

maxeon

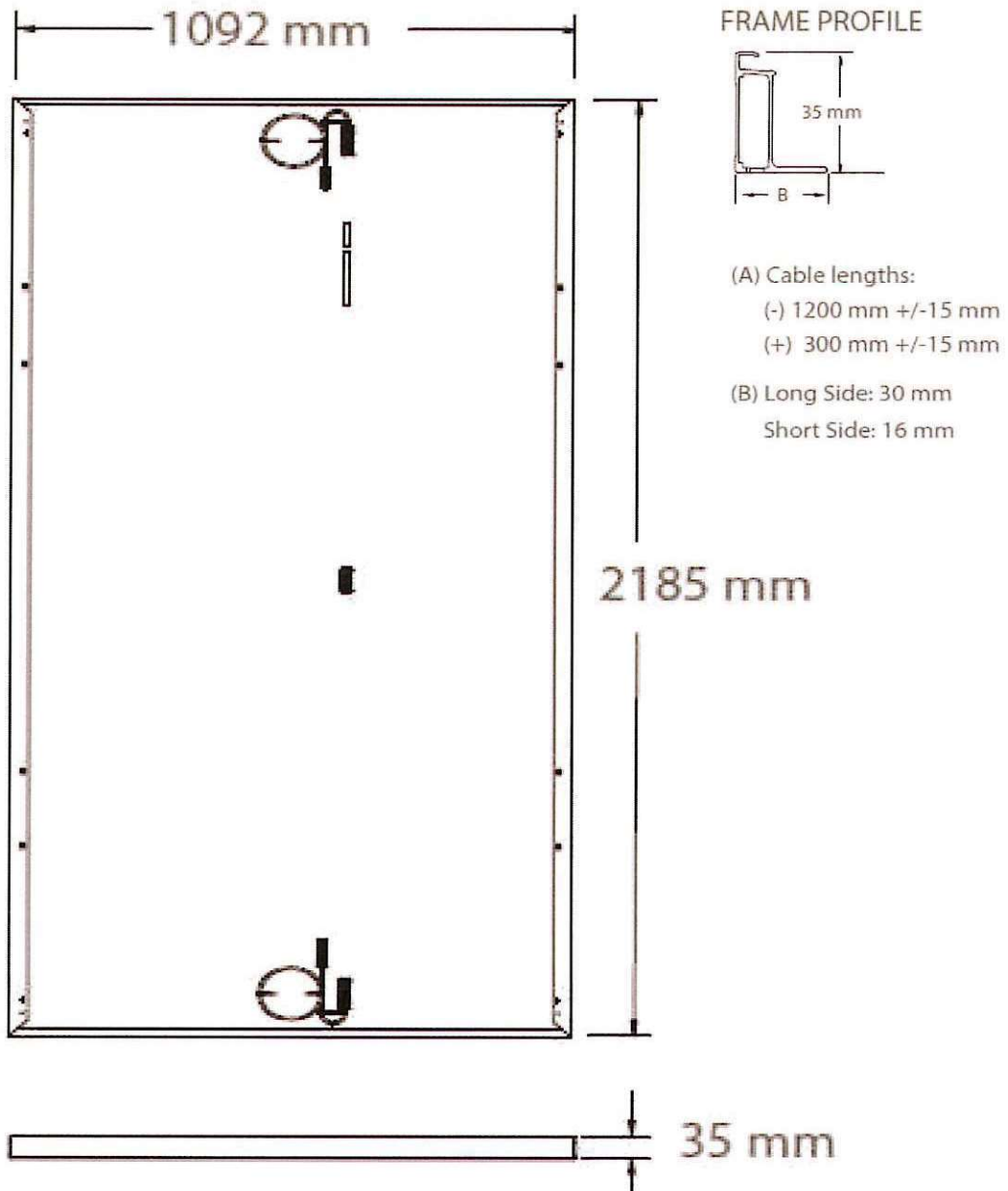
マキシオンジャパン株式会社

太陽光発電モジュール仕様書

製品名 : SPR-P6-500-COM-S-BF (Preliminary)

電気特性					
標準試験条件 (STC) で測定放射照度 1000W/m ² 、AM1.5、セル温度 25°C					
公称電力 (+3/-3%)	P _{nom}	500W	短絡電流	ISC	14.71A
パネル変換効率		21.0%	最大システム電圧	IEC	1500V
セル実効変換効率		22.2%	温度係数	P _{max}	-0.34 %/°C
定格電圧	V _{mpp}	36.2V		V _{oc}	-0.26%/°C
定格電流	I _{mpp}	13.81A		I _{sc}	0.05 % / °C
開放電圧	VOC	43.0V	最大過電流保護定格		25A
表面及び裏面を合わせた電気特性					
P _{max} BIF05		525W	I _{sc} BIF05		15.44A
P _{max} BIF10		550W	I _{sc} BIF10		16.18A
P _{max} BIF20		600W	I _{sc} BIF20		17.65A
機械特性					
ソーラーセル	単結晶、両面受光型、シングルドテクノロジー				
両面ガラス	反射防止コート付き、高光透過性強化ガラス				
ジャンクションボックス	IP-68、3 バイパスダイオード				
出力ケーブル	1200mm 長ケーブル(-) / 300mm 長ケーブル(+)				
コネクタ	コネクタ : Renhe RHC2またはZerun Z4S、Stäubli Evo2				
フレーム	陽極酸化処理されたアルミフレーム (シルバー)				
最大負荷	風 : 2400 Pa、245 kg/m ² (表面・裏面) 雪 : 5400 Pa、550 kg/m ² (表面)				
重量	29.6kg				
保証および認証					
保証	25 年出力保証、25 年製品保証				

太陽電池モジュール寸法及びフレーム断面図



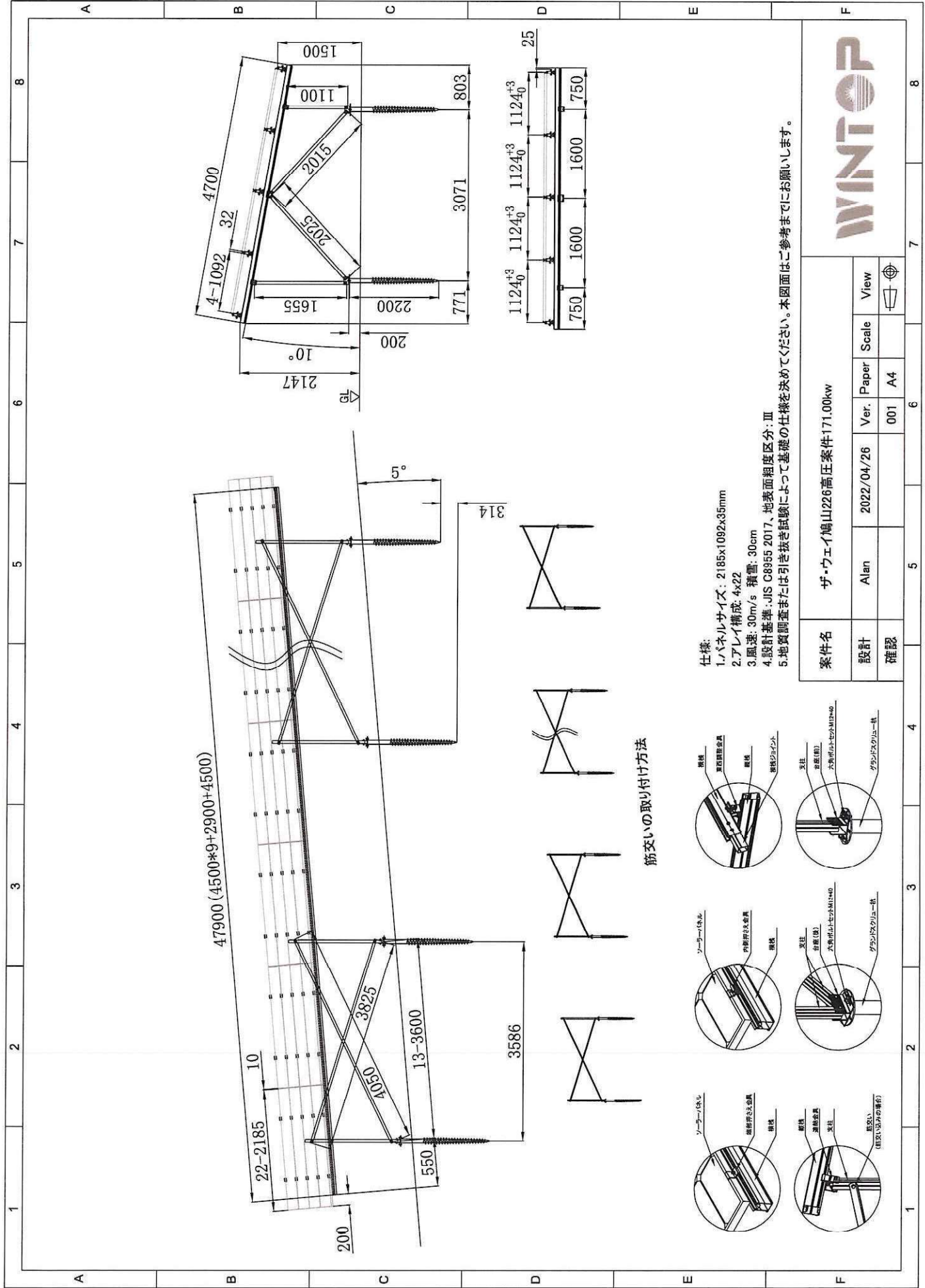
maxeon

お問い合わせ

マキシオンジャパン株式会社
〒108-0075 東京都港区港南2-16-1
品川イーストワンタワー7階

Tel: 03-6894-4010

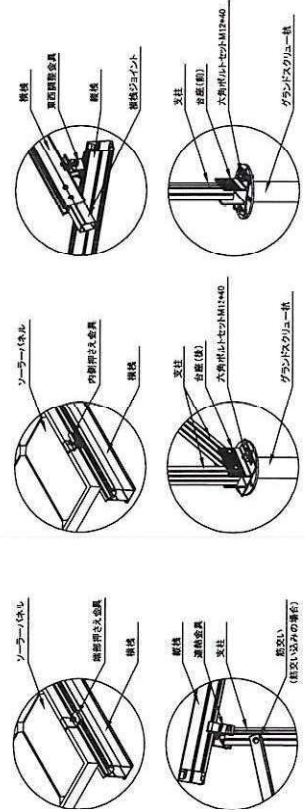
sunpower.maxeon.com/jp/



仕様:

1. パネルサイズ: 2185x1092x35mm
2. アレイ構成: 4x22
3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
4. 設計基準: JIS C8955 2017, 地表面粗度区分: III
5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面はご参考までにご利用します。

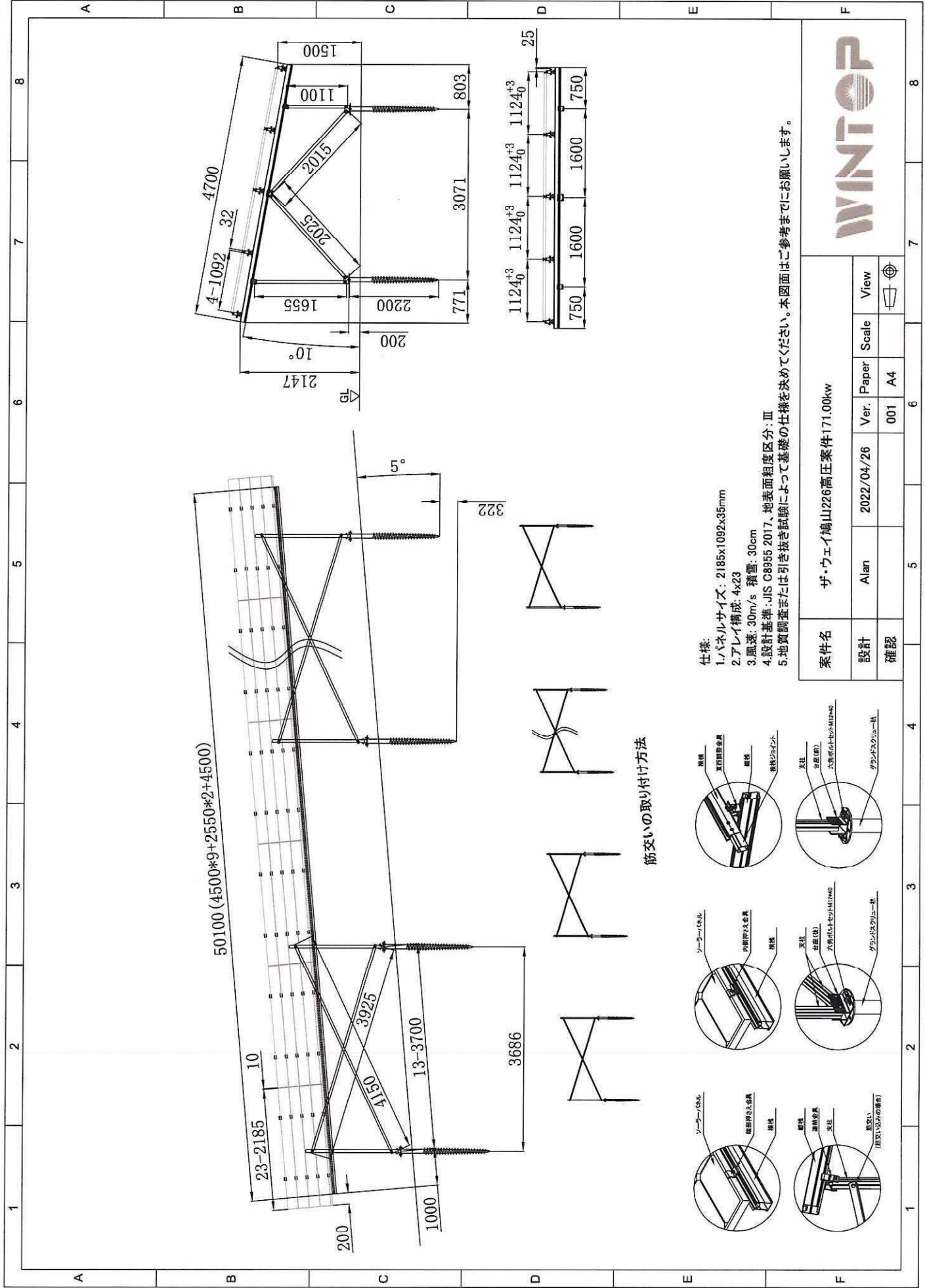
筋交いの取り付け方法



案件名 ザ・ウェイ鳩山226高圧案件171.00kw

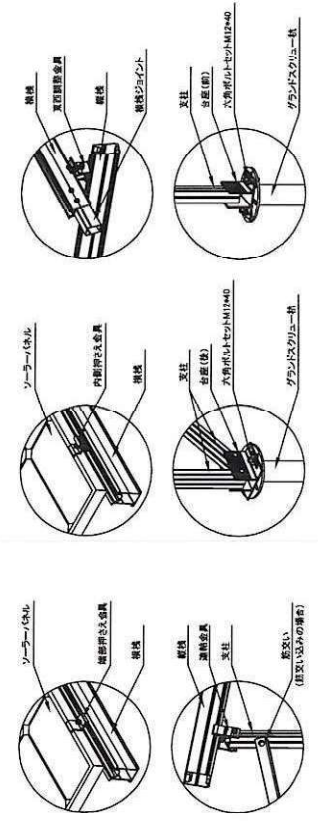
設計	Alan	2022/04/26	Ver.	001	Paper	A4	Scale	View
確認								





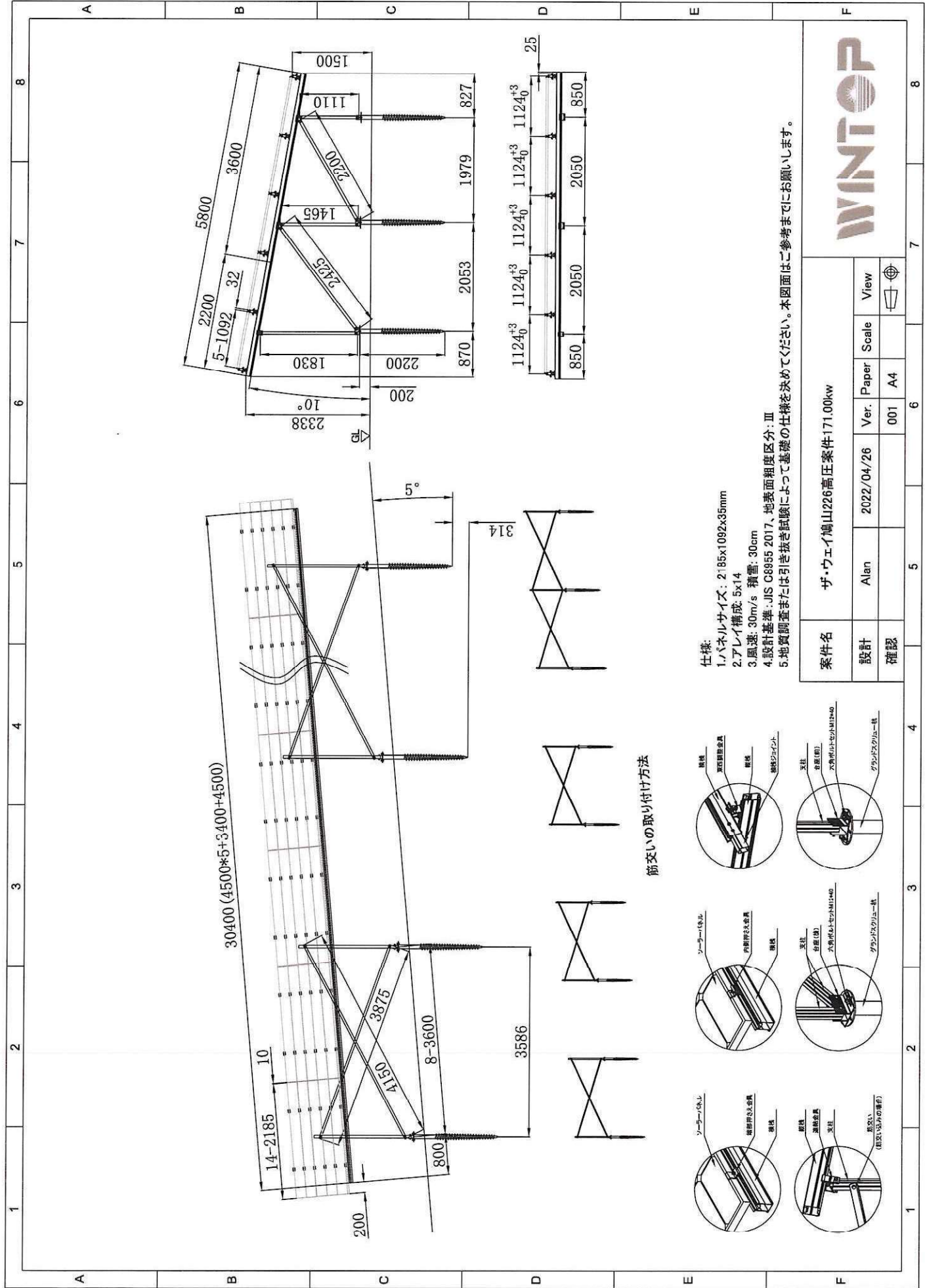
仕様:
 1. パネルサイズ: 2185x1092x35mm
 2. アレイ構成: 4x23
 3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
 4. 設計基準: JIS C8955 2017. 地表面粗度区分: III
 5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面はご参考までにご利用します。

筋交いの取り付け方法



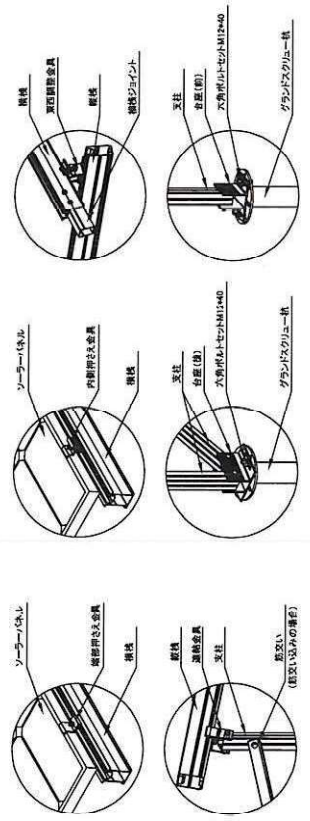
案件名	ザ・ウェイ鳩山226高圧案件171.00kw			
設計	Alan	2022/04/26	Ver.	001
確認			Paper	A4
			Scale	View





- 仕様:
1. パネルサイズ: 2185x1092x35mm
 2. アレイ構成: 5x14
 3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
 4. 設計基準: JIS C8955 2017, 地表面粗度区分: III
 5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面はご参考までにご利用します。

筋交いの取り付け方法



案件名 ザ・ウェイ鳩山226高圧案件171.00kw

設計	Alan	Ver.	2022/04/26	Paper	Scale	View
確認		001	A4			



Xiamen Wintop New Energy Tech. Co., Ltd

強度計算書

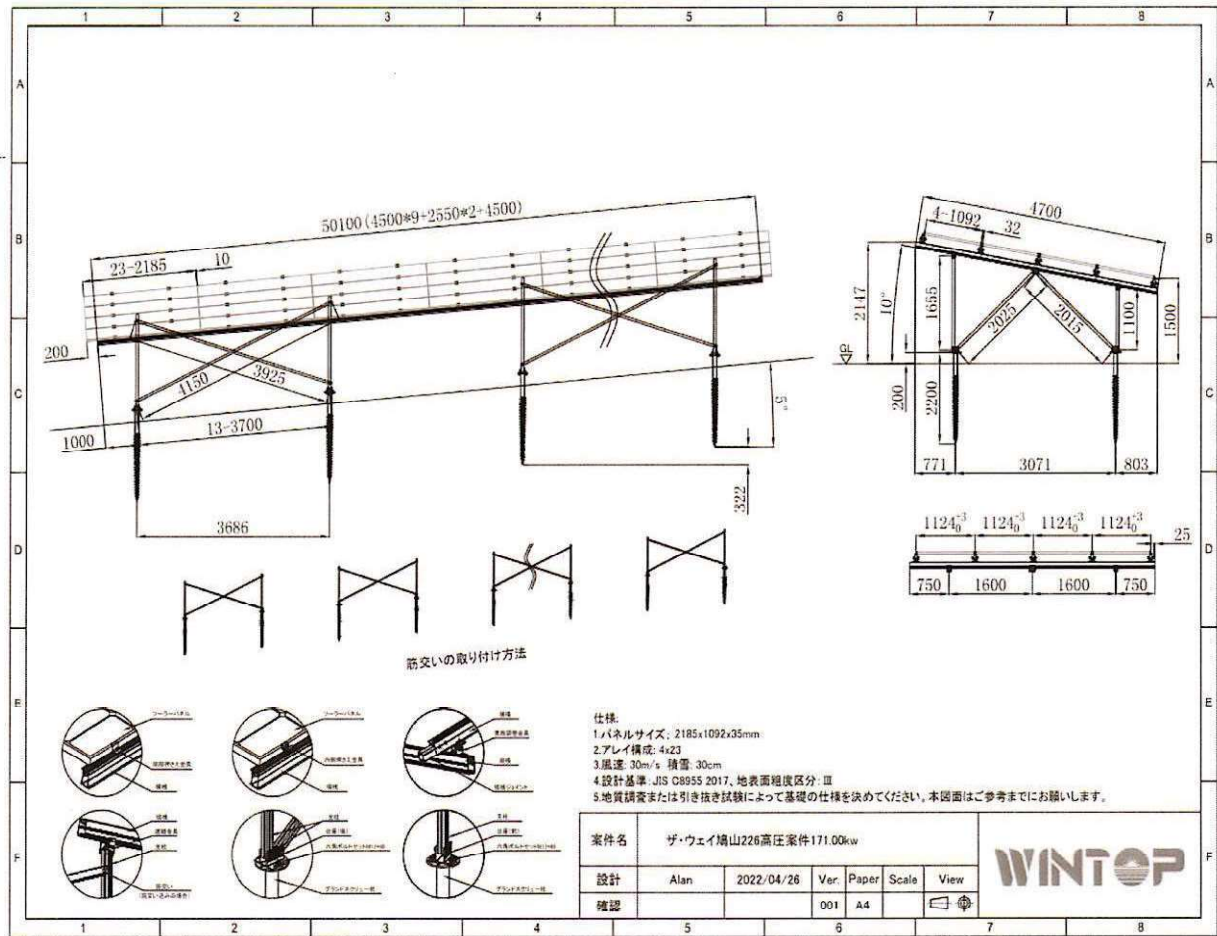
目次

1	設計条件	.....	2
2	架台図面	.....	3
3	架構材料	.....	4
4	荷重条件と荷重との組合せ	.....	8
5	固定荷重	.....	8
6	風圧荷重	.....	9
7	積雪荷重	.....	13
8	設計用地震荷重	.....	14
9	主なパーツの強度計算	.....	16
	9.1 レール験算	.....	16
	9.2 主材験算	.....	18
	9.3 支柱の検討	.....	20
	9.4 ボルトの検討	.....	22

1 設計条件

a) パネル規格	2185 x 1092 x 35 mm
b) パネル重量	29.6 kg/枚
c) 置き方	横置き
d) パネル枚数	4 x 23 = 92
e) 設置角度 θ	10 °
f) 設計用基準風速	30 m/s
g) 地上垂直積雪量	30 cm
h) 地表面粗粒度区分	Ⅲ
i) アレイ面の平均地上高	1.9 m
j) 設置場所	地上
k) 用途係数	1.0
l) 地震設計用水平震度	0.3
m) 準拠規準	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)
n) 参考規準	アルミニウム建築構造設計規準・同解説 (平成28年3月) アルミニウム及びアルミニウムの押出型材 (JIS H 4100) 国土交通省告示第409号 (平成14年)

2 架台図面



3 架構材料

3.1 使用材料

- a) アルミ合金 AL6005-T5 (JIS H4100 6N01-T5) 同等品
- b) 鋼材 Q235 (JIS G3101 SS400) 同等品
- c) ボルト SUS304 (JIS G 4305) 同等品

3.2 材料の許容応力度

a) アルミ合金

アルミニウム建築構造設計基準・同解説(平成28年3月)

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
アルミ合金	AL6005-T5	205	136	78	136
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			205	118	205

b) 鋼材

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
鋼材	Q235 (SS400)	235	156	90	156
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			235	135	235

c) ボルト

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
ボルト	SUS304 (A2-70)	450	-	173	300
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			-	259	450

許容応力度は、次による。

a) 構造用鋼材 長期荷重の設計応力に対する構造用鋼材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合は、長期荷重の場合の 1.5 倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (21)$$

ただし、 $0.7\sigma_B / 1.5$ 以下

2) 許容圧縮応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (22)$$

3) 許容曲げ応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (23)$$

4) 許容せん断応力度

$$\sigma_y / (1.5 \times \sqrt{3}) \dots\dots\dots (24)$$

ただし、 $0.7\sigma_B / (1.5 \times \sqrt{3})$ 以下

5) 許容支圧応力度

$$1.1\sigma_y \dots\dots\dots (25)$$

ここに、 σ_y : 材料の降伏点応力度 ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)
 σ_B : 材料の引張強さ ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)

b) 構造用アルミニウム合金材 長期荷重の設計応力に対する構造用アルミニウム合金材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合は、長期荷重の場合の 1.5 倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (26)$$

ただし、 $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

2) 許容せん断応力度

$$\sigma_{0.2} / (1.5 \times \sqrt{3}) \dots\dots\dots (27)$$

ただし、 $(5\sigma_B / 6) \times [1 / (1.5 \times \sqrt{3})]$ 以下

3) 許容圧縮応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (28)$$

ただし、 $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

4) 許容曲げ応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (29)$$

ただし、 $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

5) 許容支圧応力度

5.1) ピン及び接触部

$$\sigma_{0.2} / 1.1 \dots\dots\dots (30)$$

ただし、 $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.1)$ 以下

5.2) 滑り支承又はローラ支承部

$$1.9\sigma_{0.2} \dots\dots\dots (31)$$

ここに、 $\sigma_{0.2}$: 最小耐力値 ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)

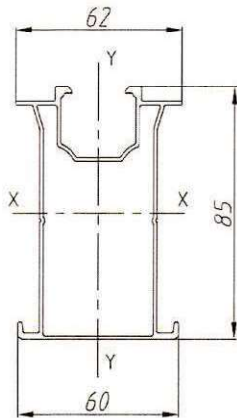
3.3 材料の定数

使用材料	材質	ヤング係数 (E) N/mm ²	ポアソン比 ν	線膨張比率 (α) I/° C
アルミ合金	AL6005-T5	70000	0.33	2.35E-05
鋼材	Q235	205000	0.3	1.00E-05

3.4 部材諸元

a) レール R007

材質：AL6005-T5； $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$ ； $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ ； $L = 50100 \text{ mm}$ ；
米重 = $468.2465 \times 2.71/1000 = 1.269 \text{ Kg/m}$

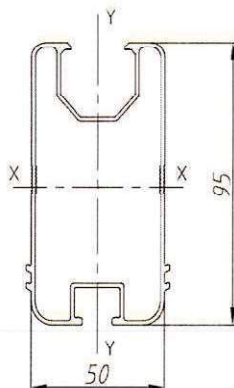


断面幾何学パラメータ (mm)

A	468.2465	I_p	636521.7992
I_x	456646.3245	I_y	179875.4747
i_x	31.2286	i_y	19.5997
Z_x (上)	10746.0607	Z_y (左)	5802.4347
Z_x (下)	10743.1785	Z_y (右)	5802.4347
図心から左縁までの距離	31.0000	図心から右縁までの距離	31.0000
図心から上縁までの距離	42.4943	図心から下縁までの距離	42.5057

b) 主材 B002

材質：AL6005-T5； $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$ ； $E = 70000 \text{ N/mm}^2$ ； $L = 4700 \text{ mm}$ ；
米重 = $549.4412 \times 2.71/1000 = 1.489 \text{ Kg/m}$



断面幾何学パラメータ (mm)

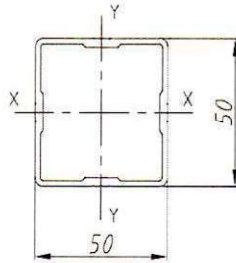
A	549.4412	I_p	828357.3643
I_x	615062.1562	I_y	213295.2081
i_x	33.4579	i_y	19.7029
Z_x (上)	12698.4093	Z_y (左)	7899.8225
Z_x (下)	13209.0078	Z_y (右)	7899.8225
図心から左縁までの距離	27.0000	図心から右縁までの距離	27.0000
図心から上縁までの距離	48.4362	図心から下縁までの距離	46.5638

c) 後支柱 L002

材質 : AL6005-T5 ; $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$; $E = 70000 \text{ N/mm}^2$; $L = 1655 \text{ mm}$;

米重 = $429.4363 \times 2.71/1000 = 1.164 \text{ Kg/m}$

断面幾何学パラメータ (mm)



A	429.4363	I_p	314302.7881
I_x	157151.3941	I_y	157151.3940
i_x	19.1298	i_y	19.1298
Z_x (上)	6286.0558	Z_y (左)	6286.0558
Z_x (下)	6286.0558	Z_y (右)	6286.0558
図心から左縁までの距離	25.0000	図心から右縁までの距離	25.0000
図心から上縁までの距離	25.0000	図心から下縁までの距離	25.0000

4 荷重条件と荷重との組合せ

荷重条件及び荷重の組合せは、表4-1 による。

表4-1 荷重条件及び荷重の組合せ

荷重条件		区分	
		一般の地方	多雪区域
長期	常時	G	G
	積雪時		G+0.7S
短期	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	

同表は建築基準法施行令 82 条の 1 をもとに積載 荷重を除外して作成されている。なお、多雪区域とは、次に示す条件のいずれかに該当する区域とする。

- ・4.3 c) による垂直積雪量が 1m以上の区域
- ・積雪の初終間日数の平均値が 30 日以上の区域。

これらの多雪区域の定義は、平成 12 年建設省告示第 1455 号の第 1 に基づいている。なお、積雪の初終間日数とは、同告示では「当該区域中の積雪部分の割合が 1/2 を超える状態が継続する期間の日数をいう」としている。

5 固定荷重

モジュール重量	$G1 = 29.6 \times 92 \times 9.8 = 26687.4 \text{ N}$
レール総重量	$G2 = 5 \times 1.269 \times 50.1 \times 9.8 = 3115 \text{ N}$
主材総重量	$G3 = 14 \times 1.489 \times 4.7 \times 9.8 = 960 \text{ N}$
レールにかかる固定荷重	$G4 = G1 + G2 = 26687 + 3115 = 29803 \text{ N}$
主材にかかる固定荷重	$G5 = G3 + G4 = 960 + 29803 = 30763 \text{ N}$

6 風圧荷重

6.1 設計用風圧荷重

アレイに作用する設計用風圧荷重は、式(1)によって算出する。

$$W_p = C_w \times q_p \times A_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W_p : 設計用風圧荷重 (N)
 C_w : 風力係数
 q_p : 設計用速度圧 ($N \cdot m^{-2}$)
 A_w : 受風面積 (m^2) (アレイを構成する全モジュールの合計面積)

6.2 設計用速度圧

$$q_p = 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 q_p : 設計用速度圧 ($N \cdot m^{-2}$)
 V_0 : 設計用基準風速 ($m \cdot s^{-1}$)
 E : 環境係数
 I : 用途係数

a) 設計用基準風速

設計用基準風速は建設地点の地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度などの風の性状に応じて、30m/s ~ 46m/s の範囲内において定めた JIS C 8955:2017 の表6-1 (ここでは省略) に示される設計用基準風速を用いる。

b) 環境係数 環境係数は、式(3)によって算出する。

$$E = E_r^2 \times G_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 E : 環境係数
 E_r : 式(4)又は式(5)によって算出する平均風速の高さ方向の分布を表す係数
 G_f : ガスト影響係数
 (地表面粗粒度区分係数 III → 2.50)

地表面粗度区分	アレイ面の平均地上高 H (m)		
	10以下の場合	10を超え40未満の場合	40以上の場合
	(1)	(2)	(3)
I	2.0	(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		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

E_r は、 H が Z_b 以下の場合は式(4)、 H が Z_b を超える場合は式(5)によって算出する。

$$E_r = 1.7 \left[\frac{Z_b}{Z_G} \right]^\alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$E_r = 1.7 \left[\frac{H}{Z_G} \right]^\alpha \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 Z_b 、 Z_G 及び α ：地表面粗度区分に応じて表6-2に掲げる数値
 H ：アレイ面の平均地上高 (m)

表6-2 Z_b 、 Z_G 及び α				
地表面粗度区分		Z_b (m)	Z_G (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	0.10
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	0.20
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

ここに、地表面粗度区分係数 III に応じて：

$$Z_b = 5, \quad Z_G = 450, \quad \alpha = 0.2$$

$$\text{従って } H = 1.9 < Z_b = 5 ;$$

$$E_r = 1.7 \left[\frac{Z_b}{Z_G} \right]^\alpha = 0.691$$

$$E = E_r^2 \times G_f = 1.194$$

c) 用途係数I 用途係数は、表6-3 による。

表6-3 用途係数

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	1.0
注記 通常の太陽光発電システムの風速の設計用再現期間を 50 年とし、これが用途係数の 1.0 に相当する。	

ここは通常の太陽光発電システム用途係数の 1.0 をとる

6.3 風力係数 C_w

6.3.1 モジュール面の風力係数

モジュール面の風力係数は、風洞実験によって定める。ただし、表6-4 に示す設置形態の場合は、近似式(6)～(7)によって算出するか又は当該表の注記に示す数値を使用してもよい。

地上設置 順風（正圧）の場合、式(6)による。

$$C_w = 0.35 + 0.055 \theta - 0.0005 \theta^2 \dots\dots\dots (6)$$

ただし、 $5 \text{ 度} \leq \theta \leq 60 \text{ 度}$

地上設置 逆風（負圧）の場合、式(7)による。

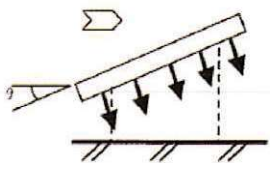
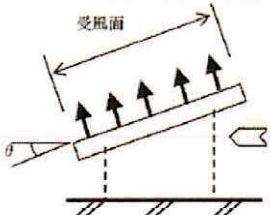

$$C_w = 0.85 + 0.048 \theta - 0.0005 \theta^2 \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 $5 \text{ 度} \leq \theta \leq 60 \text{ 度}$

順風の場合 $C_w = 0.35 + 0.055 \times 10 - 0.0005 \times 10^2 = 0.85$

逆風の場合 $C_w = 0.85 + 0.048 \times 10 - 0.0005 \times 10^2 = 1.28$

表6-4 太陽電池モジュール面の風力係数

風力係数 (C_a)		適用
順風（正圧）	逆風（負圧）	
		図 6-1 で定義する中央部アレイでは、近似式の値を 0.6 倍して使用してもよい。
注記  は風向、 \rightarrow は風圧力の方向を表す。		

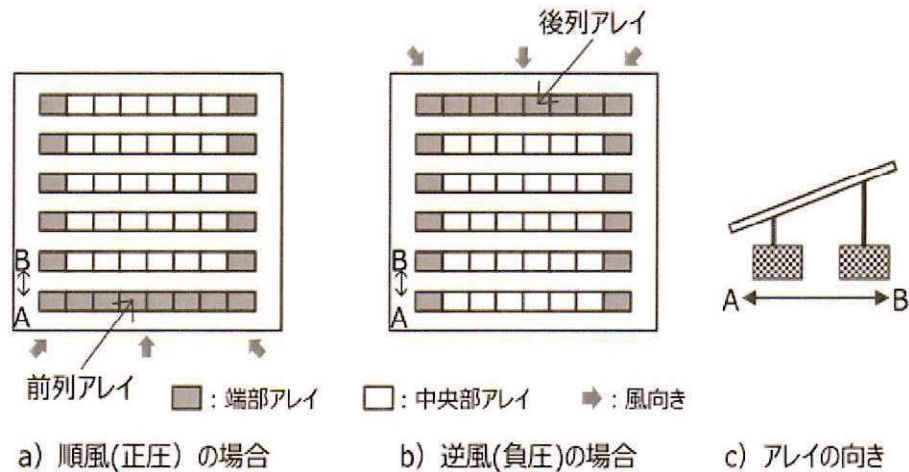


図 6-1 端部アレイおよび中央部アレイ

6.4 受風面積 A_w

$$A_w = 2.185 \times 1.092 \times 4 \times 23 = 219.51 \text{ m}^2$$

モジュールに加わる風圧力（順風場合）を風圧荷重 W_p と想定する

$$\begin{aligned}
 W_p &= C_w \times 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \times A_w \\
 &= 0.85 \times 0.6 \times 30^2 \times 1.194 \times 1.0 \times 219.51 = 120342 \text{ N}
 \end{aligned}$$

支持物に加わる風圧力（逆風場合）を風圧荷重 W_p' と想定する

$$\begin{aligned}
 W_p' &= C_w \times 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \times A_w \\
 &= 1.28 \times 0.6 \times 30^2 \times 1.194 \times 1.0 \times 219.51 = 181220 \text{ N}
 \end{aligned}$$

水平方向風圧力

$$\text{順風 } W_{p1} = W_p \times \sin \theta = 120342 \times \sin 10^\circ = 20897 \text{ N}$$

$$\text{逆風 } W_{p1}' = W_p' \times \sin \theta = 181220 \times \sin 10^\circ = 31469 \text{ N}$$

鉛直方向風圧力

$$\text{順風 } W_{p2} = W_p \times \cos \theta = 120342 \times \cos 10^\circ = 118513 \text{ N}$$

$$\text{逆風 } W_{p2}' = W_p' \times \cos \theta = 181220 \times \cos 10^\circ = 178467 \text{ N}$$

7 積雪荷重

設計用積雪荷重は、式 (8) によって算出する。

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 S_p : 積雪荷重 (N)

C_s : こう配係数

P : 雪の平均単位荷重 (積雪1cm当たり $N \cdot m^{-2}$)

Z_s : 地上垂直積雪量 (m)

A_s : 積雪面積 (アレイ面の水平投影面積、 m^2)

太陽電池アレイに作用する積雪荷重は、地上垂直積雪量に雪の平均単位荷重を乗じて地上積雪重量を算定し、その重量に勾配係数を乗じることによってアレイ面に作用する積雪荷重を算定する考え方に基づいている。なお、式(8)の最後に乗じる「100」は、地上垂直積雪量の単位をmからcmに変換するための数値である。

a) こう配係数

こう配係数 C_s は、1.0 とする。ただし、アレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合には、式(9)あるいは式(10)によって算出することができる。

$$C_s = \sqrt{[\cos(1.5\theta)]} \dots\dots\dots (9)$$
$$= \sqrt{[\cos(1.5 \times 10)]} = 0.983$$

ここに、 θ : アレイ面の傾斜角度 (度)

ただし、 $0 \leq \theta \leq 60$

$$C_s = 0 \dots\dots\dots (10)$$

ただし、 $\theta > 60$

b) 雪の平均単位荷重

式 (8) において、雪の平均単位荷重 (P) は、積雪1cmごとに $1m^2$ につき、一般の地方では20N以上、多雪地域では30N以上とする。

c) 積雪量

アレイ面の設計用積雪量は地上における垂直積雪量 (Z_s) とし、式(11)によって計算した積雪量に当該区域における局所的地形要因による影響を考慮する。ただし、当該区域又はその近傍の区域の気象観測地点における、地上積雪深の観測資料に基づき、統計処理を行うなどの手法によって、当該区域における 50 年再現期待値を求めることができる場合には、当該手法によることができる。

$$Z_s = \alpha \times l_s + \beta \times r_s + \gamma \dots\dots\dots (11)$$

ここに、 l_s : 区域の標準的な標高 (m)

r_s : 区域の標準的な海率 [区域に応じて JIS C 8955:2017]

の表 8 に示す R の欄に掲げる半径 (km) の円の面積に対する当該円内の海その他これに類するものの面積の割合]
 α, β, γ : 各区域の積雪量を表すパラメータは省略 (JIS C 8955:2017 の表 8 参照)

本設計において積雪量は上式によらず、県知事が定める数値に基づき、

$Z_s = 30$ cm とする。

$C_s = 0.983$

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s = C_s \times P \times Z_s \times A_w \times \cos\theta$$

$$= 0.983 \times 20 \times 30 \times 219.51 \times \cos 10^\circ = 127478 \text{ N}$$

8 設計用地震荷重

設計用地震荷重は、一般の地方では式 (12)、多雪区域では式 (13) によって算出する。

$$K_p = k_p \times G \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$K_p = k_p \times (G + 0.35S) \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 K_p : 設計用地震荷重 (N)

k_p : 設計用水平震度

G : 固定荷重 (N)

S : 積雪荷重 (N)

a) 設計用水平震度

モジュールと支持物で構成される架構部分及び基礎部分の設計用水平震度は、式(14)によって算出する。

$$k_p = k_H \times Z \times I_k \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 k_H : 各部に生じる水平震度であり、表8-1 に掲げる数値

Z : 地震地域係数

I_k : 用途係数

$$k_p = 0.3 \times 1.0 \times 1.0 = 0.3$$

表8-1 各部に生じる設計用水平震度 k_H

	地上設置
架構部分	0.3 以上
基礎部分	0.3 以上
水平力に対して有効に土が抵抗できる土中にある基礎部分	0.1 以上

地上設置型の太陽光発電システムの設計用水平震度は、建築基準法施行令第 88 条第 2 項及び第 4 項に準じて設定されている。

b) 地震地域係数

地震地域係数は JIS C 8955:2017 の表 10 に従って設定する。（ここでは同表を省略する。）

地震地域係数は、昭和 55 年建設省告示 1793 号第 1 に基づいている。

c) 用途係数

用途係数は、表8-2 による。

表8-2 用途係数

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	1.5
通常設置する太陽光発電システム	1.0

まとめると $K_p = k_p \times G$

$$= 0.3 \times 30763$$

$$= 9229 \text{ N}$$

9 主なパーツの強度計算

9.1 レール驗算

9.1.1 短期

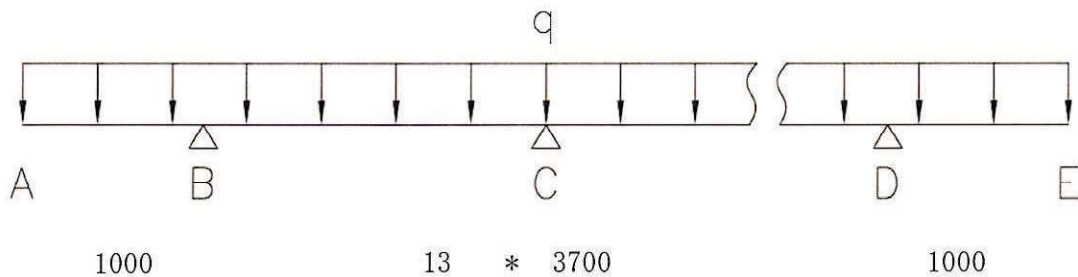
順風場合の総荷重：

$$\begin{aligned} G4+Wp &= 29803 & + & 120342 & = & 150144 & \text{ N} \\ G4+Sp &= 29803 & + & 127478 & = & 157281 & \text{ N} \end{aligned}$$

逆風場合の総荷重：

$$G4-Wp' = 29803 - 181220 = -151418 \text{ N}$$

故に積雪場合だけの架構強度を計算すればいい。



$$F_{\max} = 157281 / 5 = 31456 \text{ N}$$

$$L = 50.10 \text{ m}$$

$$q = 627.9 \text{ N/m}$$

$$Lq = 3.7 \text{ m}$$

$$La = 1 \text{ m}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\ &= 627.9 \times 3.7^2 / 8 / 10.743 \\ &= 100.0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$100.0 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\ &= 627.9 \times 1^2 / 2 / 10.743 \\ &= 29.2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$29.2 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

9.1.2 長期

$$\begin{aligned}G4 &= 29803 \text{ N} \\F &= 29803 / 5 = 5961 \text{ N} \\L &= 50.10 \text{ m} \\q &= 119.0 \text{ N/m} \\Lq &= 3.7 \text{ m} \\La &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q \cdot Lq^2 / 8 / Zx \\&= 119.0 \times 3.7^2 / 8 / 10.743 \\&= 19.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

19.0 / 136 < 1, の為安全範囲以内

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q \cdot La^2 / 2 / Zx \\&= 119.0 \times 1^2 / 2 / 10.743 \\&= 5.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

5.5 / 136 < 1, の為安全範囲以内

9.2 主材驗算

9.2.1 短期

順風場合の総荷重：

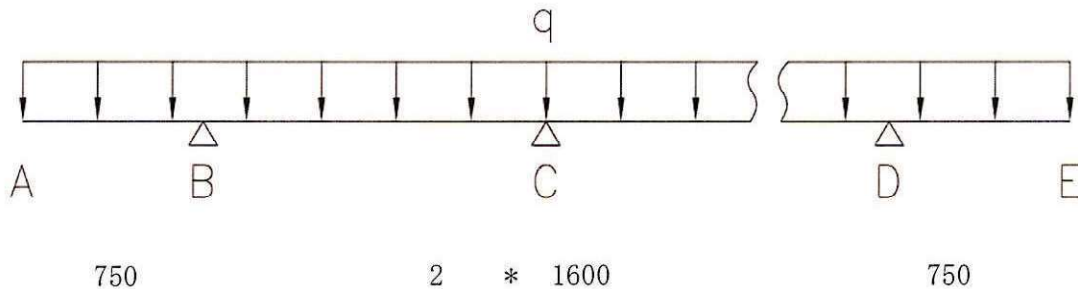
$$G5+Wp = 30763 + 120342 = 151104 \quad \text{N}$$

$$G5+Sp = 30763 + 127478 = 158241 \quad \text{N}$$

逆風場合の総荷重：

$$G5-Wp' = 30763 - 181220 = -150457 \quad \text{N}$$

故に積雪場合だけの架構強度を計算すればいい。



$$F_{\max} = 158241 / 14 = 11303 \quad \text{N}$$

$$L = 4.70 \quad \text{m}$$

$$q = 2404.9 \quad \text{N/m}$$

$$Lq = 1.6 \quad \text{m}$$

$$La = 0.75 \quad \text{m}$$

応力 (真ん中)

$$\sigma_{\max} = q * Lq^2 / 8 / Zx$$

$$= 2404.9 \times 1.6^2 / 8 / 12.698$$

$$= 60.6 \quad \text{N/mm}^2$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$60.6 / 205 < 1$, の為安全範囲以内

応力 (はねだし)

$$\sigma_{\max} = q * La^2 / 2 / Zx$$

$$= 2404.9 \times 0.75^2 / 2 / 12.698$$

$$= 53.3 \quad \text{N/mm}^2$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$53.3 / 205 < 1$, の為安全範囲以内

9.2.2 長期

$$\begin{aligned}G5 &= 30763 \text{ N} \\F &= 30763 / 14 = 2197 \text{ N} \\L &= 4.700 \text{ m} \\q &= 467.5 \text{ N/m} \\Lq &= 1.600 \text{ m} \\La &= 0.75 \text{ m}\end{aligned}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\&= 467.5 \times 1.6^2 / 8 / 12.698 \\&= 11.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

11.8 / 136 < 1, の為安全範囲以内

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\&= 467.5 \times 0.75^2 / 2 / 12.698 \\&= 10.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

10.4 / 136 < 1, の為安全範囲以内

9.3 支柱の検討

前支柱と後支柱は同じ断面形状であり、各支柱に作用する荷重は等しい。

よって、支柱が長い後支柱の方が座屈に対して不利となるため、後支柱のみ計算する。

支柱にかかる総荷重：

順風場合の総荷重：

$$G5+Wp = 151104 \text{ N}$$

$$G5+Sp = 158241 \text{ N}$$

逆風場合の総荷重：

$$G5-Wp' = -150457 \text{ N}$$

以上より、座屈検討には最も荷重が大きくなる積雪時の場合について、

引抜検討には逆風時について、構造的に検討する。

9.3.1 座屈検討

長期に対する許容圧縮応力度は、細長比 λ から、アルミニウム建築構造設計基準に準拠し求める。[平成14年 国土交通省告示第409号]

$$c\lambda \leq c\lambda_p \text{ の場合, } f_c = F/v$$

$$c\lambda_p < c\lambda \leq c\lambda_e \text{ の場合, } f_c = (1 - 0.5(c\lambda - c\lambda_p) / (c\lambda_e - c\lambda_p)) F/v$$

$$c\lambda_e < c\lambda \text{ の場合, } f_c = (1/c\lambda^2) F/v$$

ここに、 f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm^2)

$c\lambda$: 次の式によって計算した軸方向力に係る一般化有効細長比

$$c\lambda = (\lambda k/i) \sqrt{(F/\pi^2/E)}$$

$$= (1324 / 19.130) * \sqrt{(205 / (3.14^2 / 70000))}$$

$$= 1.193$$

$$E: \text{ヤング係数} = 70000 \text{ N}/\text{mm}^2$$

$$F: F \text{値} = 205 \text{ N}/\text{mm}^2$$

$$L: \text{支柱材の長さ} = 1655 \text{ mm}$$

$$\lambda k: \text{有効座屈長さ} = 0.8L = 0.8 \times 1655 = 1324 \text{ mm}$$

※変位に対する条件は拘束、回転に対する条件は1端自由他端拘束であり、推奨値の0.8とする。

$$A: \text{支柱材の断面積} = 429.44 \text{ mm}^2$$

$$i: \text{断面二次半径} = 19.130 \text{ mm}$$

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比 (0.2とする。)

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比 ($1/\sqrt{0.5}=1.414$ とする。)

v: 次の式によって計算した数値 (2.17を超える場合は、2.17とする。)

$$3/2 + 2/3 \times (c\lambda / c\lambda e)^2 = 3/2 + 2/3 \times (1.193 / 1.414)^2 = 1.97$$
$$v = 1.97$$

$c\lambda p < c\lambda \leq c\lambda e$ のため、

$$f_c = (1 - 0.5(c\lambda - c\lambda p) / (c\lambda e - c\lambda p)) F / v$$
$$= 61.37 \text{ N/mm}^2$$

短期許容応力は長期許容応力の1.5倍より、

$$61.37 \times 1.5 = 92 \text{ N/mm}^2$$

後支柱にかかる圧縮応力

$$F_{\max} / n / A = 158241 / 42 / 429.44$$
$$= 8.8 \text{ N/mm}^2 < 92 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

9.3.2 引張応力検討

$$P = F' / n = 150457 / 42 = 3582 \text{ N}$$

引張応力

$$\sigma = P / A = 3582 / 429.44 = 8.3 \text{ N/mm}^2 < 205 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

以上より、支柱は座屈、引張応力の許容値に満足している。

9.4 ボルトの検討

① 端部、中間固定金具の M8 ボルトに対する検討

$$F = |G4-Wp'| / 230 = 151418 / 230 = 658 \text{ N}$$

$$A = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A = 658 / 36.6 = 18 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$18 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

② レール固定金具の M8 ボルトに対する検討

$$F = |G4-Wp'| / 140 = 151418 / 140 = 1082 \text{ N}$$

$$A = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A = 1082 / 36.6 = 30 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$30 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

③ 支柱の M10 ボルトに対する検討

$$F = (G5+Sp) / 2 / 42 = 158241 / 2 / 42 = 1884 \text{ N}$$

$$A = 58 \text{ mm}^2$$

$$\tau = F/A = 1884 / 58 = 32 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容するせん断強度は 259 N/mm^2

$32 / 259 < 1$, の為安全範囲以内

④ アンカーボルトの M12 ボルトに対する検討

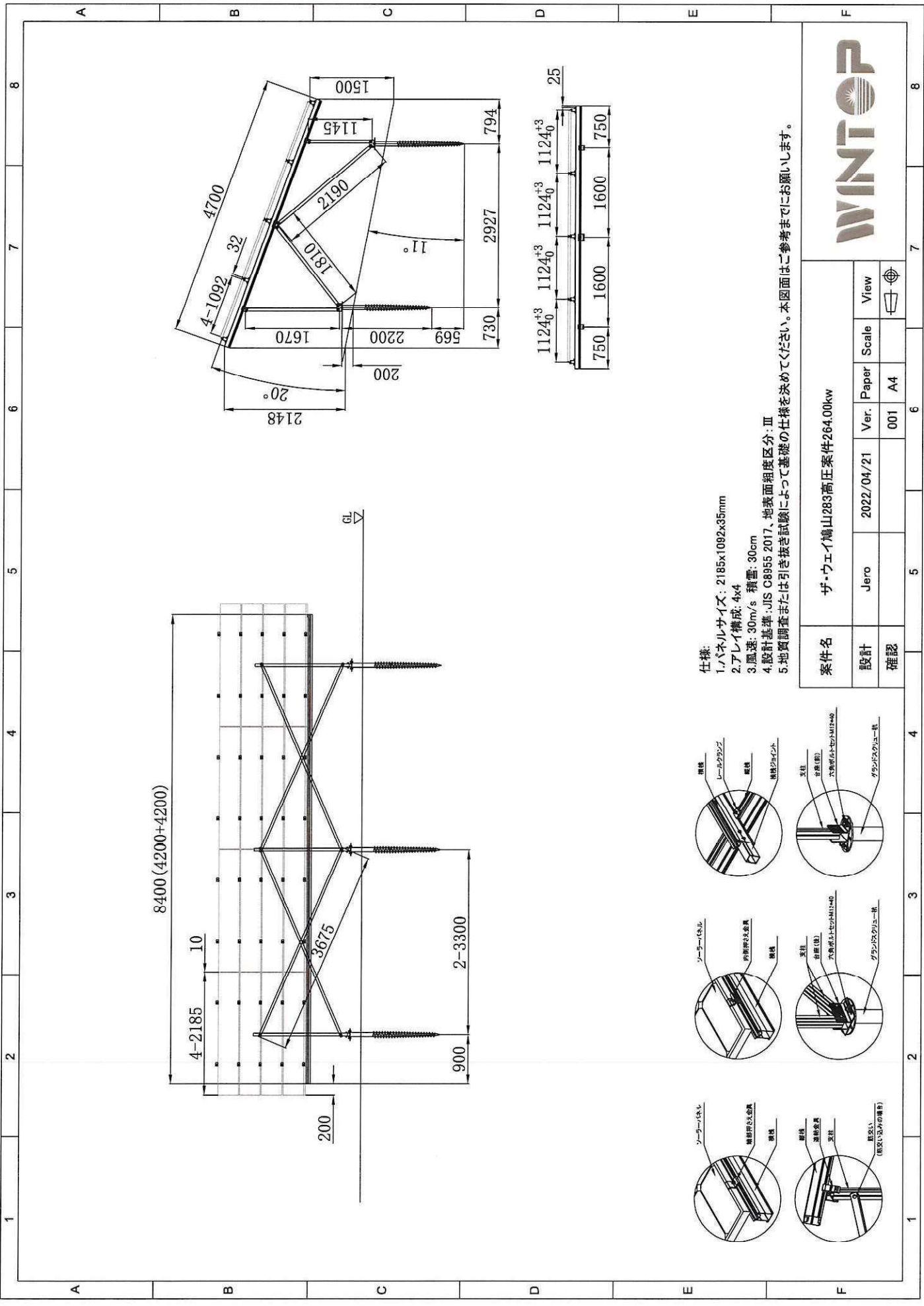
$$F = |G5-Wp'| / 56 = 150457 / 56 = 2687 \text{ N}$$

$$A = 84.3 \text{ mm}^2$$

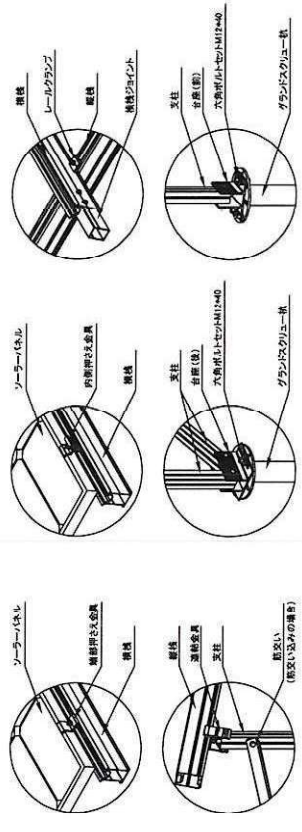
$$\sigma = F/A = 2687 / 84.3 = 32 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$32 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

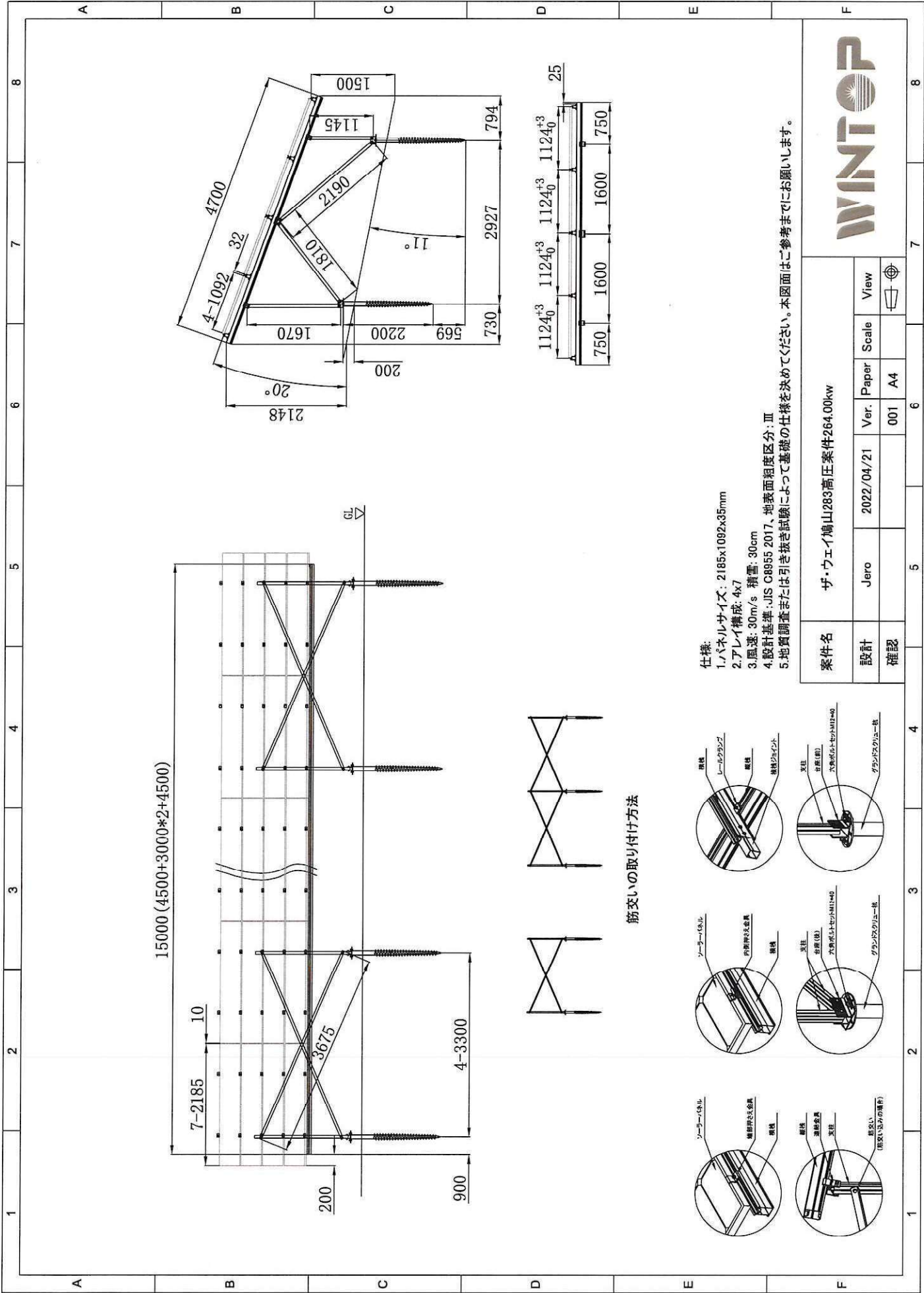


- 仕様:
1. パネルサイズ: 2185x1092x35mm
 2. アレイ構成: 4x4
 3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
 4. 設計基準: JIS C8955 2017、地表面相度区分: III
 5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面はご参考までにご利用します。



案件名		ザ・ウェイ鳩山283高圧案件264.00kW			
設計	Jero	2022/04/21	Ver.	Paper	Scale
確認			001	A4	
				View	

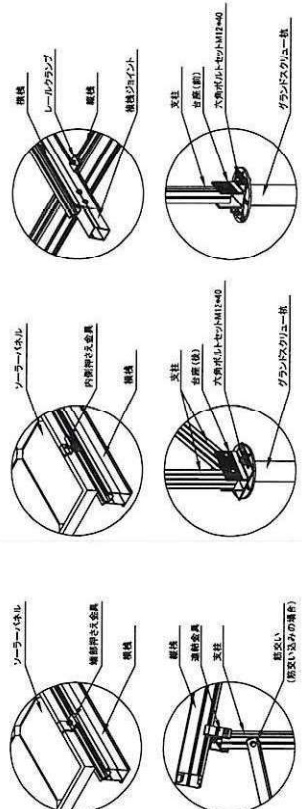




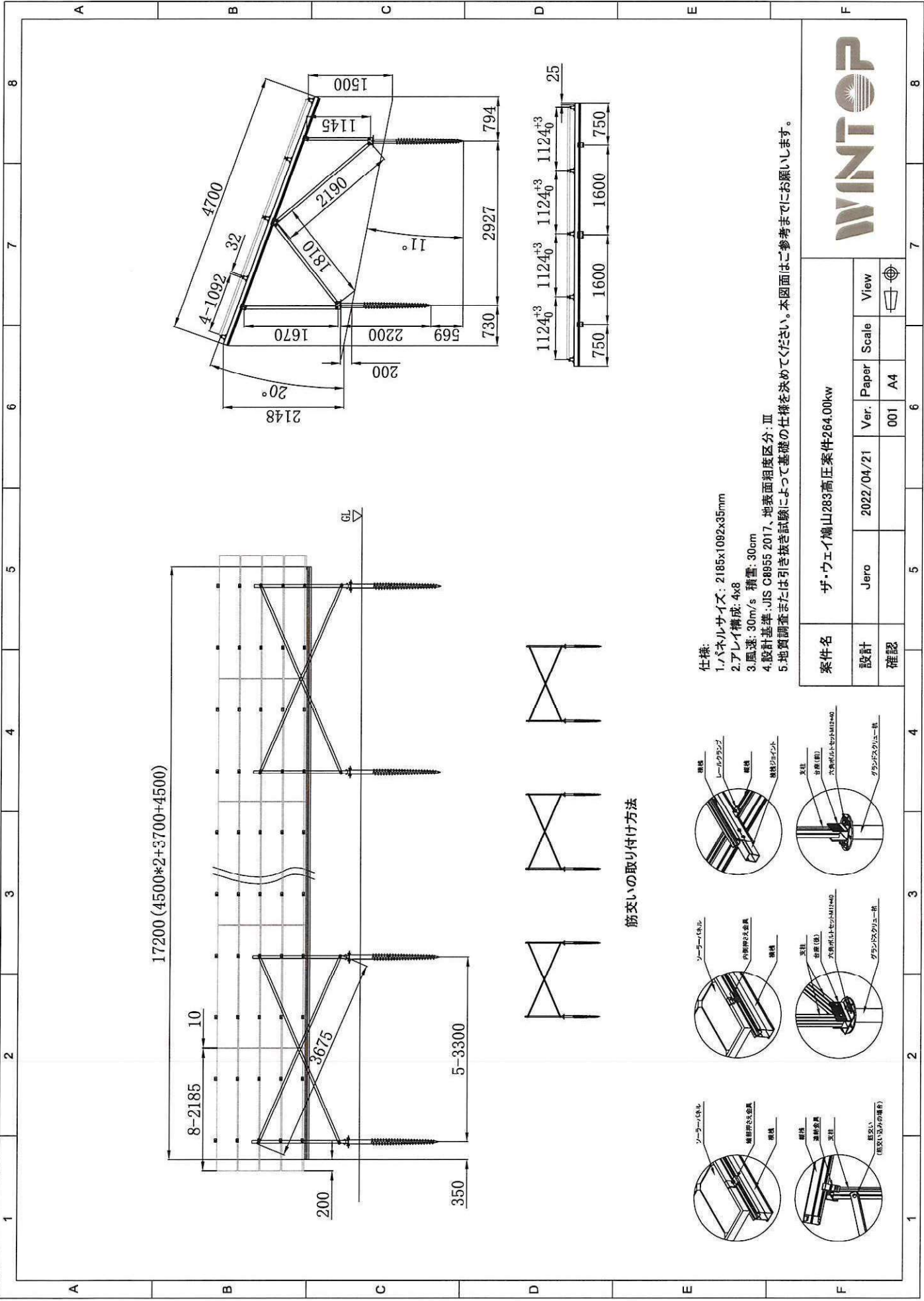
仕様:

- 1. パネルサイズ: 2185x1092x35mm
- 2. アレイ構成: 4x7
- 3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
- 4. 設計基準: JIS C8955 2017、地表面粗度区分: III
- 5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面をご参考までにご利用します。

筋交いの取り付け方法

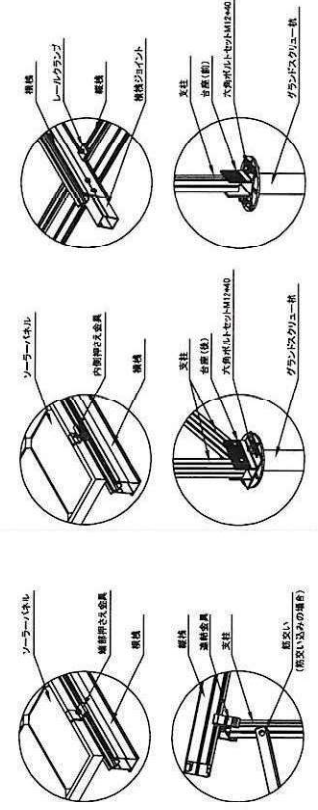


案件名	ザ・ウェイ鳩山283高圧案件264.00kW				
設計	Jero	2022/04/21	Ver.	001	001
確認			Paper	A4	A4
Scale			View		



- 仕様:
- 1. ハナルサイズ: 2185x1092x35mm
 - 2. アレイ構成: 4x8
 - 3. 風速: 30m/s 積雪: 30cm
 - 4. 設計基準: JIS C4955 2017、地表面相対区分: III
 - 5. 地質調査または引き抜き試験によって基礎の仕様を決めてください。本図面はご参考までにお願います。

筋交いの取り付け方法



案件名	ザ・ウェイ備山283高圧案件264.00kW			
設計	Jero	Ver.	2022/04/21	View
確認			001	A4





Xiamen Wintop New Energy Tech. Co., Ltd

強度計算書

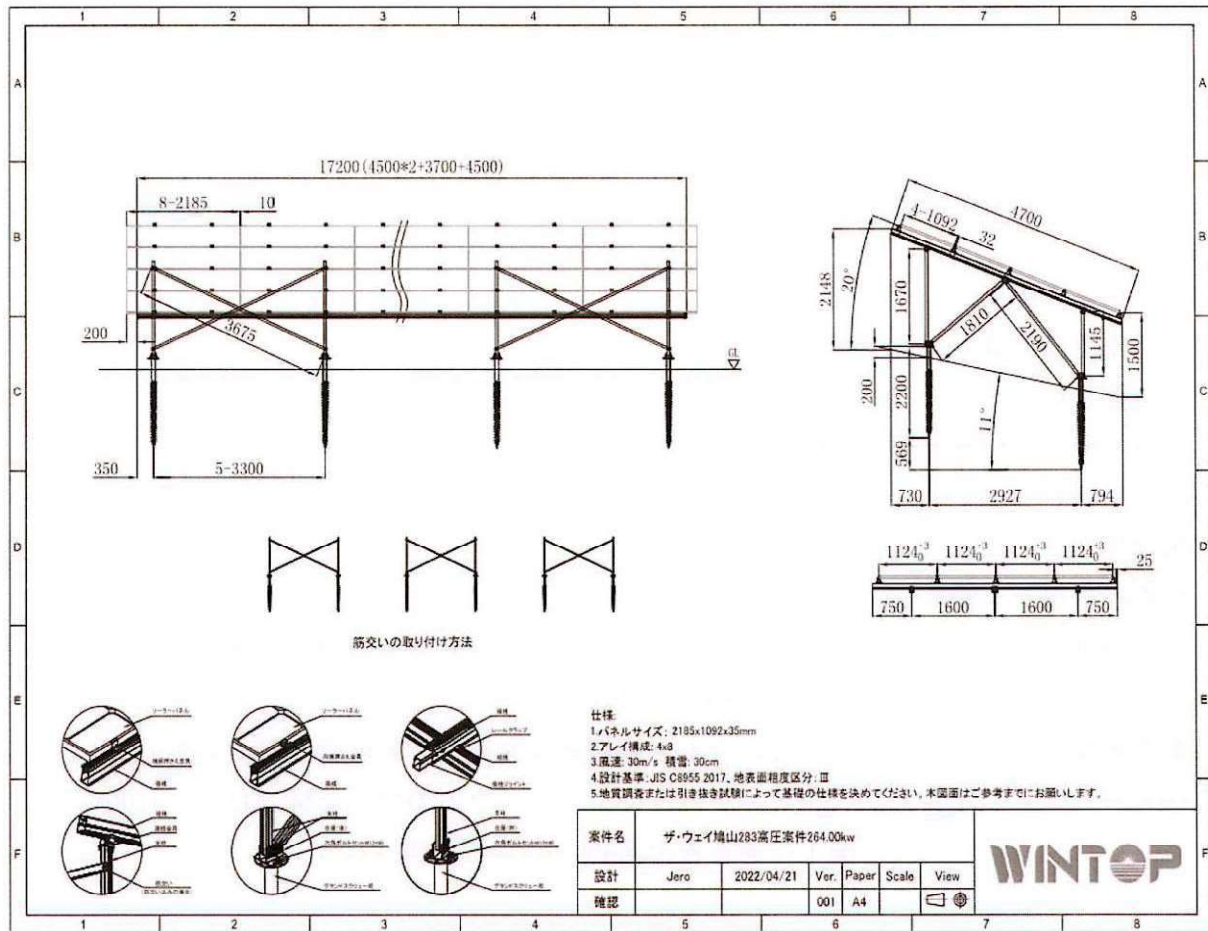
目次

1	設計条件	.....	2
2	架台図面	.....	3
3	架構材料	.....	4
4	荷重条件と荷重との組合せ	.....	8
5	固定荷重	.....	8
6	風圧荷重	.....	9
7	積雪荷重	.....	13
8	設計用地震荷重	.....	14
9	主なパーツの強度計算	.....	16
	9.1 レール験算	.....	16
	9.2 主材験算	.....	18
	9.3 支柱の検討	.....	20
	9.4 ボルトの検討	.....	22

1 設計条件

a) パネル規格	2185 x 1092 x 35 mm
b) パネル重量	29.6 kg/枚
c) 置き方	横置き
d) パネル枚数	4 x 8 = 32
e) 設置角度 θ	20 °
f) 設計用基準風速	30 m/s
g) 地上垂直積雪量	30 cm
h) 地表面粗粒度区分	Ⅲ
i) アレイ面の平均地上高	1.9 m
j) 設置場所	地上
k) 用途係数	1.0
l) 地震設計用水平震度	0.3
m) 準拠規準	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)
n) 参考規準	アルミニウム建築構造設計規準・同解説 (平成28年3月) アルミニウム及びアルミニウムの押出型材 (JIS H 4100) 国土交通省告示第409号 (平成14年)

2 架台図面



3 架構材料

3.1 使用材料

- a) アルミ合金 AL6005-T5 (JIS H4100 6N01-T5) 同等品
- b) 鋼材 Q235 (JIS G3101 SS400) 同等品
- c) ボルト SUS304 (JIS G 4305) 同等品

3.2 材料の許容応力度

a) アルミ合金

アルミニウム建築構造設計基準・同解説(平成28年3月)

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
アルミ合金	AL6005-T5	205	136	78	136
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			205	118	205

b) 鋼材

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
鋼材	Q235 (SS400)	235	156	90	156
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			235	135	235

c) ボルト

使用材料	材質	基準強度 (F)	許容応力度 (長期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
ボルト	SUS304 (A2-70)	450	-	173	300
			許容応力度 (短期) N/mm ²		
			圧縮	せん断	曲げ・引張
			-	259	450

許容応力度は、次による。

a) 構造用鋼材 長期荷重の設計応力に対する構造用鋼材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合は、長期荷重の場合の 1.5 倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (21)$$

ただし, $0.7\sigma_B / 1.5$ 以下

2) 許容圧縮応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (22)$$

3) 許容曲げ応力度

$$\sigma_y / 1.5 \dots\dots\dots (23)$$

4) 許容せん断応力度

$$\sigma_y / (1.5 \times \sqrt{3}) \dots\dots\dots (24)$$

ただし, $0.7\sigma_B / (1.5 \times \sqrt{3})$ 以下

5) 許容支圧応力度

$$1.1\sigma_y \dots\dots\dots (25)$$

ここに, σ_y : 材料の降伏点応力度 ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)
 σ_B : 材料の引張強さ ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)

b) 構造用アルミニウム合金材 長期荷重の設計応力に対する構造用アルミニウム合金材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合は、長期荷重の場合の 1.5 倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (26)$$

ただし, $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

2) 許容せん断応力度

$$\sigma_{0.2} / (1.5 \times \sqrt{3}) \dots\dots\dots (27)$$

ただし, $(5\sigma_B / 6) \times [1 / (1.5 \times \sqrt{3})]$ 以下

3) 許容圧縮応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (28)$$

ただし, $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

4) 許容曲げ応力度

$$\sigma_{0.2} / 1.5 \dots\dots\dots (29)$$

ただし, $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.5)$ 以下

5) 許容支圧応力度

5.1) ピン及び接触部

$$\sigma_{0.2} / 1.1 \dots\dots\dots (30)$$

ただし, $(5\sigma_B / 6) \times (1/1.1)$ 以下

5.2) 滑り支承又はローラ支承部

$$1.9\sigma_{0.2} \dots\dots\dots (31)$$

ここに, $\sigma_{0.2}$: 最小耐力値 ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)

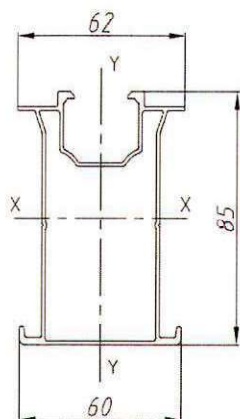
3.3 材料の定数

使用材料	材質	ヤング係数 (E) N/mm ²	ポアソン比 ν	線膨張比率 (α) I/° C
アルミ合金	AL6005-T5	70000	0.33	2.35E-05
鋼材	Q235	205000	0.3	1.00E-05

3.4 部材諸元

a) レール R007

材質 : AL6005-T5 ; $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$; $E = 70000 \text{ N/mm}^2$; $L = 17200 \text{ mm}$;
 米重 = $468.2465 \times 2.71/1000 = 1.269 \text{ Kg/m}$

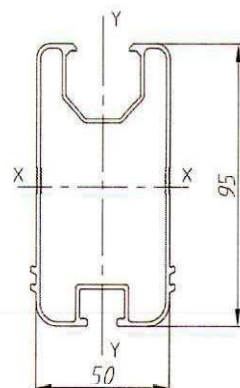


断面幾何学パラメータ (mm)

A	468.2465	I _p	636521.7992
I _x	456646.3245	I _y	179875.4747
i _x	31.2286	i _y	19.5997
Z _x (上)	10746.0607	Z _y (左)	5802.4347
Z _x (下)	10743.1785	Z _y (右)	5802.4347
図心から左縁までの距離	31.0000	図心から右縁までの距離	31.0000
図心から上縁までの距離	42.4943	図心から下縁までの距離	42.5057

b) 主材 B002

材質 : AL6005-T5 ; $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$; $E = 70000 \text{ N/mm}^2$; $L = 4700 \text{ mm}$;
 米重 = $549.4412 \times 2.71/1000 = 1.489 \text{ Kg/m}$



断面幾何学パラメータ (mm)

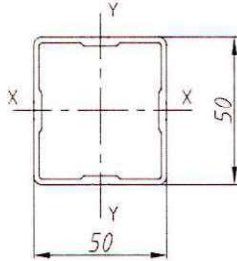
A	549.4412	I _p	828357.3643
I _x	615062.1562	I _y	213295.2081
i _x	33.4579	i _y	19.7029
Z _x (上)	12698.4093	Z _y (左)	7899.8225
Z _x (下)	13209.0078	Z _y (右)	7899.8225
図心から左縁までの距離	27.0000	図心から右縁までの距離	27.0000
図心から上縁までの距離	48.4362	図心から下縁までの距離	46.5638

c) 後支柱 L002

材質 : AL6005-T5 ; $\sigma_s = 205 \text{ N/mm}^2$; $E = 70000 \text{ N/mm}^2$; $L = 1670 \text{ mm}$;

米重 = $429.4363 \times 2.71/1000 = 1.164 \text{ Kg/m}$

断面幾何学パラメータ (mm)



A	429.4363	I_p	314302.7881
I_x	157151.3941	I_y	157151.3940
i_x	19.1298	i_y	19.1298
Z_x (上)	6286.0558	Z_y (左)	6286.0558
Z_x (下)	6286.0558	Z_y (右)	6286.0558
図心から左縁までの距離	25.0000	図心から右縁までの距離	25.0000
図心から上縁までの距離	25.0000	図心から下縁までの距離	25.0000

4 荷重条件と荷重との組合せ

荷重条件及び荷重の組合せは、表4-1 による。

表4-1 荷重条件及び荷重の組合せ

荷重条件		区分	
		一般の地方	多雪区域
長期	常時	G	G
	積雪時		G+0.7S
短期	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	

同表は建築基準法施行令 82 条の 1 をもとに積載 荷重を除外して作成されている。なお、多雪区域とは、次に示す条件のいずれかに該当する区域とする。

- ・4.3 c) による垂直積雪量が 1m以上の区域
- ・積雪の初終間日数の平均値が 30 日以上の区域。

これらの多雪区域の定義は、平成 12 年建設省告示第 1455 号の第 1 に基づいている。なお、積雪の初終間日数とは、同告示では「当該区域中の積雪部分の割合が 1/2 を超える状態が継続する期間の日数をいう」としている。

5 固定荷重

モジュール重量	$G1= 29.6 \times 32 \times 9.8 = 9282.56 \text{ N}$
レール総重量	$G2= 5 \times 1.269 \times 17.2 \times 9.8 = 1069 \text{ N}$
主材総重量	$G3= 6 \times 1.489 \times 4.7 \times 9.8 = 411 \text{ N}$
レールにかかる固定荷重	$G4=G1+G2= 9283 + 1069 = 10352 \text{ N}$
主材にかかる固定荷重	$G5=G3+G4= 10352 + 411 = 10764 \text{ N}$

6 風圧荷重

6.1 設計用風圧荷重

アレイに作用する設計用風圧荷重は、式(1)によって算出する。

$$W_p = C_w \times q_p \times A_w \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 W_p : 設計用風圧荷重 (N)

C_w : 風力係数

q_p : 設計用速度圧 ($N \cdot m^{-2}$)

A_w : 受風面積 (m^2) (アレイを構成する全モジュールの合計面積)

6.2 設計用速度圧

$$q_p = 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 q_p : 設計用速度圧 ($N \cdot m^{-2}$)

V_0 : 設計用基準風速 ($m \cdot s^{-1}$)

E : 環境係数

I : 用途係数

a) 設計用基準風速

設計用基準風速は建設地点の地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度などの風の性状に応じて、30m/s ~ 46m/s の範囲内において定めた JIS C 8955:2017 の表6-1 (ここでは省略) に示される設計用基準風速を用いる。

b) 環境係数 環境係数は、式(3)によって算出する。

$$E = E_r^2 \times G_f \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 E : 環境係数

E_r : 式(4)又は式(5)によって算出する平均風速の高さ方向の分布を表す係数

G_f : ガスト影響係数

(地表面粗粒度区分係数 III → 2.50)

地表面粗度区分	アレイ面の平均地上高 H (m)		
	10以下の場合	10を超え40未満の場合	40以上の場合
	(1)	(2)	(3)
I	2.0	(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		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

E_r は、 H が Z_b 以下の場合は式 (4) , H が Z_b を超える場合は式 (5) によって算出する。

$$E_r = 1.7 \left[\frac{Z_b}{Z_G} \right]^\alpha \dots\dots\dots (4)$$

$$E_r = 1.7 \left[\frac{H}{Z_G} \right]^\alpha \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 Z_b , Z_G 及び α : 地表面粗度区分に応じて表6-2 に掲げる数値
 H : アレイ面の平均地上高 (m)

表6-2 Z_b , Z_G 及び α				
地表面粗度区分		Z_b (m)	Z_G (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	0.10
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	0.20
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

ここに、地表面粗度区分係数 III に応じて:

$$Z_b = 5, \quad Z_G = 450, \quad \alpha = 0.2$$

$$\text{従って } H = 1.9 < Z_b = 5 ;$$

$$E_r = 1.7 \left[\frac{Z_b}{Z_G} \right]^\alpha = 0.691$$

$$E = E_r^2 \times G_f = 1.194$$

c) 用途係数I 用途係数は、表6-3 による。

表6-3 用途係数

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	1.0
注記 通常の太陽光発電システムの風速の設計用再現期間を 50 年とし、これが用途係数の 1.0 に相当する。	

ここは通常の太陽光発電システム用途係数の 1.0 をとる

6.3 風力係数 C_w

6.3.1 モジュール面の風力係数

モジュール面の風力係数は、風洞実験によって定める。ただし、表6-4 に示す設置形態の場合は、近似式(6)～(7)によって算出するか又は当該表の注記に示す数値を使用してもよい。

地上設置 順風（正圧）の場合、式(6)による。

$$C_w = 0.35 + 0.055\theta - 0.0005\theta^2 \dots\dots\dots (6)$$

ただし、5 度 $\leq \theta \leq$ 60 度

地上設置 逆風（負圧）の場合、式(7)による。

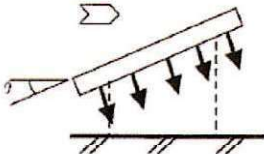
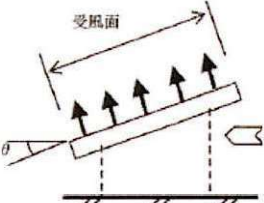

$$C_w = 0.85 + 0.048\theta - 0.0005\theta^2 \dots\dots\dots (7)$$

ただし、5 度 $\leq \theta \leq$ 60 度

順風の場合 $C_w = 0.35 + 0.055 \times 20 - 0.0005 \times 20^2 = 1.25$

逆風の場合 $C_w = 0.85 + 0.048 \times 20 - 0.0005 \times 20^2 = 1.61$

表6-4 太陽電池モジュール面の風力係数

風力係数 (C_a)		適用
順風（正圧）	逆風（負圧）	
		<p>図 6-1 で定義する中央部アレイでは、近似式の値を 0.6 倍して使用してもよい。</p>
<p>注記  は風向、\rightarrow は風圧力の方向を表す。</p>		

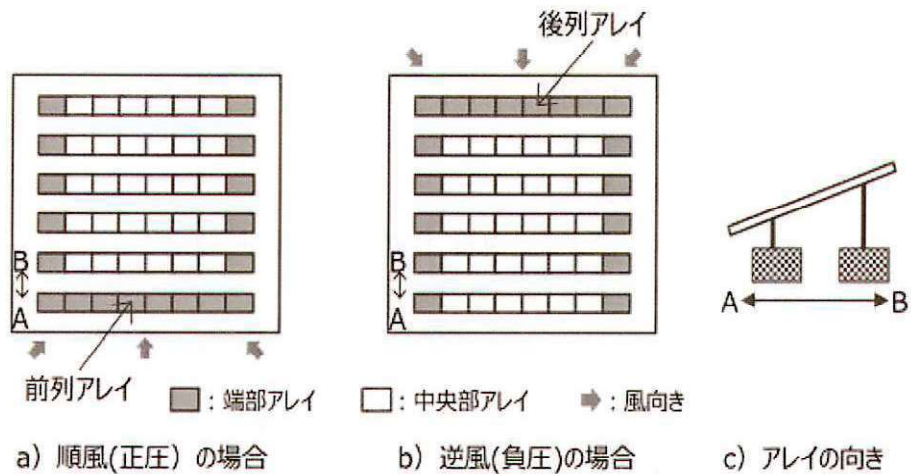


図 6-1 端部アレイおよび中央部アレイ

6.4 受風面積 A_w

$$A_w = 2.185 \times 1.092 \times 4 \times 8 = 76.35 \text{ m}^2$$

モジュールに加わる風圧力（順風場合）を風圧荷重 W_p と想定する

$$W_p = C_w \times 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \times A_w$$

$$= 1.25 \times 0.6 \times 30^2 \times 1.194 \times 1.0 \times 76.35 = 61556 \text{ N}$$

支持物に加わる風圧力（逆風場合）を風圧荷重 W_p' と想定する

$$W_p' = C_w \times 0.6 \times V_0^2 \times E \times I \times A_w$$

$$= 1.61 \times 0.6 \times 30^2 \times 1.194 \times 1.0 \times 76.35 = 79284 \text{ N}$$

水平方向風圧力

$$\text{順風 } W_{p1} = W_p \times \sin \theta = 61556 \times \sin 20^\circ = 21053 \text{ N}$$

$$\text{逆風 } W_{p1}' = W_p' \times \sin \theta = 79284 \times \sin 20^\circ = 27117 \text{ N}$$

鉛直方向風圧力

$$\text{順風 } W_{p2} = W_p \times \cos \theta = 61556 \times \cos 20^\circ = 57843 \text{ N}$$

$$\text{逆風 } W_{p2}' = W_p' \times \cos \theta = 79284 \times \cos 20^\circ = 74502 \text{ N}$$

7 積雪荷重

設計用積雪荷重は、式 (8) によって算出する。

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s \times 100 \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここに、 S_p : 積雪荷重 (N)

C_s : こう配係数

P : 雪の平均単位荷重 (積雪1cm当たり $N \cdot m^{-2}$)

Z_s : 地上垂直積雪量 (m)

A_s : 積雪面積 (アレイ面の水平投影面積、 m^2)

太陽電池アレイに作用する積雪荷重は、地上垂直積雪量に雪の平均単位荷重を乗じて地上積雪重量を算定し、その重量に勾配係数を乗じることによってアレイ面に作用する積雪荷重を算定する考え方に基づいている。なお、式(8)の最後に乗じる「100」は、地上垂直積雪量の単位をmからcmに変換するための数値である。

a) こう配係数

こう配係数 C_s は、1.0 とする。ただし、アレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合には、式(9)あるいは式(10)によって算出することができる。

$$C_s = \sqrt{[\cos (1.5 \theta)]} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$= \sqrt{[\cos (1.5 \times 20)]} = 0.931$$

ここに、 θ : アレイ面の傾斜角度 (度)

ただし、 $0 \leq \theta \leq 60$

$$C_s = 0 \quad \dots\dots\dots (10)$$

ただし、 $\theta > 60$

b) 雪の平均単位荷重

式 (8) において、雪の平均単位荷重 (P) は、積雪1cmごとに $1m^2$ につき、一般の地方では20N以上、多雪地域では30N以上とする。

c) 積雪量

アレイ面の設計用積雪量は地上における垂直積雪量 (Z_s) とし、式(11)によって計算した積雪量に当該区域における局所的地形要因による影響を考慮する。ただし、当該区域又はその近傍の区域の気象観測地点における、地上積雪深の観測資料に基づき、統計処理を行うなどの手法によって、当該区域における 50 年再現期待値を求めることができる場合には、当該手法によることができる。

$$Z_s = \alpha \times l_s + \beta \times r_s + \gamma \quad \dots\dots\dots (11)$$

ここに、 l_s : 区域の標準的な標高 (m)

r_s : 区域の標準的な海率 [区域に応じて JIS C 8955:2017]

の表 8 に示す R の欄に掲げる半径 (km) の円の面積に対する当該円内の海その他これに類するものの面積の割合]
 α, β, γ : 各区域の積雪量を表すパラメータは省略 (JIS C 8955:2017 の表 8 参照)

本設計において積雪量は上式によらず、県知事が定める数値に基づき、

$$Z_s = 30 \text{ cm とする。}$$

$$C_s = 0.931$$

$$S_p = C_s \times P \times Z_s \times A_s = C_s \times P \times Z_s \times A_w \times \cos\theta$$

$$= 0.931 \times 20 \times 30 \times 76.35 \times \cos 20^\circ = 40061 \text{ N}$$

8 設計用地震荷重

設計用地震荷重は、一般の地方では式 (12)、多雪区域では式 (13) によって算出する。

$$K_p = k_p \times G \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$K_p = k_p \times (G + 0.3S) \quad \dots\dots\dots (13)$$

ここに、 K_p : 設計用地震荷重 (N)

k_p : 設計用水平震度

G : 固定荷重 (N)

S : 積雪荷重 (N)

a) 設計用水平震度

モジュールと支持物で構成される架構部分及び基礎部分の設計用水平震度は、式(14)によって算出する。

$$k_p = k_H \times Z \times I_k \quad \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 k_H : 各部に生じる水平震度であり、表8-1 に掲げる数値

Z : 地震地域係数

I_k : 用途係数

$$k_p = 0.3 \times 1.0 \times 1.0 = 0.3$$

表8-1 各部に生じる設計用水平震度 k_H

	地上設置
架構部分	0.3 以上
基礎部分	0.3 以上
水平力に対して有効に土が抵抗できる土中にある基礎部分	0.1 以上

地上設置型の太陽光発電システムの設計用水平震度は、建築基準法施行令第 88 条第 2 項及び第 4 項に準じて設定されている。

b) 地震地域係数

地震地域係数は JIS C 8955:2017 の表 10 に従って設定する。（ここでは同表を省略する。）

地震地域係数は、昭和 55 年建設省告示 1793 号第 1 に基づいている。

c) 用途係数

用途係数は、表8-2 による。

表8-2 用途係数

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	1.5
通常設置する太陽光発電システム	1.0

まとめると $K_p = k_p \times G$

$$= 0.3 \times 10764$$

$$= 3229 \text{ N}$$

9 主なパーツの強度計算

9.1 レール驗算

9.1.1 短期

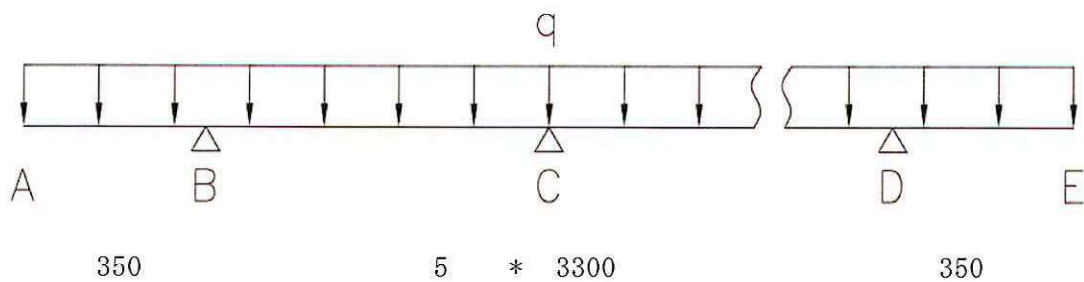
順風場合の総荷重：

$$\begin{aligned} G4+Wp &= 10352 & + & 61556 & = & 71908 & \text{ N} \\ G4+Sp &= 10352 & + & 40061 & = & 50413 & \text{ N} \end{aligned}$$

逆風場合の総荷重：

$$G4-Wp' = 10352 - 79284 = -68932 \text{ N}$$

故に暴風場合だけの架構強度を計算すればいい。



$$\begin{aligned} F_{\max} &= 71908 / 5 = 14382 \text{ N} \\ L &= 17.20 \text{ m} \\ q &= 836.1 \text{ N/m} \\ Lq &= 3.3 \text{ m} \\ La &= 0.35 \text{ m} \end{aligned}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\ &= 836.1 \times 3.3^2 / 8 / 10.743 \\ &= 105.9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$105.9 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\ &= 836.1 \times 0.35^2 / 2 / 10.743 \\ &= 4.8 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$4.8 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

9.1.2 長期

$$\begin{aligned}G4 &= 10352 \text{ N} \\F &= 10352 / 5 = 2070 \text{ N} \\L &= 17.20 \text{ m} \\q &= 120.4 \text{ N/m} \\Lq &= 3.3 \text{ m} \\La &= 0.35 \text{ m}\end{aligned}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\&= 120.4 \times 3.3^2 / 8 / 10.743 \\&= 15.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

15.3 / 136 < 1, の為安全範囲以内

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\&= 120.4 \times 0.35^2 / 2 / 10.743 \\&= 0.7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

0.7 / 136 < 1, の為安全範囲以内

9.2 主材驗算

9.2.1 短期

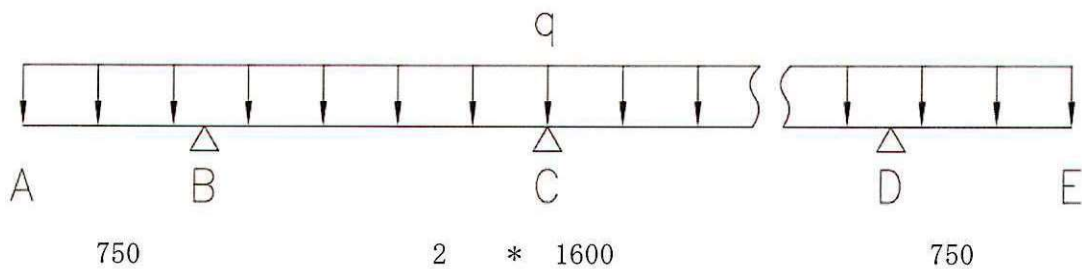
順風場合の総荷重：

$$\begin{aligned} G5+Wp &= 10764 & + & 61556 & = & 72319 & \text{ N} \\ G5+Sp &= 10764 & + & 40061 & = & 50825 & \text{ N} \end{aligned}$$

逆風場合の総荷重：

$$G5-Wp' = 10764 - 79284 = -68520 \text{ N}$$

故に暴風場合だけの架構強度を計算すればいい。



$$F_{\max} = 72319 / 6 = 12053 \text{ N}$$

$$L = 4.70 \text{ m}$$

$$q = 2564.5 \text{ N/m}$$

$$Lq = 1.6 \text{ m}$$

$$La = 0.75 \text{ m}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\ &= 2564.5 \times 1.6^2 / 8 / 12.698 \\ &= 64.6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$64.6 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\ &= 2564.5 \times 0.75^2 / 2 / 12.698 \\ &= 56.8 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 205 N/mm²です。

$$56.8 / 205 < 1, \text{ の為安全範囲以内}$$

9.2.2 長期

$$\begin{aligned}G5 &= 10764 \text{ N} \\F &= 10764 / 6 = 1794 \text{ N} \\L &= 4.700 \text{ m} \\q &= 381.7 \text{ N/m} \\Lq &= 1.600 \text{ m} \\La &= 0.75 \text{ m}\end{aligned}$$

応力 (真ん中)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * Lq^2 / 8 / Zx \\&= 381.7 \times 1.6^2 / 8 / 12.698 \\&= 9.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

9.6 / 136 < 1, の為安全範囲以内

応力 (はねだし)

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= q * La^2 / 2 / Zx \\&= 381.7 \times 0.75^2 / 2 / 12.698 \\&= 8.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

使用する材料はAL6005-T5、許容応力度は 136 N/mm²です。

8.5 / 136 < 1, の為安全範囲以内

9.3 支柱の検討

前支柱と後支柱は同じ断面形状であり、各支柱に作用する荷重は等しい。

よって、支柱が長い後支柱の方が座屈に対して不利となるため、後支柱のみ計算する。

支柱にかかる総荷重：

順風場合の総荷重：

$$G5+Wp = 72319 \quad N$$

$$G5+Sp = 50825 \quad N$$

逆風場合の総荷重：

$$G5-Wp' = -68520 \quad N$$

以上より、座屈検討には最も荷重が大きくなる暴風時の場合について、

引抜検討には逆風時について、構造的に検討する。

9.3.1 座屈検討

長期に対する許容圧縮応力度は、細長比 λ から、アルミニウム建築構造設計基準に準拠し求める。[平成14年 国土交通省告示第409号]

$$c\lambda \leq c\lambda_p \text{ の場合, } f_c = F/v$$

$$c\lambda_p < c\lambda \leq c\lambda_e \text{ の場合, } f_c = (1 - 0.5(c\lambda - c\lambda_p) / (c\lambda_e - c\lambda_p)) F/v$$

$$c\lambda_e < c\lambda \text{ の場合, } f_c = (1/c\lambda^2) F/v$$

ここに、 f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm^2)

$c\lambda$: 次の式によって計算した軸方向力に係る一般化有効細長比

$$c\lambda = (\lambda k/i) \sqrt{(F/\pi^2/E)}$$

$$= (1336 / 19.130) * \sqrt{(205 / (3.14^2 / 70000))}$$

$$= 1.204$$

$$E: \text{ヤング係数} = 70000 \quad N/mm^2$$

$$F: F \text{値} = 205 \quad N/mm^2$$

$$L: \text{支柱材の長さ} = 1670 \quad mm$$

$$\lambda k: \text{有効座屈長さ} = 0.8L = 0.8 \times 1670 = 1336 \quad mm$$

※変位に対する条件は拘束、回転に対する条件は1端自由他端拘束であり、推奨値の0.8とする。

$$A: \text{支柱材の断面積} = 429.44 \quad mm^2$$

$$i: \text{断面二次半径} = 19.130 \quad mm$$

$c\lambda_p$: 塑性限界細長比 (0.2とする。)

$c\lambda_e$: 弾性限界細長比 ($1/\sqrt{0.5}=1.414$ とする。)

v: 次の式によって計算した数値 (2.17を超える場合は、2.17とする。)

$$3/2 + 2/3 \times (c \lambda / c \lambda e)^2 = 3/2 + 2/3 \times (1.204 / 1.414)^2 = 1.98$$

$$v = 1.98$$

$c \lambda p < c \lambda \leq c \lambda e$ のため、

$$f_c = (1 - 0.5(c \lambda - c \lambda p) / (c \lambda e - c \lambda p)) F / v$$

$$= 60.64 \text{ N/mm}^2$$

短期許容応力は長期許容応力の1.5倍より、

$$60.64 \times 1.5 = 91 \text{ N/mm}^2$$

後支柱にかかる圧縮応力

$$F_{\max} / n / A = 72319 / 18 / 429.44$$

$$= 9.4 \text{ N/mm}^2 < 91 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

9.3.2 引張応力検討

$$P = F' / n = 68520 / 18 = 3807 \text{ N}$$

引張応力

$$\sigma = P / A = 3807 / 429.44 = 8.9 \text{ N/mm}^2 < 205 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{OK}$$

以上より、支柱は座屈、引張応力の許容値に満足している。

9.4 ボルトの検討

① 端部、中間固定金具の M8 ボルトに対する検討

$$F = |G4 - Wp'| / 80 = 68932 / 80 = 862 \text{ N}$$

$$A = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A = 862 / 36.6 = 24 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$24 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

② レール固定金具の M8 ボルトに対する検討

$$F = |G4 - Wp'| / 60 = 68932 / 60 = 1149 \text{ N}$$

$$A = 36.6 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A = 1149 / 36.6 = 31 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$31 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

③ 支柱の M10 ボルトに対する検討

$$F = (G5 + Wp) / 2 / 18 = 72319 / 2 / 18 = 2009 \text{ N}$$

$$A = 58 \text{ mm}^2$$

$$\tau = F/A = 2009 / 58 = 35 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容するせん断強度は 259 N/mm^2

$35 / 259 < 1$, の為安全範囲以内

④ アンカーボルトの M12 ボルトに対する検討

$$F = |G5 - Wp'| / 24 = 68520 / 24 = 2855 \text{ N}$$

$$A = 84.3 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = F/A = 2855 / 84.3 = 34 \text{ N/mm}^2$$

SUS304ボルトの許容する曲げ・引張強度は 450 N/mm^2

$34 / 450 < 1$, の為安全範囲以内

竹本281番地 架台強度計算書



Fujian Newsunpower Energy Tech.Co.,LTD

Addr.:Xinjingbo Technology Building,No.41-45,Hu an Road, Huli District,Xiamen City,China.

Tel:0086-592-5733358-805 Fax:0086-592-5733359

Website:www.newsunpower.com

太陽パネルアルミニウム架台強度計算書

4段4列強度計算書

1. 設計条件

1.1設計対象

太陽光パネル規格	長さ	2185		2.185	m
	幅	1092	mm=	1.092	m
	パネル面積	2.386	m ²		
	重さ	20	Kg=	196	N
配列方式 :		4	段		
		4	列		
傾斜角度 :	β =	10	deg		

1.2強度計算条件

- a 設計基準風速 34 m/s
- b 設計積雪量 35 cm
- c 設計標準 : JIS C 8955 2017 「太陽電池アレイ用支持物設計標準」に基づいて設計する。
- d 荷重条件及び荷重の組合せ :
- 短期積雪時の算定条件は、積雪量単位体積荷重 20N/m³・cm、多雪積雪時の算定条件は、積雪量単位体積荷重 30N/m³・cm

表1-荷重条件及び荷重の組合せ

荷重条件		区分	
		一般の地方	多雪区域
長期	常時	G	G
	積雪時		G+0.7S
短期	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	

なお、多雪区域は、次に示す条件のいずれかに、該当する区域とする。

箇条 6(c)による垂直積雪量が1m以上の区域

積雪の初終間日数(当該区域中の積雪部分の割合が1/2を超える状態が継続する期間の日数をいう。)

の平年値が30日以上の区域

2 強度計算

2.1 固定荷重

$$\begin{aligned} \text{太陽電池モジュール総面積 } A &= 2.386 \times 4 \times 4 \quad \text{m}^2 \\ &= 38.18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{太陽電池モジュール総重量 } GM &= 196 \times 4 \times 4 \quad \text{N} \\ &= 3136.0 \end{aligned}$$

2.1.1 GL計算

$$\text{CRレール長さ } L_{\text{CR}} = 8160 \quad \text{mm} = 8.160 \quad \text{m}$$

$$\text{CRレール数 } n_{\text{CR}} = 5 \quad \text{本}$$

$$\text{CRレール単位長さ重量 } m_{\text{CR}} = 0.929 \quad \text{kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{単本重量 } M_{\text{CR}} &= L_{\text{CR}} \times m_{\text{CR}} \\ &= 8.16 \times 0.929 \\ &= 7.581 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CRレール総重量 } GL &= M_{\text{CR}} \times n_{\text{CR}} \times g \\ &= 7.581 \times 5 \times 9.8 \\ &= 371.5 \quad \text{N} \end{aligned}$$

2.1.2 GB計算

$$\text{BRレール長さ } L_{\text{BR}} = 4650 \quad \text{mm} = 4.650 \quad \text{m}$$

$$\text{BRレール数 } n_{\text{BR}} = 3 \quad \text{本}$$

$$\text{BRレール単位長さ重量 } m_{\text{BR}} = 1.258 \quad \text{kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{単本重量 } M_{\text{BR}} &= L_{\text{BR}} \times m_{\text{BR}} \\ &= 4.65 \times 1.258 \\ &= 5.85 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BRレール総重量 } GB &= M_{\text{BR}} \times n_{\text{BR}} \times g \\ &= 5.85 \times 3 \times 9.8 \\ &= 172.0 \quad \text{N} \end{aligned}$$

2.1.3 固定荷重計算

$$\begin{aligned} \text{固定荷重 } G1 &= GM + GL \\ &= 3136 + 371.5 \\ &= 3507.5 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{固定荷重 } G2 &= GM + GL + GB \\ &= 3136 + 371.5 + 172 \\ &= 3679.5 \quad \text{N} \end{aligned}$$

2.2 積雪荷重

設計用積雪荷重は、

$$S = C_s \times P \times Z_s \times A_s$$

ここに、

- S: 積雪荷重 (N)
- C_s: 勾配係数
- P: 雪の平均単位荷重 (積雪1cm当たりN・cm)
- Z_s: 地上垂直積雪量 (m)
- A_s: 積雪面積 (アレイ面の水面投影面積) (m²)

a. 勾配係数

勾配係数C_sは1.0とする。ただし、アレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合には、下記の公式によって算出することができる。

$$C_s = \begin{cases} \sqrt{\cos(1.5\beta)} & \text{ただし、} 0 < \beta \leq 60 \\ 0 & \text{ただし、} \beta > 60 \end{cases}$$

ここに、

β: 積雪面の勾配 (度)

b. 雪の平均単位荷重

雪の平均単位荷重 (P) は、積雪1cmごとに1m²につき一般の地方では20N以上、多雪区域では30N以上とする。

c. 積雪量

アレイ面の設計用積雪量は地上における垂直積雪量 (Z_s) とし、下式によって計算した積雪量に当該区域における局所的地形要因による影響を考慮する。ただし、当該区域又はその近傍の区域の気象観測地点における、地上積雪深の観測資料に基づき、統計処理を行うなどの手法によって、当該区域における50ねん再現期待値と求めることができるばあには、当該手法によることできる。

$$Z_s = \alpha \times l_s + \beta \times r_s + \gamma$$

ここに、

- l_s: 区域の標準的な標高 (m)
- r_s: 区域の標準的な海率
- α, β及γ: 区域に応じて定められる係数

積雪荷重計算:

$$C_s (\text{勾配係数}) = 1$$

ただし、アレイ面の積雪の滑落を確実に保証できる場合には

$$\begin{aligned} C_s (\text{勾配係数}) &= \sqrt{\cos(1.5\beta)} \\ &= \sqrt{\cos(1.5 \times 10 \times \pi / 180)} \\ &= 0.983 \end{aligned}$$

$$P (\text{積雪の単位重量}) = 20 \text{ N/m}^2 \cdot \text{cm}$$

$$Z_s (\text{垂直積雪量}) = 35 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} S'' (\text{1m}^2 \text{単位面積当り積雪荷重}) &= C_s \times P \times Z_s \\ &= 1 \times 20 \times 35 \\ &= 688.10 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s (\text{1m}^2 \text{総面積}) &= A \times \cos\theta \\ &= 38.18 \times \cos(10 \times \pi / 180) \\ &= 37.60 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S (\text{1m}^2 \text{設計用積雪荷重}) &= S'' \times A_s \\ &= 688.1 \times 37.6 \\ &= 25872.6 \text{ N} \end{aligned}$$

2.3 風圧荷重

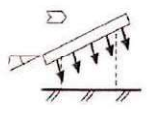
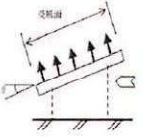
$$\begin{aligned}
 \text{風圧荷重 } W &= C_w \times q \times A_w \\
 &= C_w \times [0.6 \times V_0^2 \times E \times I] \times A_w \\
 &= C_w \times [0.6 \times V_0^2 \times (E_r^2 \times G_f) \times I] \times A_w
 \end{aligned}$$

C_w : 風力係数

E : 環境係数

q (速度圧) = 0.6 × V₀² × E × I

表2-風力係数 C_w

風力係数 (C _w)		適用
順風 (正圧)	逆風 (負圧)	
		図 4-1 で定義する中央部アレイでは、近似式の値を 0.7 倍して使用してもよい。
注記 ◁ は風向、→ は風圧力の方角を表す		

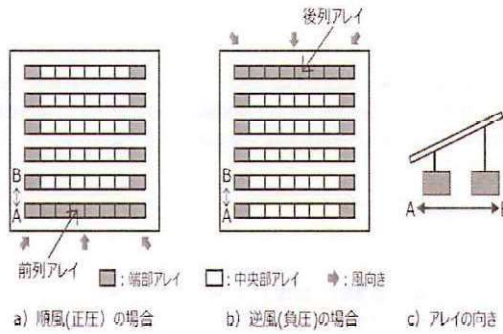


図 4-1 端部アレイ及び中央部アレイ

表3-地表粗度区分 Z_b Z_g α

地表粗度区分	Z _b (m)	Z _g (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	0.10
II 都市計画区域外にあって地表粗度区分 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 地表粗度区分 I、II 又は IV 以外の区域	5	450	0.20
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

表4-影響係数 G_f

地表粗度区分	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 を未満の場合	40m 以上の場合
I	2.0	(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		2.0
III	2.5		2.1
IV	3.1		2.3

表5-用途係数 I

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	1.0
注記 通常の太陽光発電システムの風速の設計用再現期間を 50 年とし、これが用途係数の 1.0 に相当する。	

の中で:

$$Er = 1.7 \times (Zb/Zg)^{\alpha} \quad (H \leq Zb)$$

$$Er = 1.7 \times (H/Zg)^{\alpha} \quad (H \geq Zb)$$

地上設置 (単独) 順風 (正圧)

$$\begin{aligned} Cw_{正} &= 0.35 + 0.055\theta - 0.0005\theta^2 \\ &= 0.35 + 0.055 \times 10 - 0.0005 \times 100 \\ &= 0.850 \quad (\text{ただし } 5 \sim 60 \text{deg}) \end{aligned}$$

地上設置 (単独) 逆風 (負圧)

$$\begin{aligned} Cw_{負} &= 0.85 + 0.048\theta - 0.0005\theta^2 \\ &= 0.85 + 0.048 \times 10 - 0.0005 \times 100 \\ &= 1.280 \quad (\text{ただし } 5 \sim 60 \text{deg}) \end{aligned}$$

地面粗度区分

H (モジュール平均高さ) =	III	5	m	H = (1.5 + 2.273) / 2 = 1.8865m → 5.0m (下記条件より)
Zb =		5	m	
Zg =		450	m	Zb = 5m H ≤ Zb の時は H = Zb とする。
α =		0.2		
V0 (設計基準風速) =		34	m/s	
I (用途係数) =		1		
θ (モジュール角度) =		10	deg	
Aw =		38.18	m ²	
Cw _正 =		0.850		
Cw _負 =		1.280		
Gf =		2.5		

H ≤ Zb

それで

$$\begin{aligned} Er &= 1.7 \times (Zb/Zg)^{\alpha} \\ &= 1.7 \times (5/450)^{0.2} \\ &= 0.691 \end{aligned}$$

以上より風圧荷重Wは、

$$\begin{aligned} \text{順風 (正圧) : } Wz &= Cw_{正} \times [0.6 \times V0^2 \times (Er^2 \times Gf) \times I] \times Aw \\ &= 0.85 \times [0.6 \times 34^2 \times (0.691^2 \times 2.5) \times 1] \times 38.18 \\ &= 26869.5 \quad \text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{逆風 (負圧) : } Wf &= Cw_{負} \times [0.6 \times V0^2 \times (Er^2 \times Gf) \times I] \times Aw \\ &= 1.28 \times [0.6 \times 34^2 \times (0.691^2 \times 2.5) \times 1] \times 38.18 \\ &= 40462.3 \quad \text{N} \end{aligned}$$

2.4 地震荷重

【地震荷重】

設計用地震荷重は、以下の式で算定します。

$$K = k \cdot G \dots\dots\dots \text{一般の地方}$$

$$K = k \cdot (G + 0.35S) \dots\dots\dots \text{多雪地域}$$

K: 地震荷重 (N)
 k: 設計用水平震度
 G: 固定荷重 (N)
 S: 積雪荷重 (N)

表 6 各部に生じる設計用水平震度

	地上設置
架橋部分	0.3以上
基礎部分	0.3以上
水平力に対して有効に土が抵抗できる土中にある基礎部分	0.1以上

【設計用水平震度】

モジュールと支持物で構成される架橋部分及び基礎部分の設計用水平震度は、以下の式で算定します。

$$k = k_H \times Z \times I$$

ここに、 k_H : 各部に生じる水平震度であり、表6に掲げる数値
 Z: 地震地域係数
 I: 用途係数

k_H : 各部に生じる水平震度: この案件のは0.3にする。

Z: 地震地域係数: この案件の地震地域係数は1にする。(JIS C 8955:2017 の表10 参照)

I: 用途係数 (極めて重要な太陽光発電システム: 1.5; 通常設置する太陽光発電システム: 1.0)

$Z = 1$ $I = 1$ $k = k_H \times Z \times I = 0.3$ 一般の地方 $K = k \times G$ $= 0.3 \times 3679.5$ $= 1103.9 \quad N$ この案件は一般地域にある $K = 1103.9 \quad N$	多雪地域 $K = k \cdot (G + 0.35S)$ $= 0.3 \times (3679.5 + 0.35 \times 25872.6)$ $= 3820.5 \quad N$
---	---

2.5 荷重の組合せ

短期軸方向力 (積雪荷重時は順風圧なし、逆風時積雪なしと想定)

W_z (順風正圧) > S (モジュール設計用積雪荷重)

それで

CRレール

$$\begin{aligned} \text{正圧 (積雪/順風荷重時)} \quad L1wz &= G1 + Wz \\ &= 3507.5 + 26869.5 \\ &= 30377.0 \quad N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{負圧 (逆風圧荷重時)} \quad L1wf &= G1 - Wf \\ &= 3507.5 - 40462.3 \\ &= -36954.8 \quad N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震荷重正圧} \quad L1k &= G1 + K \\ &= 3507.5 + 1103.85 \\ &= 4611.4 \quad N \end{aligned}$$

BRレール

$$\begin{aligned} \text{正圧 (積雪/順風荷重時)} \quad L2wz &= G2 + Wz \\ &= 3679.5 + 26869.5 \\ &= 30549.0 \quad N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{負圧 (逆風圧荷重時)} \quad L2wf &= G2 - Wf \\ &= 3679.5 - 40462.3 \\ &= -36782.8 \quad N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{地震荷重正圧} \quad L2k &= G2 + K \\ &= 3679.5 + 1103.85 \\ &= 4783.4 \quad N \end{aligned}$$

荷重の計算は正圧と負圧の絶対値大きいものを採用します。

2.6 許容応力度

許容応力度は、次による。

a. 構造用鋼材 長期荷重の設計応力に対する構造用鋼材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合は、長期荷重の場合の1.5倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_Y/1.5$$

ただし、 $\sigma_B/1.5$ 以下

2) 許容圧縮応力度

$$\sigma_Y/1.5$$

3) 許容曲げ応力度

$$\sigma_Y/1.5$$

4) 許容せん断応力度

$$\sigma_Y / (1.5 \times \sqrt{3})$$

ただし、 $0.7\sigma_B / (1.5 \times \sqrt{3})$ 以下

5) 許容支圧応力度

$$1.1\sigma_Y$$

ここに、

σ_Y : 材料の降伏点応力度 (N・mm⁻²)

σ_B : 材料の引張強さ (N・mm⁻²)

b. 構造用アルミニウム合金材

長期荷重の設計応力に対する構造用アルミニウム合金材の許容応力度は、次による。短期荷重の場合の1.5倍とする。

1) 許容引張応力度

$$\sigma_{0.2}/1.5$$

ただし、 $(5\sigma_B/6) \times (1/1.5)$ 以下

2) 許容せん断応力度

$$\sigma_{0.2} / (1.5 \times \sqrt{3})$$

ただし、 $(5\sigma_B/6) \times [1/(1.5 \times \sqrt{3})]$ 以下

3) 許容圧縮応力度

$$\sigma_{0.2}/1.5$$

ただし、 $(5\sigma_B/6) \times (1/1.5)$ 以下

4) 許容曲げ応力度

$$\sigma_{0.2}/1.5$$

ただし、 $(5\sigma_B/6) \times (1/1.5)$ 以下

5) 許容支圧応力度

5.1) ピン及び接触部

$$\sigma_{0.2}/1.1$$

ただし、 $(5\sigma_B/6) \times (1/1.1)$ 以下

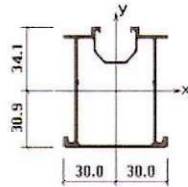
5.2) 滑り支承又はローラ支承部

$$1.9\sigma_{0.2}$$

ただし、 $\sigma_{0.2}$ 最小耐力値 (N・mm⁻²)

3. CRレール強度のチェック

CRレール強度のチェック



A	343.9934	I _p	346846.3056
I _x	212973.5534	I _y	133872.7522
i _x	24.8821	i _y	19.7275
W _x (上)	6240.3922	W _y (左)	4462.3987
W _x (下)	6898.7255	W _y (右)	4462.3987

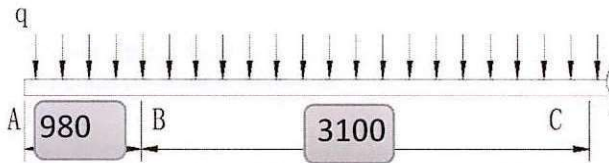
材質:	Al6005-T5		
降伏強度:	σ _f =	215	N/mm ²
材料の弾性係数:	E =	6.90E+10	N/m ²
断面係数:	Z _x =	6240	mm ³
2次モーメント:	I _x =	212974	mm ⁴
			6.20E-06 m ³
			2.13E-07 m ⁴

レールの長さ L₁ = 8160 mm 8.16 m 5 本

$$\begin{aligned} \text{レール一本当たり受ける荷重 } P &= L_1 w_f / 5 \\ &= 36954.8 / 5 \\ &= 7391.0 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{レール一本当たりの単位荷重 } q &= P / L_1 \\ &= 7390.96 / 8.16 \\ &= 905.8 \text{ N/m} \end{aligned}$$

曲げ応力の算定は下記による。



BC間は単純梁として計算する

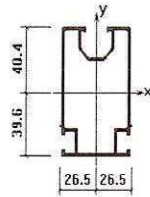
$$\begin{aligned} \text{BC間スパン長 } L_{BC} &= 3100 \text{ mm} = 3.1 \text{ m} \\ \text{BC間の最大曲げモーメント } M &= 1/8 \times q \times L_{BC}^2 \\ &= 1/8 \times 905.8 \times 3.1^2 \\ &= 1088.1 \text{ N}\cdot\text{m} \\ \text{曲げ応力度 } \sigma_b &= M / Z_x \\ &= 1088.1 / (0.62 \times 10^{-5}) \\ &= 1.76\text{E}+08 \text{ N/m}^2 \\ &= 175.50 \text{ N/mm}^2 \\ \text{許容応力度/応力度} &= \sigma_f / \sigma_b \\ &= 215 / 175.5 \\ &= 1.23 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

AB間は片持ち梁として計算する。

$$\begin{aligned} \text{AB間スパン長 } L_{AB} &= 980 \text{ mm} = 98 \text{ cm} \\ \text{AB間の最大曲げモーメント } M &= q \times L_{AB}^2 / 2 \\ &= 905.8 \times 98^2 / 2 \\ &= 43496.5 \text{ Ncm} \\ \text{曲げ応力度 } \sigma_b &= M / Z_x \\ &= 43496.5 / 6240 \times 1000 \\ &= 6971 \text{ N/cm}^2 \\ &= 69.71 \text{ N/mm}^2 \\ \text{許容応力度/応力度} &= \sigma_f / \sigma_b \\ &= 215 / 69.71 \\ &= 3.08 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

4. BRレール強度のチェック

BRレールの基本情報



截面几何参数表

A	466.0379	I _p	567116.0343
I _x	392971.8743	I _y	174144.1600
i _x	29.0382	i _y	19.3305
W _x (上)	9731.0781	W _y (左)	6571.4779
W _x (下)	9919.3153	W _y (右)	6571.4779

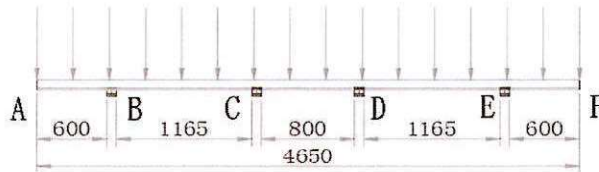
材質: Al6005-T5
 降伏強度: $\sigma_f = 215 \text{ N/mm}^2$
 材料の弾性係数: $E = 6.90E+10 \text{ N/mm}^2$
 断面係数: $Z_x = 9731 \text{ mm}^3$, $9.70E-06 \text{ m}^3$
 2次モーメント: $I_x = 392972 \text{ mm}^4$, $3.93E-07 \text{ m}^4$

BRレールの長さ $L_2 = 4650 \text{ mm} = 4.65 \text{ m}$ 3 本

$$\begin{aligned} \text{BRレール一本当たりの負担荷重 } P &= L_2 w_f / 3 \\ &= 36782.8 / 3 \\ &= 12260.9 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BRレール一本当たりの単位荷重 } q &= P / L \\ &= 12260.9 / 4.65 \\ &= 2636.8 \text{ N/m} \end{aligned}$$

曲げ応力の算定は下記による。



BC間は単純梁として計算する

$$\text{BC間スパン長 } L_{BC} = 1165 \text{ mm} = 1.165 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{BC間の最大曲げモーメント } M &= 1/8 \times q \times L_{BC}^2 \\ &= 1/8 \times 2636.8 \times 1.165^2 \\ &= 447.3 \text{ N} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力度 } \sigma_b &= M / Z_x \\ &= 447.3 / (0.97 \times 10^{-5}) \\ &= 4.61E+07 \text{ N/m}^2 \\ &= 46.11 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{許容応力度/応力度} &= \sigma_f / \sigma_b \\ &= 215 / 46.11 \\ &= 4.66 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

AB間は片持ち梁として計算する。

$$\text{AB間スパン長 } L_{AB} = 600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$$

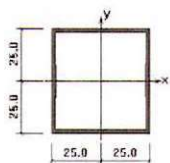
$$\begin{aligned} \text{AB間の最大曲げモーメント } M &= q \times L_{AB}^2 / 2 \\ &= 2636.8 \times 60^2 / 2 \\ &= 47462.4 \text{ Ncm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{曲げ応力度 } \sigma_b &= M / Z_x \\ &= 47462.4 / 9731 \times 1000 \\ &= 4877 \text{ N/cm}^2 \\ &= 48.77 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{許容応力度/応力度} &= \sigma_f / \sigma_b \\ &= 215 / 48.77 \\ &= 4.41 > 1.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

5. 支柱及び基礎の計算

柱の基本情報



断面幾何参数表 0.992

A	367.4745	I _p	280096.9366
I _x	134935.3196	I _y	145161.6169
i _x	19.1624	i _y	19.8752
W _x (上)	5397.4128	W _y (左)	5806.4647
W _x (下)	5397.4128	W _y (右)	5806.4647

材質:	AI6005-T5		
降伏強度:	σ _f = 215	N/mm ²	21500 N/cm ²
材料の弾性係数:	E = 6.90E+10	N/m ²	6.90E+06 N/cm ²
断面係数:	Z _x = 5397	mm ³	5.40E-06 m ³
2次モーメント:	I _x = 134935	mm ⁴	1.35E+01 cm ⁴
截面積:	A = 367	mm ²	

柱の押込計算:

座屈荷重の検討を後支柱で行う。

$$n = 1$$

$$L_6 = 176 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{許容弾性座屈荷重は } P_k &= (n^2 \times \pi^2 \times E \times I_x) / L_6^2 \\ &= (1^2 \times 3.14^2 \times 6.9 \times 10^6 \times 13.4935) / 176^2 \\ &= 29635.19 \text{ N} \\ &= 29.64 \text{ KN} \end{aligned}$$

1 架台は6本の柱で支持される。(前柱3本、後柱3本)

$$\begin{aligned} W &= L_2 w_z / 6 \\ &= 30549 / 6 \\ &= 5091.50 \text{ N} \\ &= 5.09 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$5.09 \text{ KN} < 29.64 \text{ KN} \quad \text{OK}$$

柱の引抜計算:

引抜は暴風時で検討する。

$$\begin{aligned} P &= L_2 w_f / 6 \\ &= 36782.8 / 6 \\ &= 6130.47 \text{ N} \\ &= 6.13 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$A = 3.67 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \delta &= P / A \\ &= 6130.47 / 3.67 \\ &= 1670.43 \text{ N/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma' &= \sigma_f / 1.5 \\ &= 21500 / 1.5 \\ &= 14333.33333 \text{ N/cm}^2 \\ \delta &< \sigma' \quad \text{OK} \end{aligned}$$

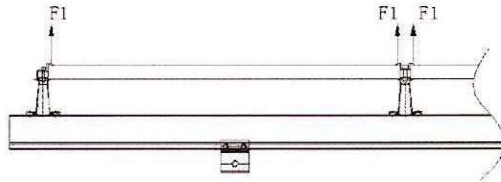
基礎の受力は下記になる:

基礎長期押込み力 F _{v1} = G ₂ / n =	0.61	KN
基礎短期押込み力 F _v = W =	5.09	KN
基礎短期引抜き力 F _p = P =	6.13	KN

6 連結部品の計算

短期逆風を選択して、各接続部品の荷重を計算すること

6.1 中間部、端部金具の引抜き計算



$$\begin{aligned}
 \text{1枚ずつ4点力を受け、各点受け力} F1 &= (G1+Wf)/(4*4*4) \\
 &= 36954.8/(4*4*4) \\
 &= 577 \text{ N}
 \end{aligned}$$

端部金具SGS引っ張り測定結果：

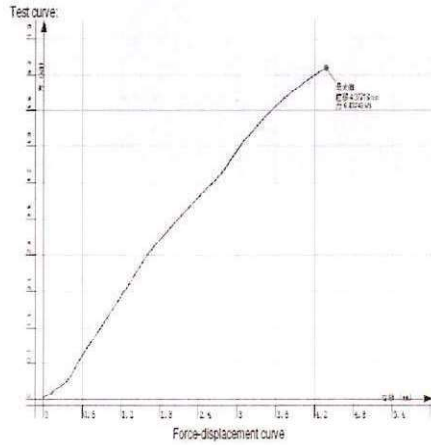
TEST REPORT

No. : XMIN1706003896ML
Date : Jul 03, 2017
Page: 2 of 3

Pull test:
Test method: according to the client's requirements, fix the sample on the test machine as photo 2.
Apply the pull force as a rate of 5mm/min till destruction. Determine the maximum force.

Test Result:

Test Item	Maximum force
Pull test	6.44kN



端部金具受け力 $F1 = 577 \text{ N}$
 $1.5F1 = 866 \text{ N}$

TEST REPORT

No. : XMIN1706003896ML
Date : Jul 03, 2017
Page: 3 of 3

Test Photo:

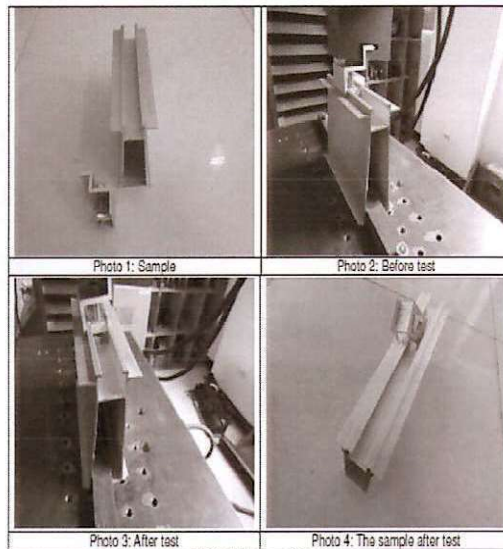


Photo 1: Sample

Photo 2: Before test

Photo 3: After test

Photo 4: The sample after test

***** End of report *****

<

6437 N

OK

中間部金具SGS引っ張り測定結果：

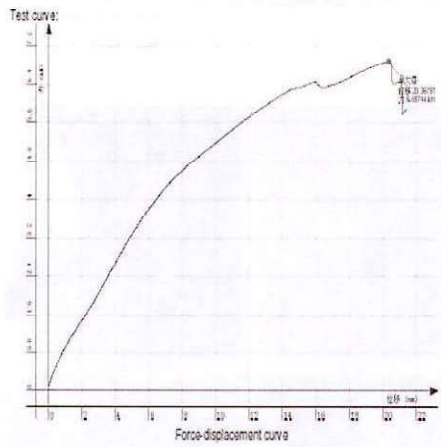
TEST REPORT

No. : XMIN1706003897ML
 Date : Jun 29, 2017
 Page: 2 of 3

Pull test:
 Test method: according to the client's requirements, fix the sample on the test machine as photo 2.
 Apply the pull force as a rate of 5mm/min till destruction. Determine the maximum force.

Test Result:

Test item	Maximum force
Pull test	6.89kN

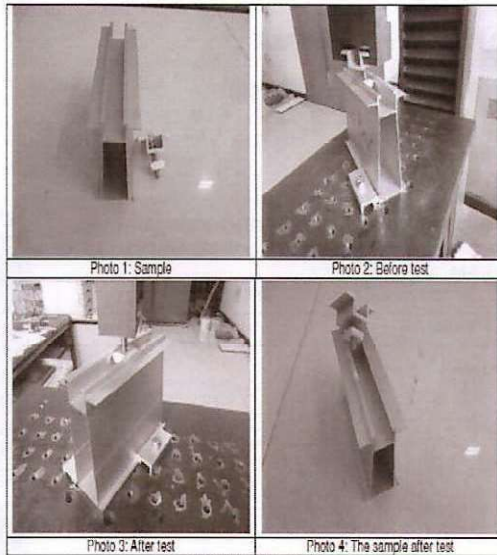


中間部金具受け力2F1= 1155 N
 1.5*2F1= 1732 N

TEST REPORT

No. : XMIN1706003897ML
 Date : Jun 29, 2017
 Page: 3 of 3

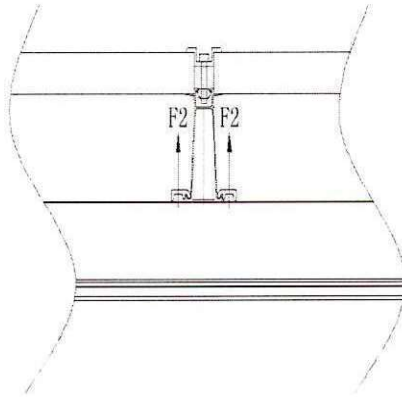
Test Photo:



***** End of report*****

< 6887 N OK

6.2 レールグランプの引抜計算



$$\begin{aligned} \text{各グランプの受け力} F2 &= (G1+Wf)/\text{数量} \\ &= 36954.8/30 \\ &= 1232 \text{ N} \end{aligned}$$

レールグランプ S G S 引っ張り測定結果：

TEST REPORT

No. : XMIN1706003898ML
Date : Jun 29, 2017
Page: 2 of 3

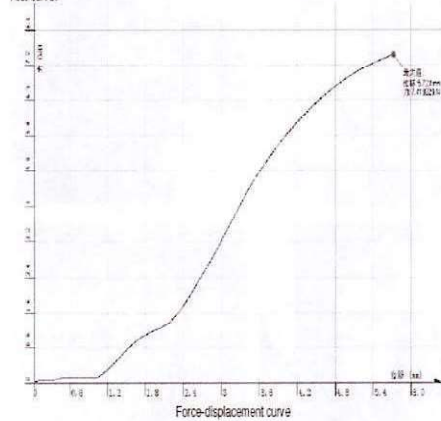
Pull test:

Test method: according to the client's requirements, fix the sample on the test machine as photo 2. Apply the pull force as a rate of 5mm/min till destruction. Determine the maximum force.

Test Result:

Test item	Maximum force
Pull test	7.42kN

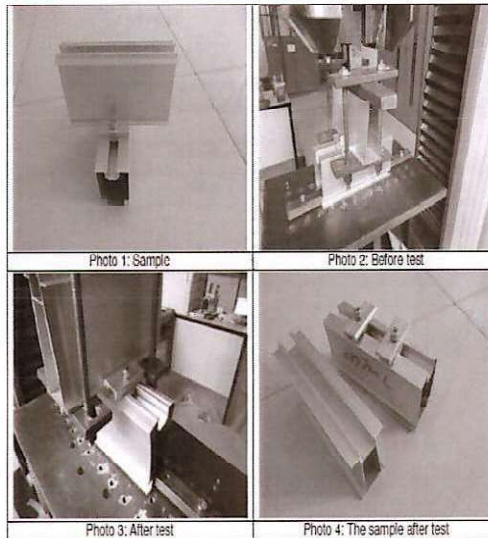
Test curve:



TEST REPORT

No. : XMIN1706003898ML
Date : Jun 29, 2017
Page: 3 of 3

Test Photo:



***** End of report*****

$$\begin{aligned} \text{グランプ2個受け力} 2F2 &= 2464 \text{ N} \\ 1.5 * 2F2 &= 3695 \text{ N} \end{aligned}$$

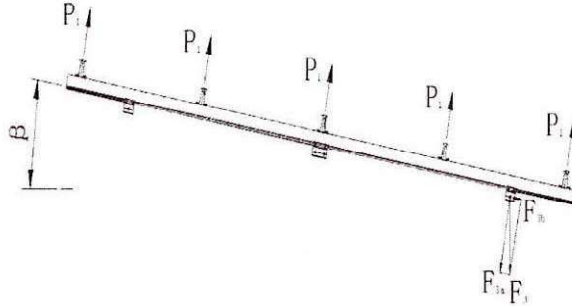
<

7419 N

OK

6.3 縦レールH型グラブの受け力計算

逆風時、支柱から軸力を受けていて、前の支柱軸力が大きいです。その通り、前支柱H型グラブの受け力を算出すること。



H型グラブ逆力F3=柱軸力= 6130 N

$$\begin{aligned} F_{3a} &= F_3 \cdot \cos\beta \\ &= 6130.47 \cdot \cos 10 \\ &= 6037 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{3b} &= F_3 \cdot \sin\beta \\ &= 6130.47 \cdot \sin 10 \\ &= 1065 \text{ N} \end{aligned}$$

H型グラブ° S G S 縦方向引っ張り測定結果

TEST REPORT

No. : XMIN1706003894ML
Date : Jun 28, 2017
Page: 2 of 3

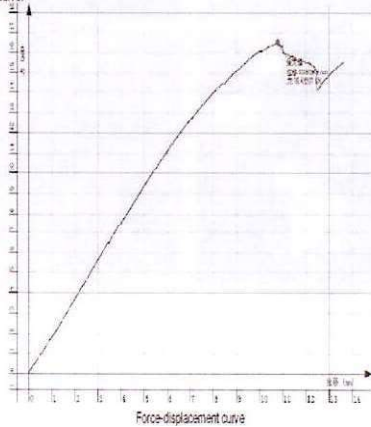
Pull test:

Test method: according to the client's requirements, fix the sample on the test machine as photo 2.
Apply the pull force as a rate of 5mm/min till destruction. Determine the maximum force.

Test Result

Test item	Maximum force
Pull test	16.90kN

Test curve:

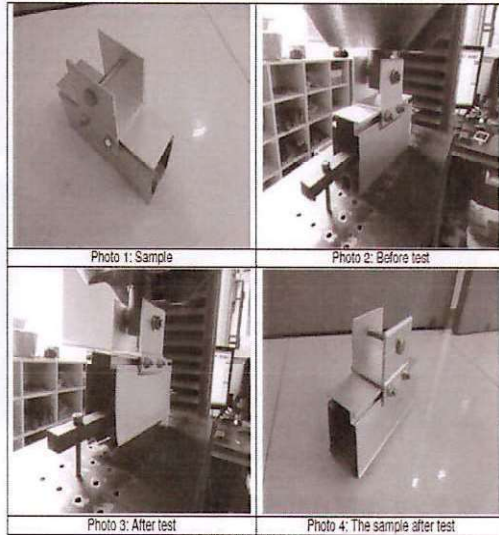


$$\begin{aligned} F_{3a} &= 6037 \text{ N} \\ 1.5F_{3a} &= 9056 \text{ N} \end{aligned}$$

TEST REPORT

No. : XMIN1706003894ML
Date : Jun 29, 2017
Page: 3 of 3

Test Photo:



***** End of report *****

< 16499 N OK

H型グランプ S G S 横方向引っ張り測定結果

TEST REPORT

No. : XMIN1706003895ML
Date : Jun 29, 2017
Page: 2 of 3

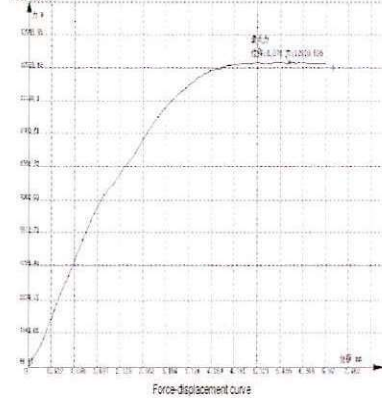
Resistance slip test

Test method: according to the client's requirements, fixed the sample on the test machine as photo 2.
Apply the force on the rail as a speed of 5mm/min till slipped. Determine the maximum force.

Test Result

Test item	Maximum force (kN)
Resistance slip test	12.81

Test curve



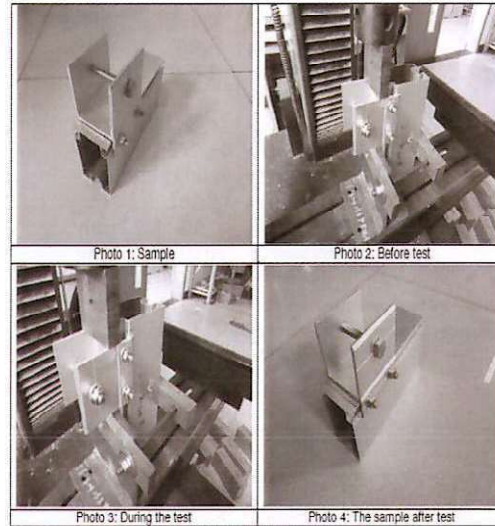
$$F3b = 1065 \text{ N}$$

$$1.5F3b = 1597 \text{ N}$$

TEST REPORT

No. : XMIN1706003895ML
Date : Jun 29, 2017
Page: 3 of 3

Test Photo:



***** End of report *****

< 12810 N OK

6.4 ベースの受け力計算

ベースに引張られる力は杭を受ける軸力の逆力とのこと

後支柱杭受ける軸力: 6130 N

ベース受ける引っ張り力 $F4 = 6130 \text{ N}$

ベース S G S 引っ張り測定結果:

TEST REPORT

No. : XMIN1706003905ML-01
Date : Jul 03, 2017
Page: 2 of 3

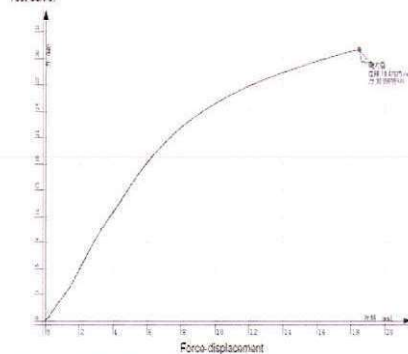
Pull test:

Test method: according to the client's requirements, assembly and fix the sample on the test machine as photo 2. Apply the pull force as a speed of 5mm/min till fracture or slip. Determine the maximum force.

Test result

Test item	Test condition	Maximum force	Fracture type
Pull Test	The base is aligned with the center of the flange when assembly	31.00kN	The base fractured

Test curve:



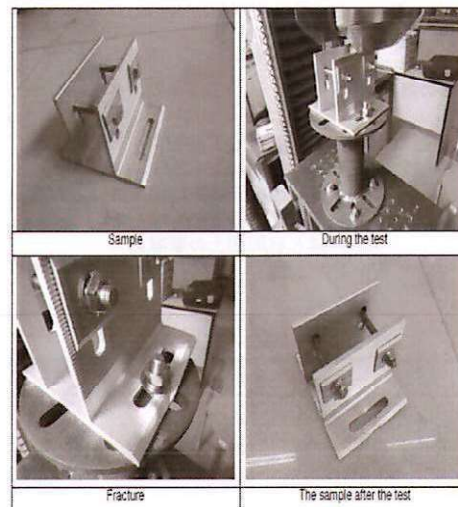
Note: This report is to supersede test report No. XMIN1706003905ML.

$$1.5F4 = 9196 \text{ N}$$

TEST REPORT

No. : XMIN1706003905ML-01
Date : Jul 03, 2017
Page: 3 of 3

Photo:



***** End of report *****

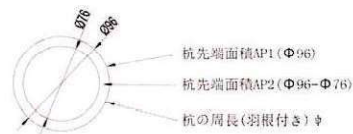
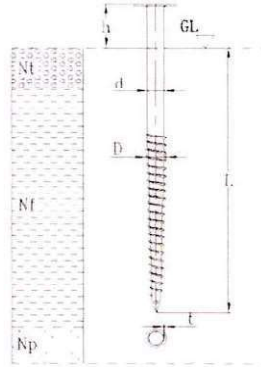
< 31000 N OK

基礎杭強度計算書

1.設計条件

1.1.基礎杭種類：スクリュー杭76-3.0

杭自重 w	=	9.679	kg
	=	0.095	KN
杭突出長 h	=	200	mm
杭根入れ長 L	=	1400	mm
杭の外径 d	=	76	mm
杭肉厚 t	=	3	mm
杭先端面積 $Ap1$	=	0.00723	m^2
杭先端面積 $Ap2$	=	0.0027	m^2
杭の周長(羽根付き) ϕ	=	0.301	m
杭の外径(羽根付き) D	=	96	mm
杭体の弾性係数 E	=	201000	N/mm^2
	=	$2E+08$	KN/m^2
等軸回り検討に用いる杭体の断面二次モーメント I_x	=	459074	mm^4
強軸回り検討に用いる杭体の断面二次モーメント I_y	=	459074	mm^4
断面係数 Z	=	12081	mm^3



1.2地盤条件

地盤条件として、下記設計 N 値を設定する。

設計 N 値：

N=	4
Nt=	4 (地表面から $1/\beta$ m の N 値)
Nf=	4 (杭周面土の平均 N 値)
Np=	4 (杭先端から下に $1d$, 上に $4d$ 間の平均 N 値)

1.3.設計用荷重値

検討に用いる設計用荷重値は、「太陽電池支持物の構造計算書」により下記の通り求められる

a) 長期押込み力: F_{vl}	=	0.61	KN
b) 短期押込み力: F_v	=	5.09	KN
c) 短期引抜き力: F_p	=	6.13	KN

1.4.適用指針

- 「国土交通省告示第1113号（平成13年7月2日）」
- 「建築基礎構造設計指針」（日本建築学会）
- 「鋼構造設計規準」（日本建築学会）
- 「道路橋示方書・同解説 IV下部工編」（日本道路協会）

2.鉛直支持力の検討「国土交通省告示第1113号（平成13年7月2日）」

土質: 粘性土
 スクリュー杭の長さ L = 1.6m
 打ち込み深さ = 1.4m

2.1 押込み耐力 sRa の計算

長期押込み耐力 $sRa1 = 1 \cdot qp \cdot Ap1 + 1/3 \cdot Rf - Wp$
 短期押込み耐力 $sRa2 = 2 \cdot qp \cdot Ap1 + 2/3 \cdot Rf - Wp$
 ここに qp : 基礎杭の先端の地盤の許容応力度 (kN/m^2)
 Ap : 杭先端の有効断面積 (m^2)
 Rf : 杭と杭周面土の摩擦力
 Wp : 杭自重 $Wp = 0.095$ KN

2.1.1 杭先端支持力の計算

打込み杭の先端の地盤の許容応力度は

$$\begin{aligned} q_p &= 300/3 \cdot N \\ &= 100 \cdot 4 \\ &= 400 \quad \text{KN/m}^2 \\ A_{p1} &= 0.00723 \quad \text{m}^2 \\ 2 \cdot q_p \cdot A_{p1} &= 2 \cdot 400 \cdot 0.00723456 \\ &= 5.78765 \quad \text{KN} \end{aligned}$$

2.1.2 杭と杭周面土の摩擦力 Rf

$$R_f = (10/3 \cdot N_s \cdot L_s + 1/2 \cdot q_u \cdot L_c) \cdot \psi$$

$$N_s = 0$$

Ns: 基礎ぐいの周囲の地盤のうち砂質地盤の標準貫入試験による打撃回数(30を超えるときは30とする。)の平均値(単位 回)

$$L_s = 0$$

Ls: 基礎ぐいとその周囲の地盤のうち砂質地盤に接する長さの合計(単位 m)

qu: 基礎ぐいの周囲の地盤のうち粘土質地盤の一軸圧縮強度 (200を超えるときは200とする。)の平均値 (単位KN/m²)

$$q_u = 12.5 \cdot N$$

$$N = 4$$

N: 土壌の換算平均N値

$$q_u = 12.5 \cdot N = 50 \quad \text{KN/m}^2$$

Lc = 1.4 基礎ぐいとその周囲の地盤のうち粘土質地盤に接する長さの合計(単位 m)

$$\psi = 0.301 \quad \text{杭の周囲の長さ} \cdot \text{m}$$

$$R_f = 1/2 \cdot 50 \cdot 1.4 \cdot 0.301$$

$$= 10.535 \quad \text{KN}$$

2.1.3 押込み耐力 sRa

$$\begin{aligned} \text{長期押込み耐力 } sRa1 &= 1 \cdot q_p \cdot A_p + 1/3 \cdot R_f - W_p \\ &= 1 \cdot 400 \cdot 0.00723456 + 1/3 \cdot 10.535 - 0.095 \\ &= 6.31049 \quad \text{KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{短期押込み耐力 } sRa2 &= 2 \cdot q_p \cdot A_p + 2/3 \cdot R_f - W_p \\ &= 5.787648 + 2/3 \cdot 10.535 - 0.095 \\ &= 12.716 \quad \text{KN} \end{aligned}$$

2.2 引抜き耐力 tRa の計算

$$\begin{aligned} tRa &= 2 \cdot q_p \cdot A_{p2} + 8/15 \cdot R_f + W_p \\ A_{p2} &= 0.0027 \quad \text{m}^2 \\ 2 \cdot q_p \cdot A_{p2} &= 2 \cdot 400 \cdot 0.0027004 \\ &= 2.16032 \quad \text{KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tRa &= 2.16032 + 8/15 \cdot 10.535 + 0.095 \\ &= 7.87399 \quad \text{KN} \end{aligned}$$

長期押込み力:Fv1=	0.61 KN	<	sRa1	OK
短期押込み力:Fv=	5.09 KN	<	sRa2	OK
短期引抜き力:Fp=	6.13 KN	<	tRa	OK