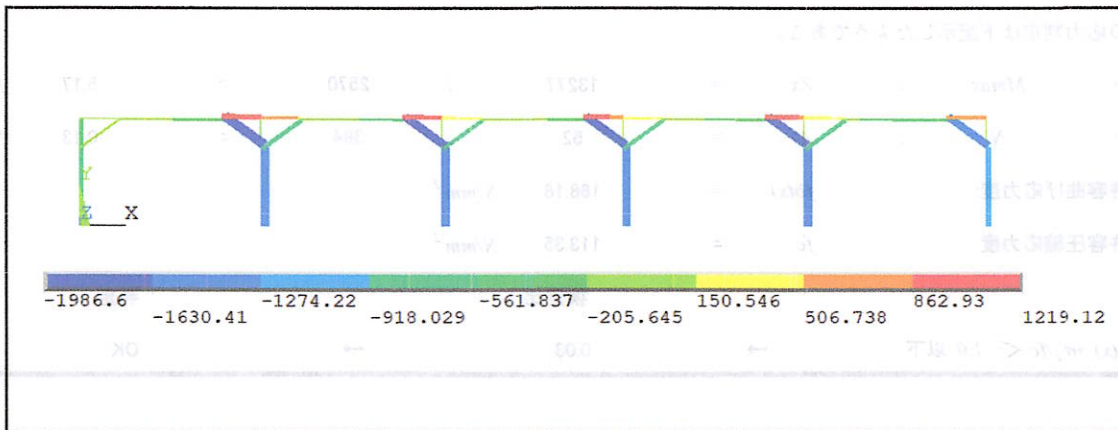


图2-7-3 架台の軸力図

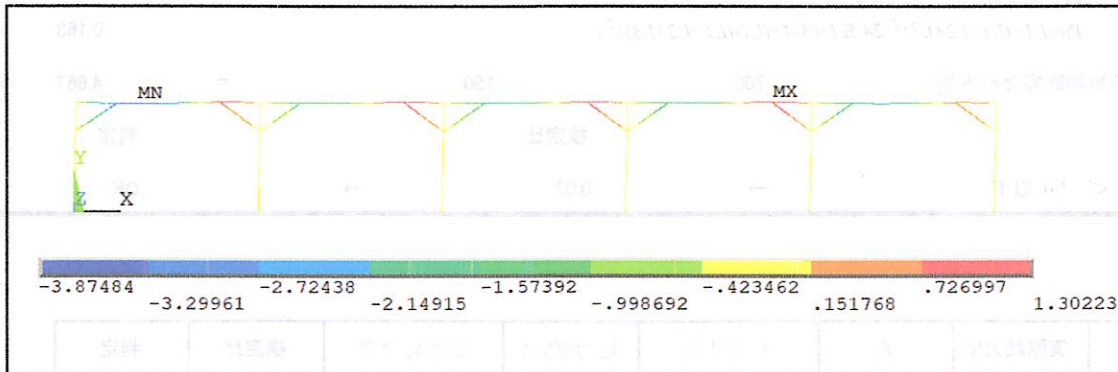


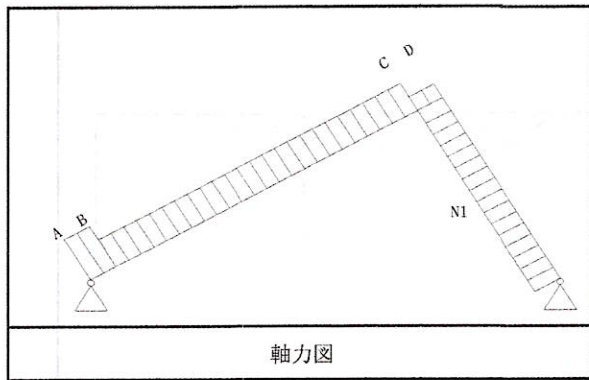
图2-7-4 架台変形の見取図

反力の算出(つり合い式より算出)

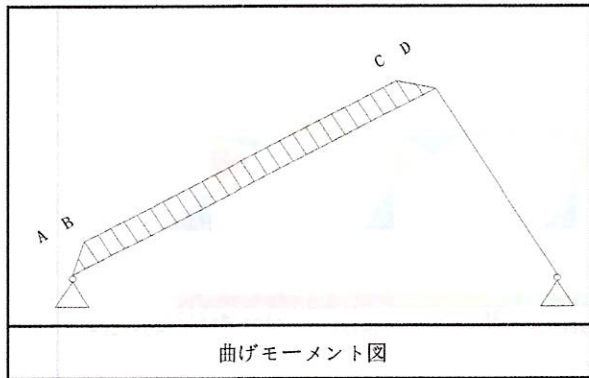
$R_x(max)$	-555	N							
$R_y(max)$	1576	N							
<p>縦材I (参考図2-7-2~4)</p> <p>図2-7-2及び2-7-3より、縦材の応力判定は下記示したようである。</p>									
$\sigma_x =$	$Mmax$	/	Zx	=	410189	/	16212	=	25.30 N/mm^2
$\sigma_c =$	N	/	A	=	403	/	568	=	0.71 N/mm^2
短期許容曲げ応力度:			$fb(x)$	=	171.51	N/mm^2			
短期許容圧縮応力度			fc	=	34.53	N/mm^2			
					検定比				判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下				→	0.17			→	OK
<p>図2-7-4より、縦材のたわみ判定は下記示したようである。</p>									
$\delta =$									3.900 mm
縦材の短期許容たわみ $[\delta]$:			2542	/		150		=	16.947 mm
					検定比				判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下				→	0.23			→	OK
<p>支柱III:</p> <p>図2-7-2及び2-7-3より、支柱の応力判定は下記示したようである。</p>									
$\sigma_x =$	$Mmax$	/	Zx	=	719211	/	31855	=	22.58 N/mm^2
$\sigma_c =$	N	/	A	=	1576	/	987	=	1.60 N/mm^2
短期許容曲げ応力度:			$fb(x)$	=	173.15	N/mm^2			
短期許容圧縮/引張応力度			fc	=	72.19	N/mm^2			
					検定比				判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下				→	0.15			→	OK
<p>支柱II (参考図2-7-3)</p>									
	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定		
支柱II	1987	373.6649	軸向圧力	5.32	96.74	0.05	OK		

§ 3. 各部の検定値一覧

荷重类别	名称		種別	応力	許容応力	応力検定	判定
G+S	横梁	強軸	曲げ	7.87	112.58	0.10	OK
		弱軸	曲げ	3.18	112.85		
	縦梁I	曲げ	12.27	114.34	0.13	OK	
		圧縮/引張	0.46	23.02			
	縦梁II	曲げ	4.83	112.12	0.05	OK	
		圧縮/引張	0.42	75.57			
	支柱I	圧縮/引張	0.66	115.58	0.01	OK	
	支柱II	圧縮/引張	3.64	64.49	0.06	OK	
	支柱III	曲げ	10.32	115.43	0.12	OK	
		圧縮/引張	1.56	48.13			
G+S	横梁	強軸	曲げ	34.52	168.87	0.29	OK
		弱軸	曲げ	13.94	169.27		
	縦梁I	曲げ	53.79	171.51	0.37	OK	
		圧縮/引張	2.04	34.53			
	縦梁II	曲げ	21.18	168.18	0.14	OK	
		圧縮/引張	1.86	113.35			
	支柱I	圧縮/引張	2.89	173.37	0.02	OK	
	支柱II	圧縮/引張	15.97	96.74	0.17	OK	
	支柱III	曲げ	45.24	173.15	0.36	OK	
		圧縮/引張	6.86	72.19			
G+W+	横梁	強軸	曲げ	45.86	168.87	0.29	OK
		弱軸	曲げ	3.18	169.27		
	縦梁I	曲げ	72.37	171.51	0.48	OK	
		圧縮/引張	2.17	34.53			
	縦梁II	曲げ	28.15	168.18	0.18	OK	
		圧縮/引張	1.03	113.35			
	支柱I	圧縮/引張	3.84	173.37	0.02	OK	
	支柱II	圧縮/引張	16.26	96.74	0.17	OK	
	支柱III	曲げ	59.77	173.15	0.42	OK	
		圧縮/引張	5.34	72.19			
	横梁	強軸	曲げ	45.97	168.87	0.29	OK
		弱軸	曲げ	3.18	169.27		



$$\begin{aligned}
 N_{A-B} &= -396 \quad \text{N} \\
 N_{B-C} &= -339 \quad \text{N} \\
 N_{C-D} &= -281 \quad \text{N} \\
 N1 &= -1474 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$



$$M_B = M_C = -72335 \quad \text{N}$$

縦材II

縦材の応力判定は下記示したようである。

$$\begin{aligned}
 \sigma_x &= \frac{M_{max}}{Z_x} = \frac{72335}{2570} = 28.15 \quad \text{N/mm}^2 \\
 \sigma_c &= \frac{N}{A} = \frac{396}{384} = 1.03 \quad \text{N/mm}^2 \\
 \text{短期許容曲げ応力度: } &fb(x) = 168.18 \quad \text{N/mm}^2 \\
 \text{短期許容圧縮応力度} &fc = 113.35 \quad \text{N/mm}^2
 \end{aligned}$$

検定比	判定
$\sigma_x / fb(x) + \sigma_c / fc < 1.0$ 以下	OK

縦材のたわみ判定は下記示したようである。

$$\delta = \frac{Pu \times L1 \times (L1 + L2 + L3)^2}{24 \times EI \times (3 - 4 \times (L1 / (L1 + L2 + L3))^2)} = 0.888 \quad \text{mm}$$

縦材の短期許容たわみ $[\delta]$: $\frac{700}{150} = 4.667 \quad \text{mm}$

検定比	判定
$\delta / [\delta] < 1.0$ 以下	OK

支柱I

	実際軸力N	A	軸力性質	応力度N/A	許容応力度	検定比	判定
支柱I	1474	384	軸向圧力	3.84	173.37	0.02	OK

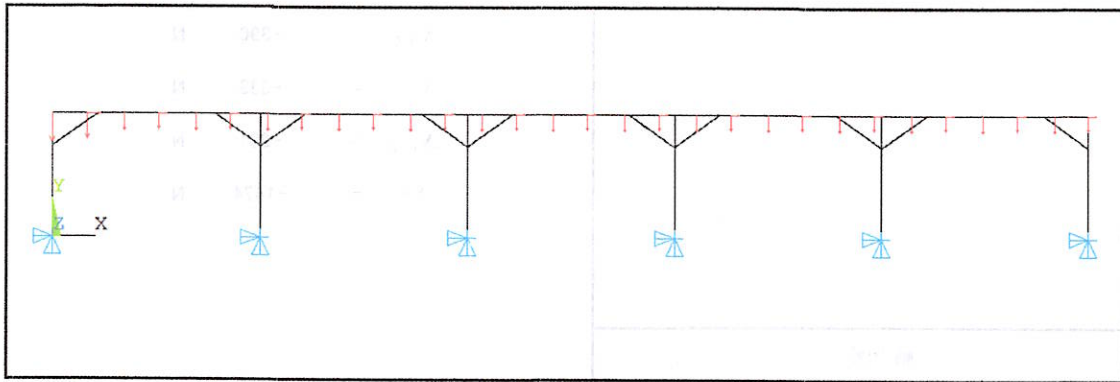


圖2-5-1 架台分析模型及設置部反力見取圖

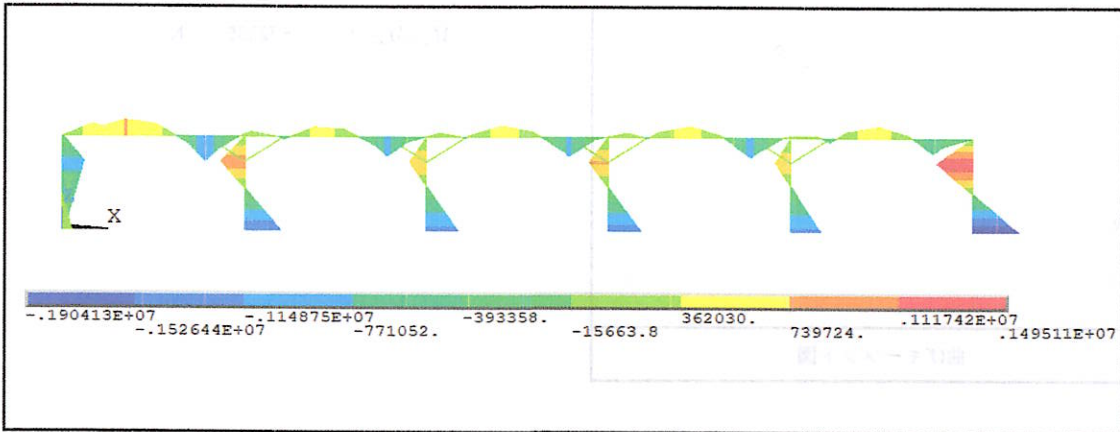


圖2-5-2 架台的曲げモーメント図

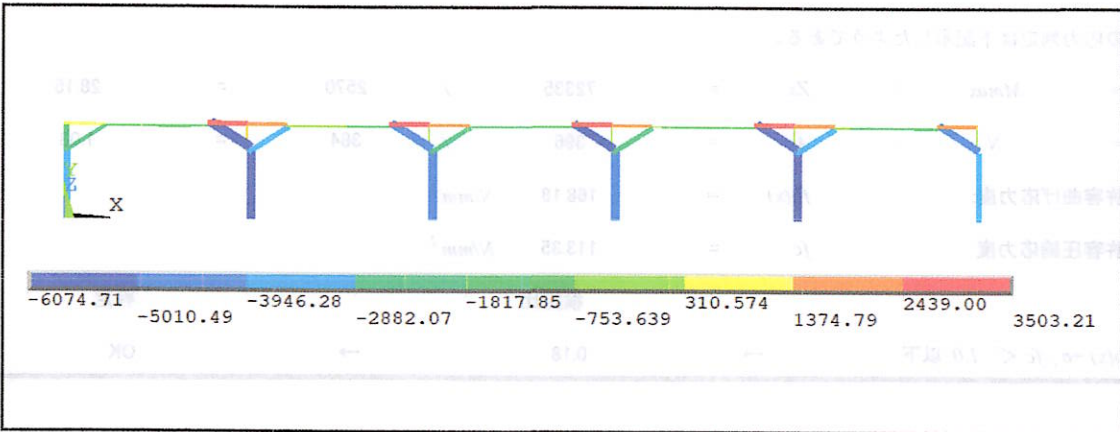


圖2-5-3 架台の軸力図



圖2-5-4 架台変形の見取図

G+W-	縦梁I	曲げ	80.29	171.51	0.67	OK	
		圧縮/引張	6.98	34.53			
	縦梁II	曲げ	28.21	168.18	0.17	OK	
		圧縮/引張	0.73	113.35			
	支柱I	圧縮/引張	3.85	175.00	0.02	OK	
	支柱II	圧縮/引張	17.12	175.00	0.10	OK	
支柱III	曲げ	76.28	173.15	0.47	OK		
	圧縮/引張	5.25	175.00				
G+K	横梁	強軸	曲げ	8.42	168.87	0.06	OK
		弱軸	曲げ	0.95	169.27		
	縦梁I	曲げ	25.30	171.51	0.17	OK	
		圧縮/引張	0.71	34.53			
	縦梁II	曲げ	5.17	168.18	0.03	OK	
		圧縮/引張	0.13	113.35			
	支柱I	圧縮/引張	0.70	173.37	0.00	OK	
	支柱II	圧縮/引張	5.32	96.74	0.05	OK	
	支柱III	曲げ	22.58	173.15	0.15	OK	
		圧縮/引張	1.60	72.19			

