

PDCE 避雷球の設置について 設計と取付 (PDCE避雷球取付施工要領)

2025年7月9日 第12版

- PDCE避雷球を取付ける支持管を設計/製作する前に御一読下さい。
- 弊社、落雷抑制システムズは、支持管の設計/製作はいたしません。
必要な場合には、それを行う協力会社様を紹介させていただきます。
- 風圧・振動への強度計算は、支持管を設計/製作する会社の責任で行って下さい。

【お問い合わせ】

株式会社落雷抑制システムズ

担当:松本賢

[TEL:045-264-4110](tel:045-264-4110)

対応時間:平日9:00-17:00



株式会社 落雷抑制システムズ
Lightning Suppression Systems

導入の流れ

① 導入前検討

○取付場所・方法の策定 (P.3~5)

○保護範囲の設定

・保護対象が保護域に入るように、PDCEの取付高さを決める。(P.6)

・既設避雷針を交換する場合、同じ本数を同じ高さに取り付ける。

(避雷設備の設置義務がある場合)

② 構造物強度計算(P.7~9)

・建築基準法施行令第87条/建設省告示第1454号等の現行規定に則る。

・本資料では風圧強度計算のみを示しているが、別途耐震計算も必要。

・計算例については付録1を参照。

*弊社では、個々の支持管強度計算サービスは行っておりません。

③ (PDCE+支持管)を構造物に取り付けても支障なきことの確認(P.10)

④ 支持管の制作・工事

○材料の搬入計画・安全施工(P.11)

○フランジ部ボルト締結時の注意点(P.12)

○支持管連結例(P.13,14)

⑤ 接地抵抗の確認(P.15)

⑥ 役所への手続き

・避雷針の取替のみであれば不要の場合がほとんど。

(各市町村で確認のこと)

⑦ 完成図書の作成

付録1「牛久大仏PDCEシステム支持柱強度検討書」

①取付場所の策定 屋上/側壁に取り付ける場合

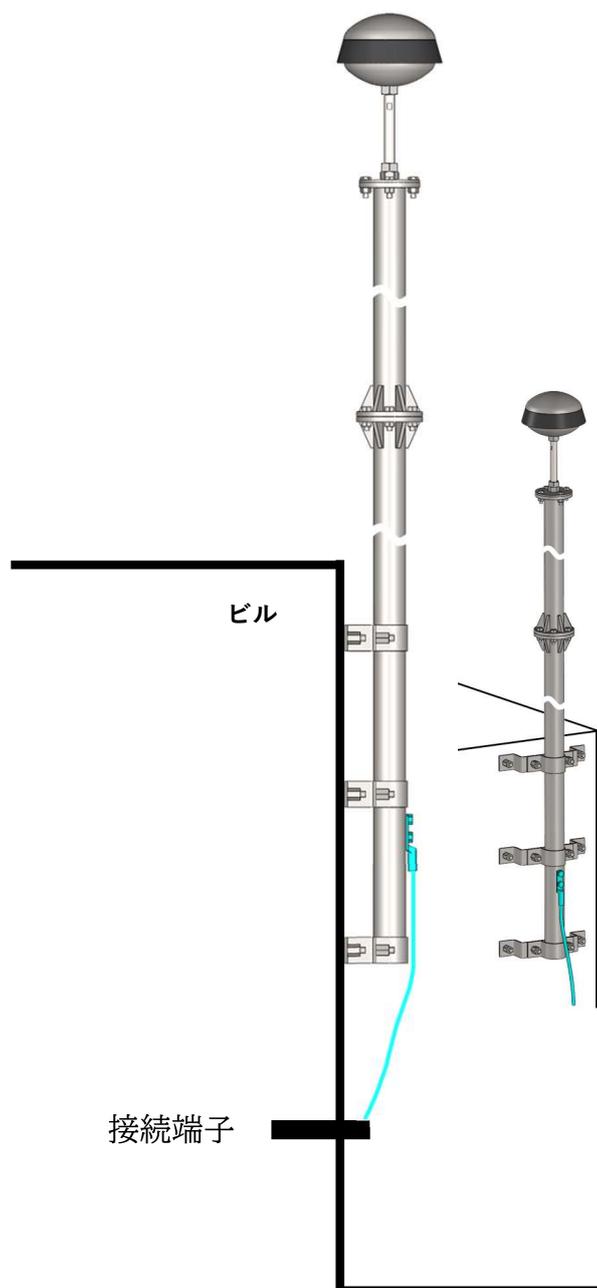
○高さ5mを超える場合、ステー(支線)の必要性も検討する

○通常避雷針と同じ扱いで取り付ける

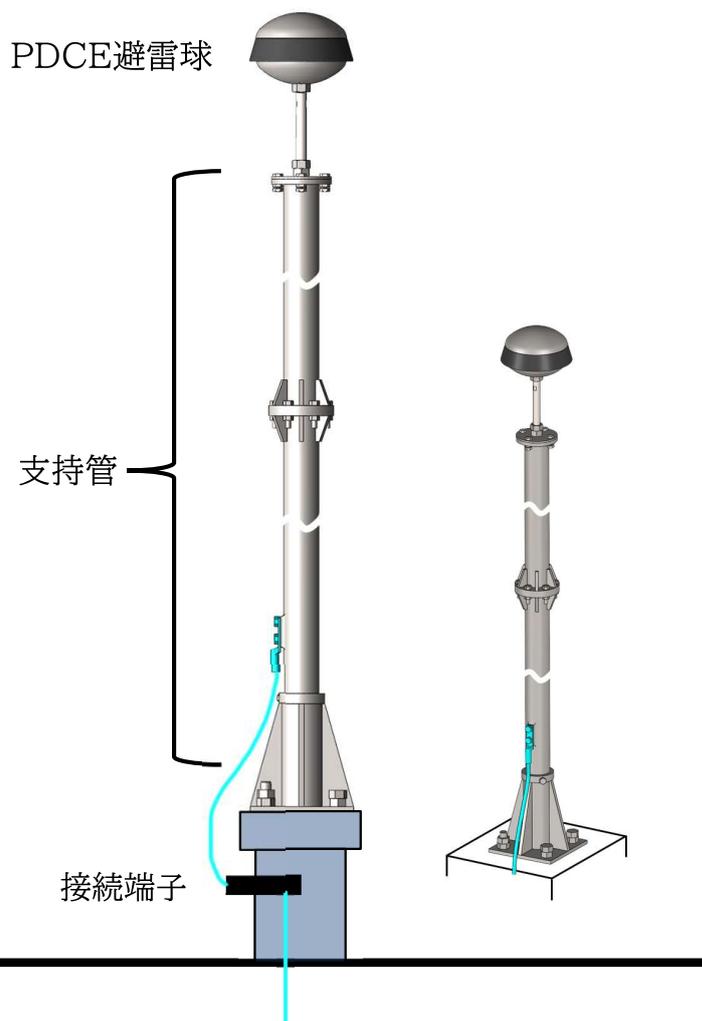
○PDCEが突針型避雷針と異なる点

水平投影面積が大きく、重量がある⇒これらを考慮して設計のこと

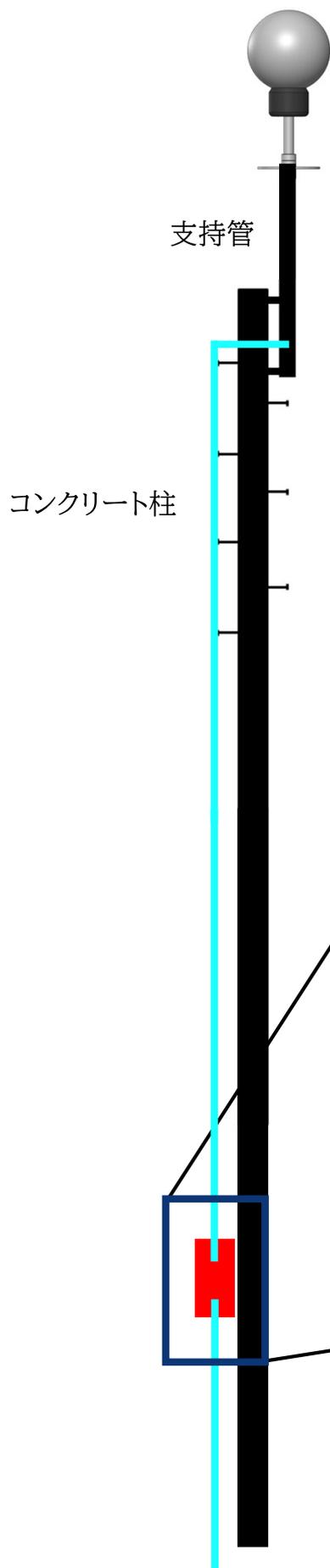
●側壁への取付



●屋上への取付



①取付場所の策定 建柱して取り付ける場合



○コンクリート柱の場合

1. 支持管から引き下げ導線を下ろし、試験箱を経由し、オニヨリ線で接地
2. 支持管には、接地用端子が必要

○金属製ポールの場合

1. 金属製ポールでは、ポールの上端と下端でポール自体を導線とする
2. 磁性管を用いる場合、中に接地線は通さない

試験用端子箱と端子



ハンダで固める



①支持管への取り付け方法の策定

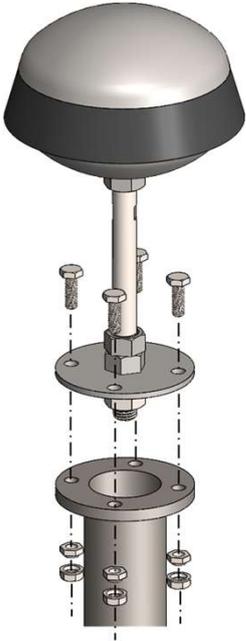
【支持管素材】

STK管/SGP管/SUS管 など

*アルミ製ポールは電蝕の懸念があるためご利用頂けません。

○推奨

支持管にフランジを溶接にて成形

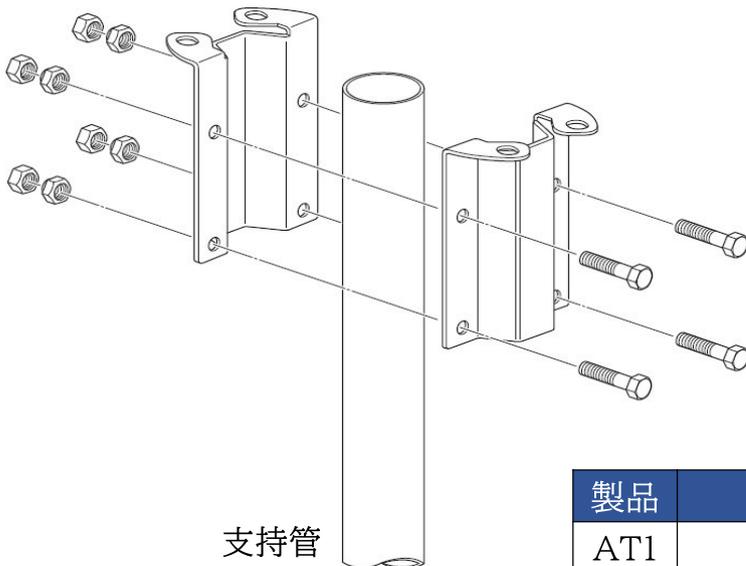


フランジサイズ

機種	直径(mm)	ボルト穴PCD(mm)
Baby	90	70
Junior/ALB小	115	90
Magnum/ALB大	150	115

○アタッチメントを使用

溶接の受けの方が強度面では有利です



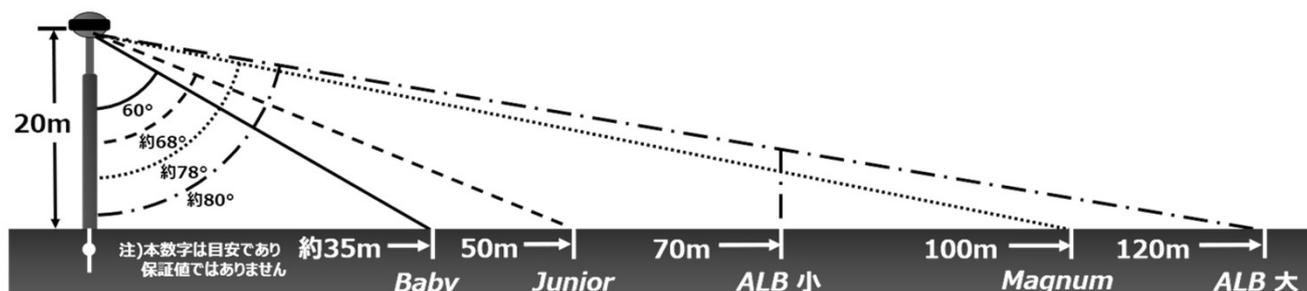
アタッチメント

製品	対応機種	支持管サイズ
AT1	Baby	32A(Φ42.7mm)
AT2	Junior/ALB小	40A(Φ48.6mm)
AT3	Magnum/ALB大	50A(Φ60.5mm)
AT4	Magnum/ALB大	65A(Φ76.3mm)

①PDCE避雷球の保護範囲/取付高さの設定

○建築基準法で避雷設備の設置義務がある場合
⇒JISの避雷設備の規格に則った保護範囲で設置

○建築基準法で避雷設備の設置義務がない場合
⇒下図参照



※注意

- ・建築基準法で避雷設備の設置義務がある場合は、PDCEの実証試験による保護範囲は適用不可。
- ・建築基準法に則った保護範囲の検討および設置が必要。

(例)

高級車の最高速度が300km/hでも、公道で走る際は道路交通法に準じて走行。
製品の性能と、法律は別。

②構造物強度計算

○風圧計算

全頁①で設定した取付高さや設置場所の地表面粗度区分、設計風速などを基に計算を行ってください。

【下記に該当するケースは要注意】

- ・ 設計用基準風速 $V_0=38\text{m/s}$ を越える地域(特に鹿児島、沖縄)
- ・ 地表面粗度区分が I の地域
- ・ 標高800n を越える場所(着氷等)
- ・ 高さ 60m を超える所

【地表面粗度区分】

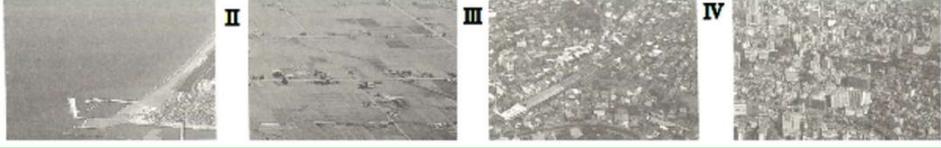
風圧力を算定する基準(地表面粗度区分)の合理化
(平成12年建設省告示第1454号)

国土交通省

【スケジュール】 公布:令和2年12月7日 施行:令和4年1月1日

地表面粗度区分

- ・ 地表面に建築物や樹木等の障害物が多いほど、風速が低減され、建築物に作用する風圧力も小さくなる。
- ・ 建築基準法の構造計算にあたっては、地表面の障害物の影響を考慮するため、地表面の粗さを4段階(I~IV)に区分し、各区分に対応した一定の補正係数を乗じて、風圧力を算定している。



日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説より

<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/H12-1454.pdf>

I 沿岸地域

都市計画区域外で極めて平坦で障害物のないものとして特定行政庁が定める区域。

II 田園地域(高さ13mの場合を除く)

都市計画区域外にあって地表面粗度区分 I の区域以外の区域又は、都市計画区域内にあって地表面粗度区分IVの区域外の区域のうち、海岸線又は湖岸線までの距離が500m以内の地域。

III 一般地域(建築物の多くはIII地区)

地表面粗度区分 I、II、IV以外の区域。

IV 都市部

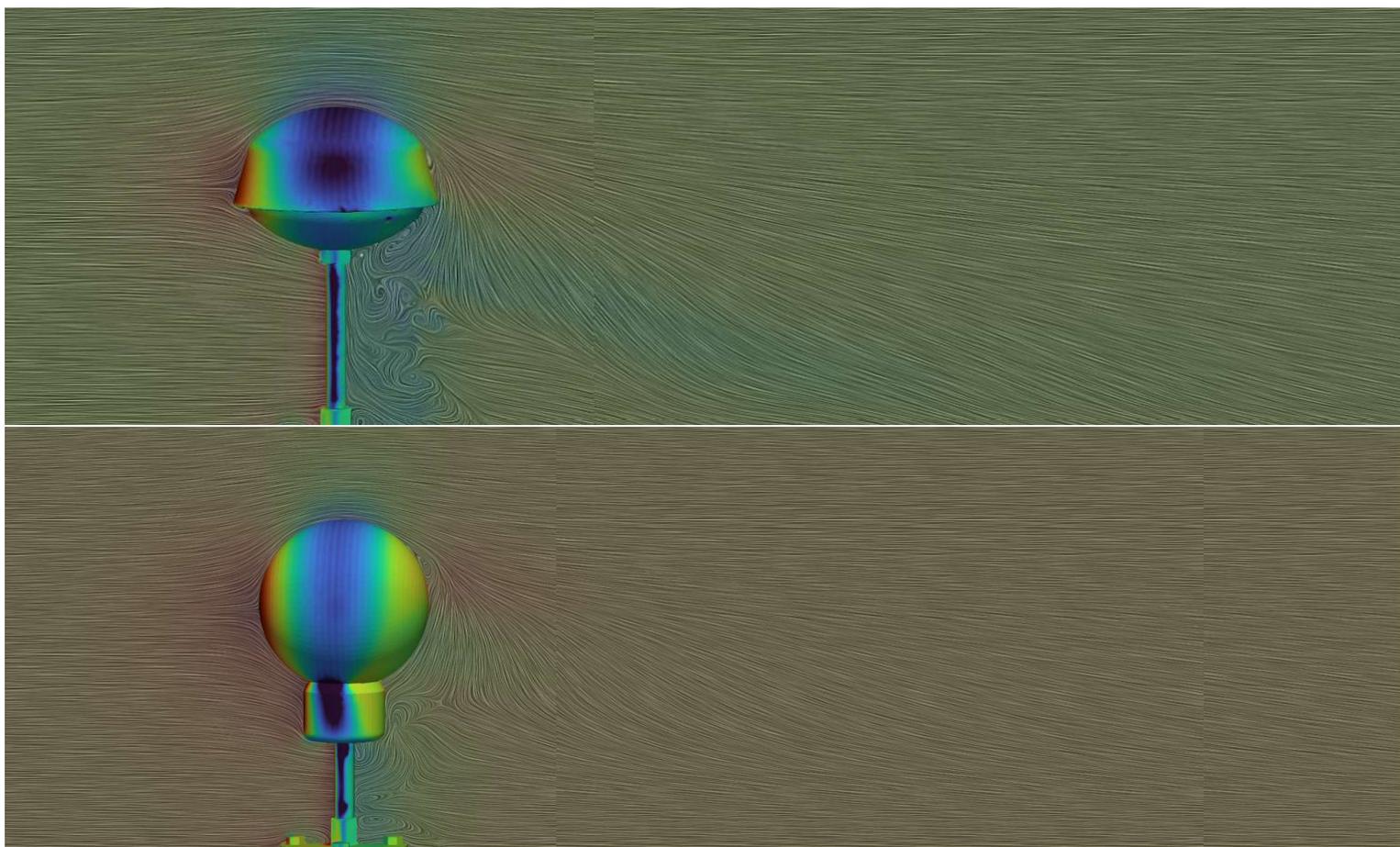
都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域。

【建築基準法施行令第87条2項に基づく都道府県基準風速 V_0 の数値例】

番号区分	都道府県	市区	基準風速 $V_0(\text{m/S})$	番号区分	都道府県	市区	基準風速 $V_0(\text{m/S})$	番号区分	都道府県	市区	基準風速 $V_0(\text{m/S})$
①	北海道	札幌市	32	⑩	神奈川県	横須賀市	36	⑳	岡山県	岡山市	32
②		函館市	34	⑪	山梨県	富士吉田市	32	㉑	島根県	益田市	32
③	青森県	全域	34	⑫	長野県	全域	30	㉒	広島県	呉市	34
④	岩手県	久慈市	32	⑬	富山県	全域	30	㉓	山口県	全域	34
⑤	秋田県	秋田市	32	⑭	石川県	全域	30	㉔	香川県	全域	34
⑥	宮城県	全域	30	⑮	福井県	敦賀市	32	㉕	徳島県	徳島市	36
⑦	山形県	鶴岡市	32	⑯	岐阜県	岐阜市	34	㉖	高知県	室戸市	40
⑧	福島県	全域	30	㉀	静岡県	伊東市	36	㉗	愛媛県	全域	34
⑨	新潟県	新潟市	30	㉁	愛知県	名古屋市	34	㉘	大分県	大分市	32
⑩	茨城県	水戸市	32	㉂	京都府	全域	32	㉙	福岡県	福岡市	34
⑪	栃木県	全域	30	㉃	奈良県	五條市	34	㉚	佐賀県	全域	34
⑫	群馬県	全域	30	㉄	大阪府	大阪市	34	㉛	熊本県	熊本市	34
⑬	埼玉県	浦和市	34	㉅	和歌山県	全域	34	㉜	宮崎県	宮崎市	36
⑭	千葉県	銚子市	38	㉆	兵庫県	神戸市	34	㉝	鹿児島県	名瀬市	46
⑮	東京都	23区	34	㉇	鳥取県	鳥取市	32	㉞	沖縄県	全域	46

②PDCEの空気抵抗について

CFDによる空気抵抗一覧



	①	②	③
製品	Cd値	受風面積	着点 (フランジ面より)
Magnum	0.55	410cm ²	28.9cm
ALB大	0.50	420cm ²	25.0cm
ALB小	0.55	170cm ²	15.1cm
Junior	0.52	260cm ²	22.5cm
Baby	0.65	110cm ²	17.0cm

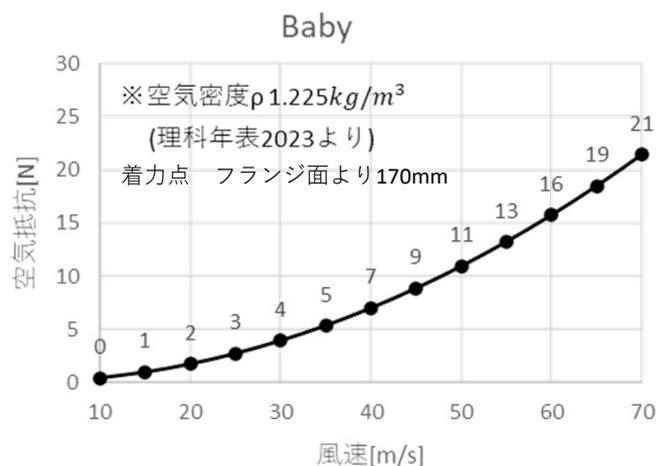
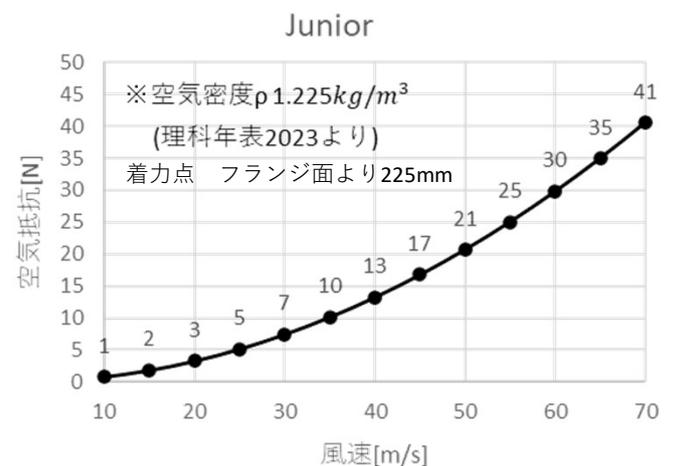
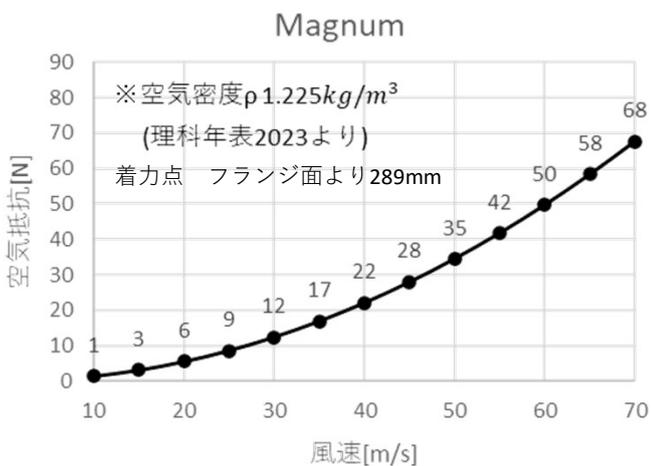
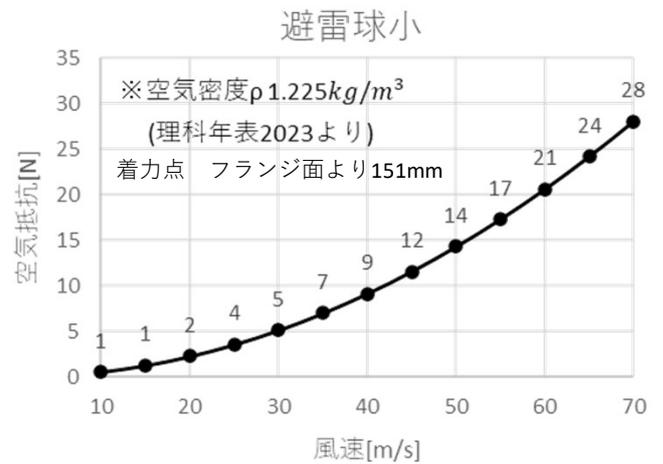
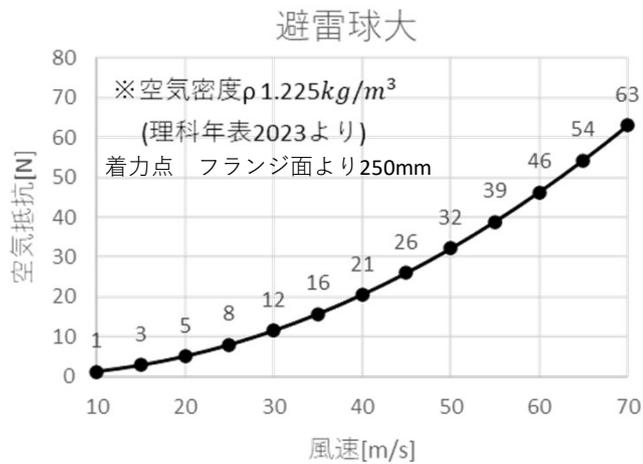
【PDCEによる空気抵抗の計算方法】

- 1、上記表の①、②の数字を用いて、任意の風速での空気抵抗を算出・・・A
- 2、支持管の長さに③の長さを足した値・・・B
- 3、PDCEによる支持管への曲げモーメント=A×B

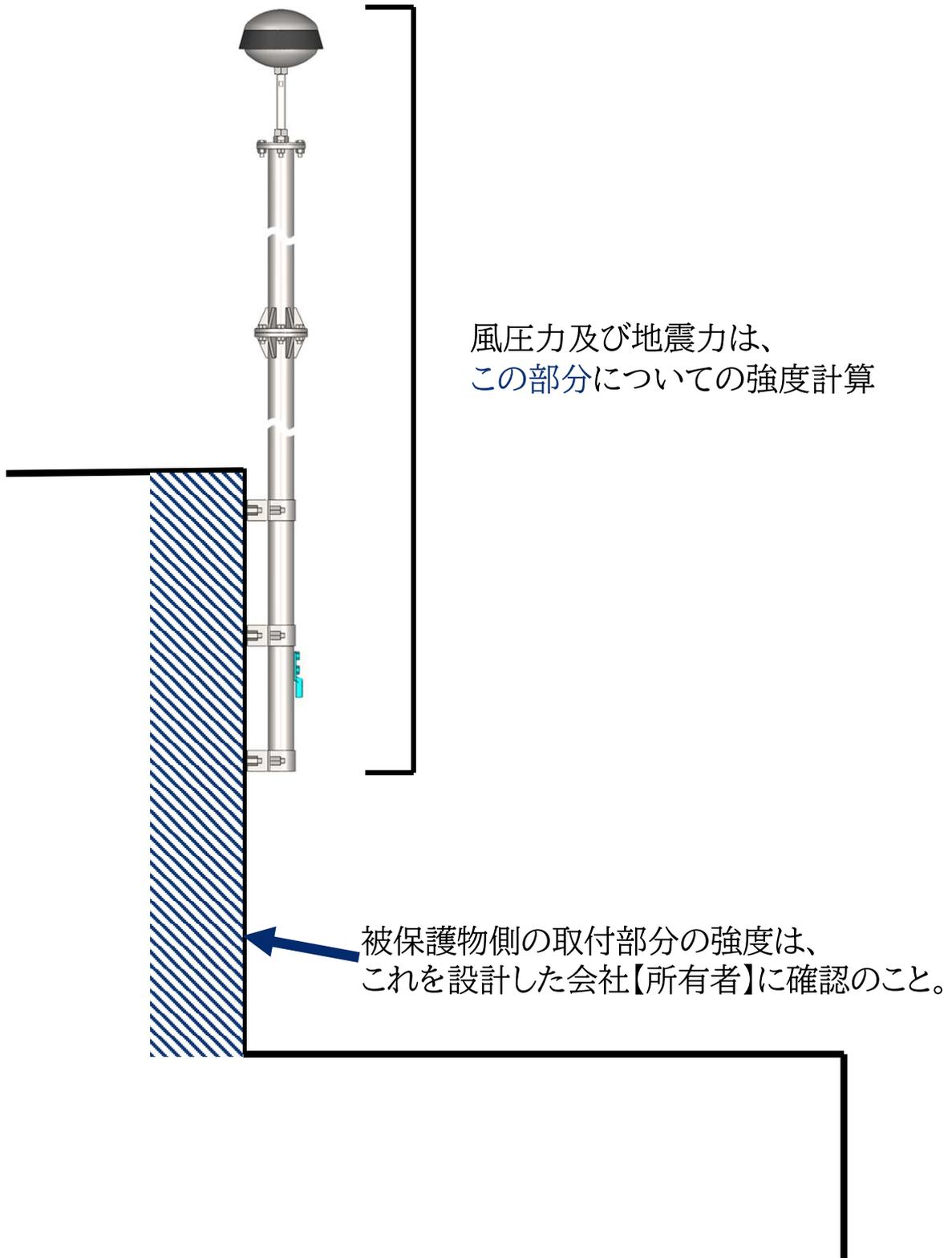
支持管自身の風圧による曲げモーメントに、上記の曲げモーメントを足し合わせた値を、応力式での曲げモーメントとして許容応力度を求めてください。

もしくは上記計算ではなく、十分に余裕をもたせた風力係数Cfを設定してください。

②風速ごとの空気抵抗一覧 前述のAの値



③被保護物側の強度の確認



④材料の搬入計画・安全施工

○材料を取付現場までどの様に搬入するか？

人力/クレーンで搬入

○ **最重要** 高所での安全確保

最優先で考える

作業員だけでなく、設置場所の下にいる人にも影響

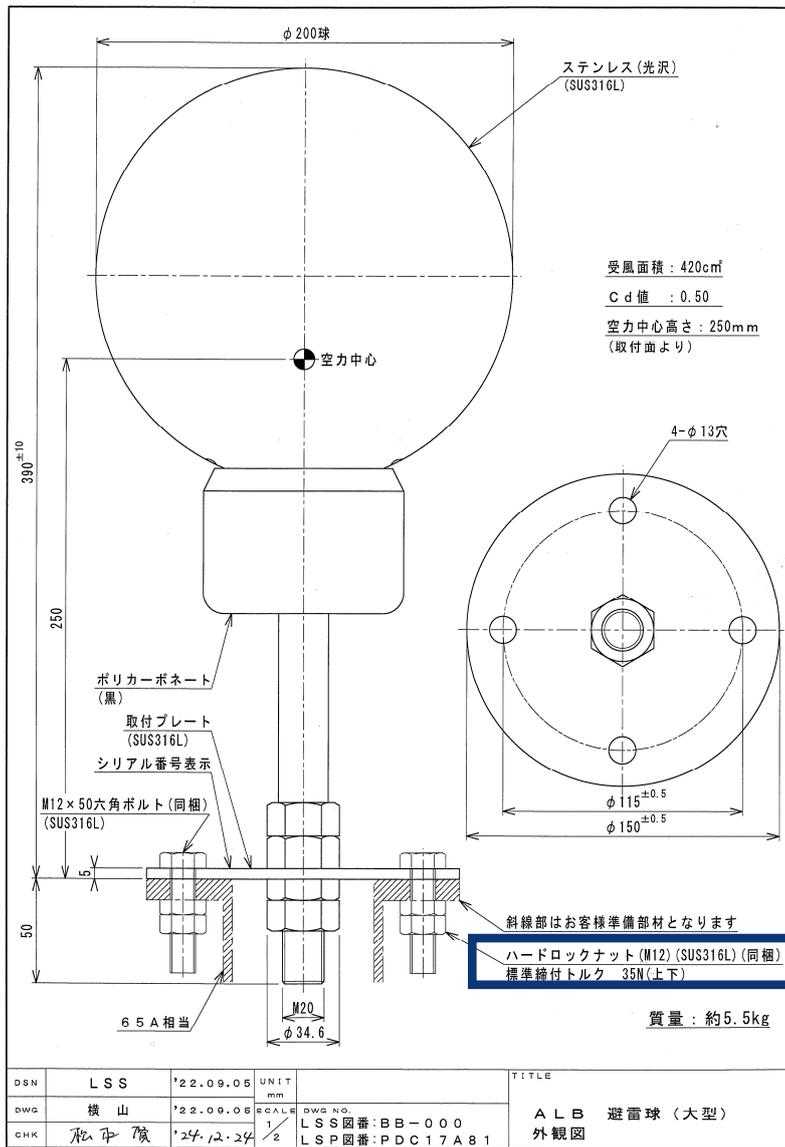
高さHからものを落下させると、水平距離で2Hまで達する

●落雷が発生しそうなときは絶対に作業をしない

注意事項 接地工事を開始する前に

1. 施主の立会の下で場所の最終確認をすること。
2. 埋蔵物があることが分かっている場合には、現場責任者は常時立ち会うこと。
3. 埋設物がある場合には手掘りで始めること【60cm】
いきなり機械掘りで始めない。
4. 埋設物が出てきたら、アース棒打ちこみチームを招集し、
埋設物の位置について全員が理解すること。
5. 埋設物の位置を示す杭などを打って、仮埋めした後も位置が分かるように
しておくこと。
6. 埋設物を破壊してしまった場合には、速やかに施主に報告し、
復旧のスケジュールについて確認するとともに、関係者に連絡すること。
復旧を最優先とする。

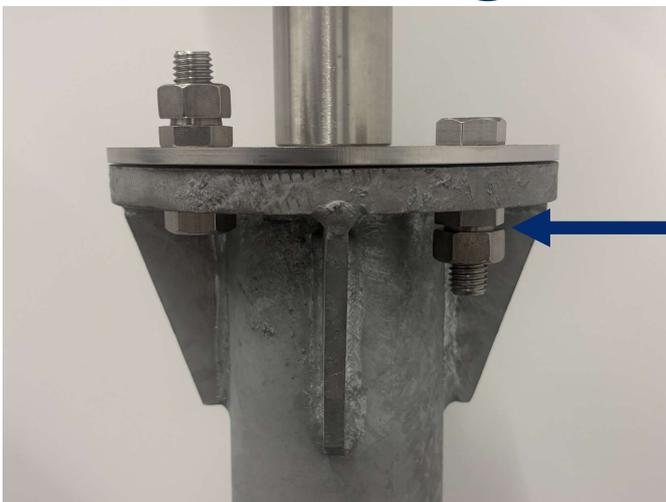
④PDCEフランジ部ボルト締結時の注意点



← ボルトの締付トルクは
図面を参照ください



ハードロックナットは、
ナットが必ず下になるように取り付けてください



- ・ハードロックナットはダブルナットとは異なり、適切な締付トルクではナット間に隙間があるように見えるのが正常です。
- ・隙間がなくなるまで締めこむと、ボルトが破損する可能性があります。

④ 支持管の連結の一例



④支持管の連結の一例

○上部締結



○下部締結

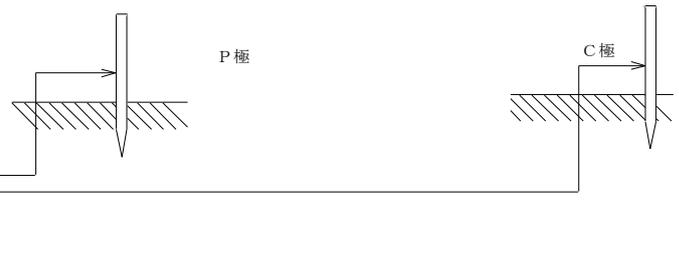
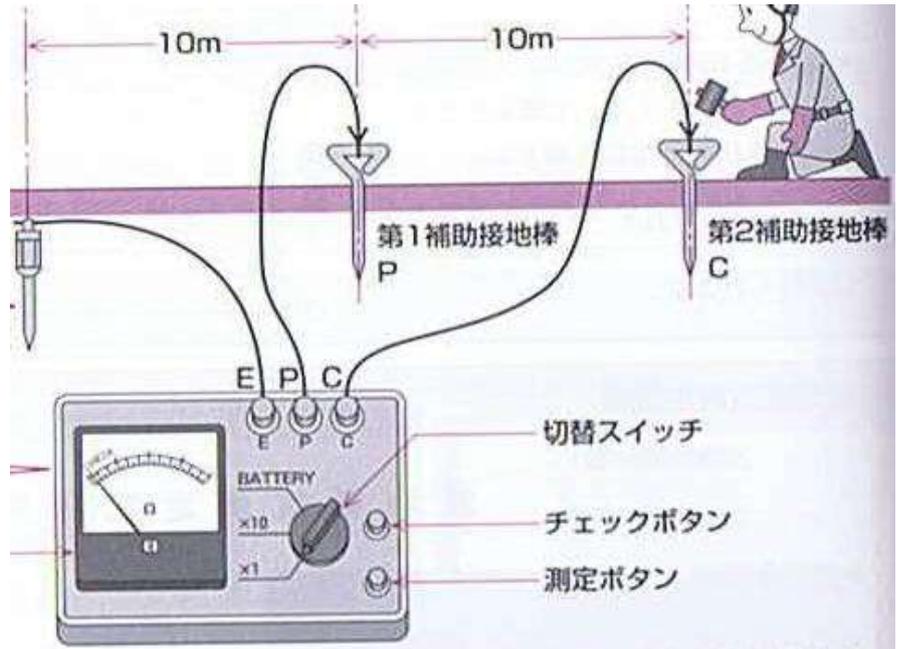
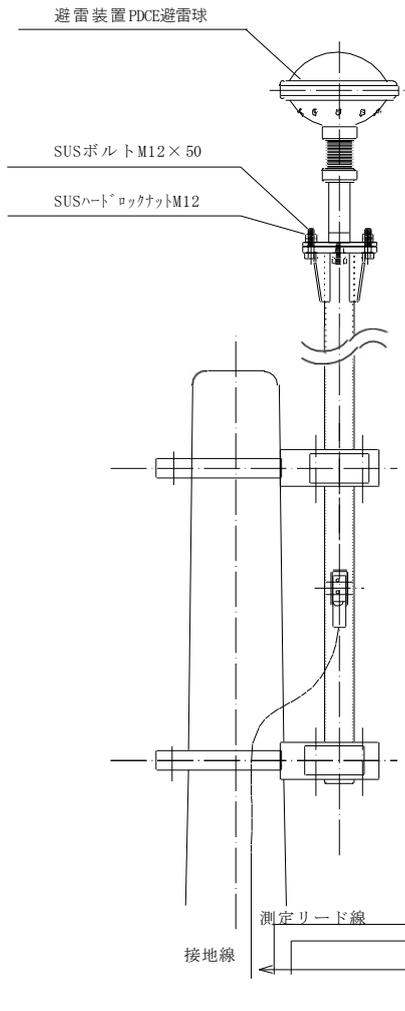


現場加工を行った場合には、適切な防錆処理を行うこと。

- *鉄部材の場合、加工によりメッキが剥がれた部分から錆が発生し破損する恐れがあります。
- *塗装によって電氣的接続が確保されないことがあります。
電氣的接続が必要な場合、締結後に塗装するなどの対応が必要です。

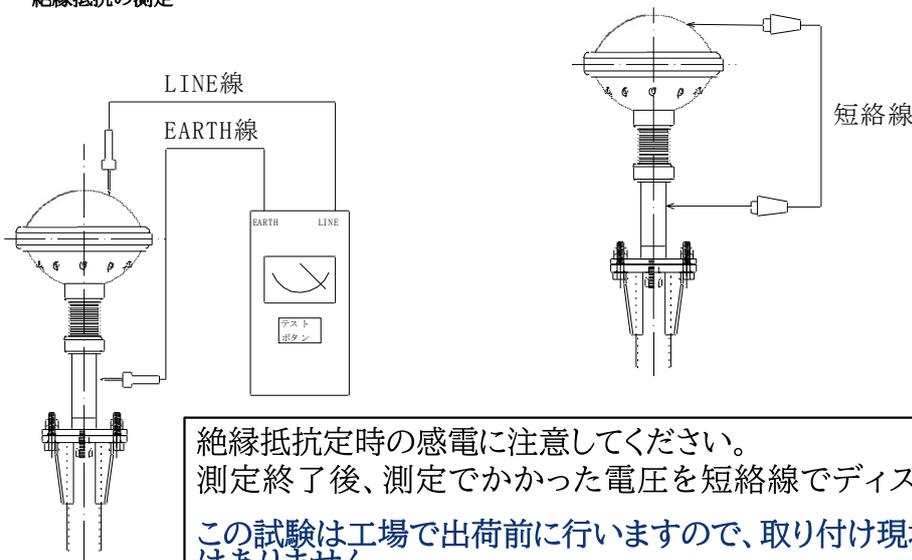
⑤ 接地抵抗の測定

○ 接地抵抗の測定



○ 製品の絶縁試験について

絶縁抵抗の測定



－ 目次 －

§ 1	一般事項	P 1～P 3
	1) 検討概要		P 1
	2) 設計条件		P 1
	3) 構造検討方針		P 1
	4) 使用材料及び許容応力度		P 2
	5) 概要図		P 3
§ 2	荷重事項	P 4～P 5
	1) 固定荷重		P 4
	2) 風圧力		P 4～P 5
	3) 地震力		P 5
§ 3	応力計算		P 6～P 9
	1) 計算用略図		P 6～P 7
	2) 暴風時の応力計算		P 8
	3) 地震時の応力計算		P 9
§ 4	断面算定		P 10～P 15
	1) 主材の断面算定		P 10
	2) 接合部の計算		P 11～P 13
	3) たわみの検討		P 14
	4) 取付部の検討		P 15
		<END>	P 15

§ 1 一般事項

1) 検討概要

本計算は、以下の[]にPDCEシステム(避雷装置)を設置するにあたり、新設する支持柱の安全を構造計算により確認するものである。

設置場所

[]

既設

[]

PDCE支持柱

自立式SUS鋼管柱(ブラケット支持)

既設航空障害灯柱に、PDCE(避雷装置)を新設する。

2) 設計条件

(1) 風圧力

・ 設計風速	$V_o =$	34	(m/sec)
・ 地表面粗度区分		II	
・ PDCE取付高さ	$H =$	123.0	(m)
・ 鉄塔頂部高さ	$H =$	122.6	(m)
・ たわみ角の制限値	$\theta =$	4.0	(°)

設計に当たっては、避雷装置頂部の高さによる風圧力を設計用風圧力とする。

(2) 地震力

・ 地震による水平力は $C_o =$ 1.5G とする。

(3) 検討方法

・ 風圧力と地震力を比較し大なる応力により設計を行う。

3) 構造検討方針

計算は、以下の基準に準拠する。

建築基準法、同施行令

鋼構造設計規準

ステンレス建築構造設計規準

建築設備耐震設計・施工指針

ケミカルアンカー設計指針

日本建築学会

ステンレス構造建築協会

日本建築センター

建築研究振興協会

4) 使用材料及び許容応力度

① 鋼材の許容応力度 (JIS G 4321) (N/mm²)

採用	種別	材質	板厚 t	基準値 F	長期				短期	
					引張 ft	圧縮 fc	曲げ fb	せん断 fs		
○	一般構造用鋼材	SUS304A	t ≤ 40	235	156	式 (1)	式 (2)	90.4	長期 × 1.5	
		SUS316A								
		SCS13AA	100 ≥ t > 40	215	143					82.7
溶接構造用鋼材	SUS304N2A	t ≤ 40	325	216	125					
		t > 40	295	196		113				

式 (1) λ ≤ λ のとき

λ > λ のとき

$$f_c = \frac{\{1 - 0.4 \times (\lambda / \lambda)^2\} \times F}{3/2 + (2/3) \times (\lambda / \lambda)^2}$$

$$f_c = \frac{18 \times F}{65 (\lambda / \lambda)^2}$$

式 (2) $f_{b1} = \{1 - 0.4 \times (\lambda b / \lambda)^2\} \times F / 1.5$
 $f_{b2} = 8800 / \{(lb \times h) / Af\}$ }

どちらか大きい値、但し $f_b \leq f_t$

$C = 1.75 - 1.05 \times (M2 / M1) + 0.3 \times (M2 / M1)^2$
 但し、 $C \leq 2.3$, $M2 < M1$ とする。

② ボルトの許容応力度又は許容耐力

(JIS B 1186) (N/mm²) (kN/本)

採用	種類	材質	ボルトの呼び径	基準値	引張	せん断	設計ボルト張力	許容せん断力		許容引張力
				F	ft	fs		(一面)	(二面)	
○	ボルト	SUS304A		210	140	81				
	高力ボルト	F10T	M16							
			M20							
			M22							
			M24							
			M30							

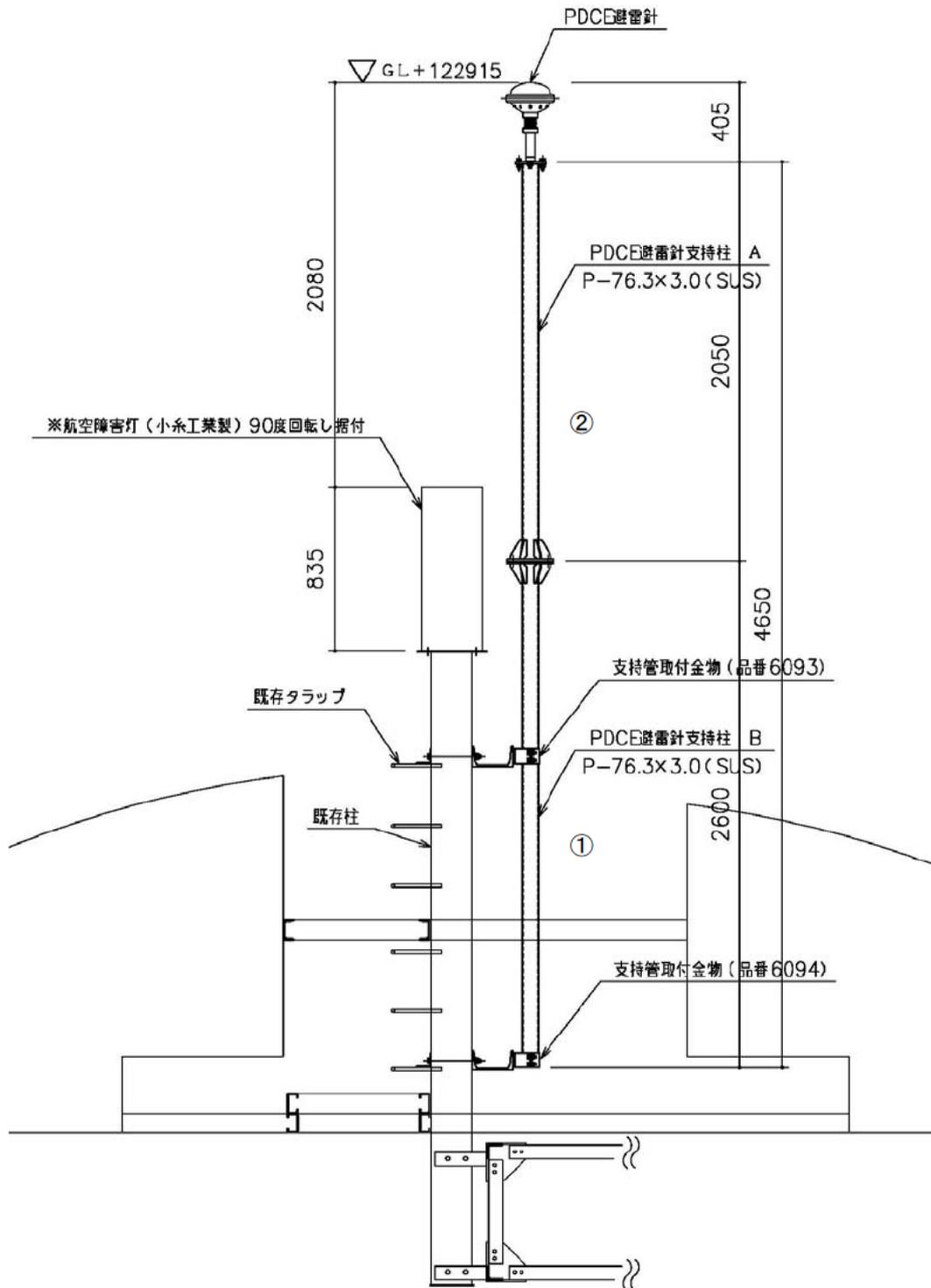
上表は、長期の値を示す。

短期は、長期の1.5倍とする。

③ 溶接

採用	作業の方法	突合せ				突合せ以外	備考
		引張	圧縮	曲げ	せん断		
○		母材のそれぞれの許容応力度に同じ				母材の許容せん断応力度に同じ	

5) 概要図



§ 2 荷重事項

1) 固定荷重

支持柱の重量は、フランジ、ボルトを主材の50%として計算した。

名称	型式	数量	重量(kN)	重量(kN)	
避雷装置 (PDCE)	本体 φ=240mm H=405mm				
	ベース PL-5	1	0.080	0.080	(8kg/台)
支持柱②	P-76.3*3.0 L=2.050m	1	0.110	0.110	(0.05kN/m)
支持柱①	P-76.3*3.0 L=2.600m	1	0.140	0.140	(0.05kN/m)
金物	[-200*100*10 L=0.340m	2	0.101	0.202	(0.30kN/m ²)
	L-75*75*7 L=0.340m	2	0.027	0.053	(0.08kN/m ²)
	Bolt M16 L=0.270m	2	0.004	0.008	(0.02kN/m ²)
合計				0.532	

2) 風圧力

$P_w = C \cdot q \cdot A$ (N) による。

なお、諸数値は以下の通りとする。

P_w : 風圧力 (N)

E_r : 平均風速の高さ方向分布係数

C : 風力係数

G_f : ガスト影響係数

q : 速度圧 ($=0.6E V_o^2$) (N/m²)

V_o : 基準風速 (m/sec)

E : 影響係数 ($=E_r^2 G_f$)

A : 受風面積 (m²)

表-1 平均風速の高さ方向の分布係数

$H \leq Z_b$ の場合	$E_r = 1.7 \times (Z_b/Z_G)^\alpha$
$H > Z_b$ の場合	$E_r = 1.7 \times (H/Z_G)^\alpha$

表-2 地表粗度区分による各数値

地表粗度区分	Z_b (m)	Z_G (m)	α
I	5	250	0.10
II	5	350	0.15
III	5	450	0.20
IV	10	550	0.27

表-3 ガスト影響係数

地表粗度区分	地上高:H		(3) 40 ≤ H
	(1) H ≤ 10	(2) 10 < H < 40	
I	2.0	(1)と(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

従って本設計速度圧は、

基準風速	$V_0 =$	34	m/sec	$Z_b =$	5
地表面粗度区分		Ⅱ		$Z_G =$	350
高さ	$H =$	123.00	m	$\alpha =$	0.15

$H > Z_b$ の場合	$E_r = 1.7 \times (H/Z_G)^\alpha =$	1.453
	$G_f =$	2.00
	$E = E_r^2 \times G_f =$	4.22

$q = 0.6 \times E \times V_0^2 =$ 2929 (N/m²)

ここで、設計速度圧は、 $q =$ 2929 (N/m²)とする。

風力係数 (Cf)

表-4 ラチス構造物

種類		充実率: ϕ		
		(1) $\phi \leq 0.1$	(2) $0.1 < \phi < 0.6$	(3) $0.6 \leq \phi$
鋼管	a(—)	1.4kz	(1)と(3)に掲げる数値を直線的に補間した数値	1.4kz
	b(□)	2.2kz		1.5kz
	c(△)	1.8kz		1.4kz
	d()	2.5kz		1.7kz
形鋼	a(—)	2.0kz		1.6kz
	b(□)	3.6kz		2.0kz
	c(△)	3.2kz		1.8kz
	d()	2.8kz		1.7kz

表-5 円筒形構造物

高さ/見付幅 (H/B)	(1) $H/B \leq 1$	(2) $1 < H/B < 8$	(3) $8 \leq H/B$
Cf	0.7kz	(1)と(3)に掲げる数値を直線的に補間した数値	0.9kz

表-6 風力係数の高さ方向分布係数 (kz)

$H \leq Z_b$		1.0
$Z_b < H$	$Z \leq Z_b$	$(Z_b/H)^{2\alpha}$
	$Z_b < Z$	$(Z/H)^{2\alpha}$

Z : 当該位置の地上高

※ 本設計の柱(円筒形構造物)は、付属品を考慮してCf = 1.2kz として計算する。

3) 地震力

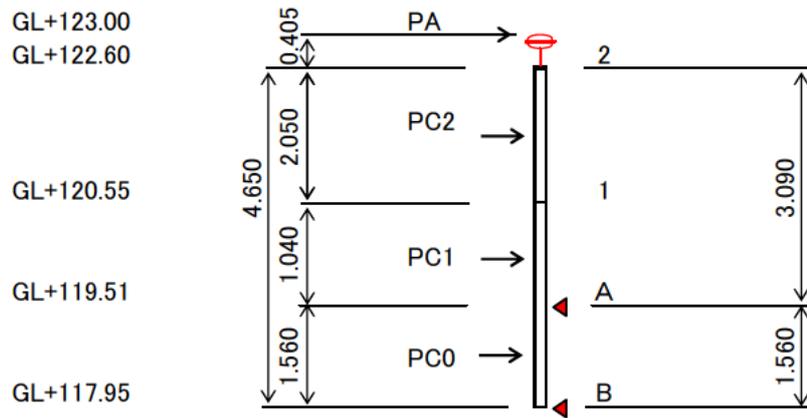
$P_k = k \cdot W_i$ による。

地震力計算用の設計震度 (k) は、以下による。

k=1.5

(2) 支持柱の仮定断面と支持点位置

PDCE支持柱の固定は、上下のブラケット支持として固定とみなす。



(3) 暴風時の応力計算

風力係数の高さ方向分布係数 (kz) の計算

$$kz = (Z/H)^{2\alpha}$$

$$Zb < Z$$

Z : 当該位置の地上高

名称	水平荷重	Z (m)	kz	1.2kz	2.0kz
避雷装置	PA	123.000	1.00	1.20	
支持柱②	PC2	122.595	1.00	1.20	
支持柱①	PC1	120.545	0.99	1.19	
支持柱①	PC0	119.505	0.99	1.19	

水平力 (Pw) の計算

$$Pw = q \times Cf \times B \times L \times n \quad (\text{kN})$$

名称	水平荷重	q (kN/m ²)	Cf	B(m)	L(m)	n	Pw(kN)
避雷装置	PA上	2.929	1.20	0.055m ²		1	0.193
支持柱②	PC2	2.929	1.20	0.076	2.05	1	0.549
支持柱①	PC1	2.929	1.19	0.076	1.04	1	0.277
支持柱①	PC0	2.929	1.19	0.076	1.56	0	0.000

曲げモーメント、せん断力の計算

水平荷重による各節点の曲げモーメント、せん断力を計算する。

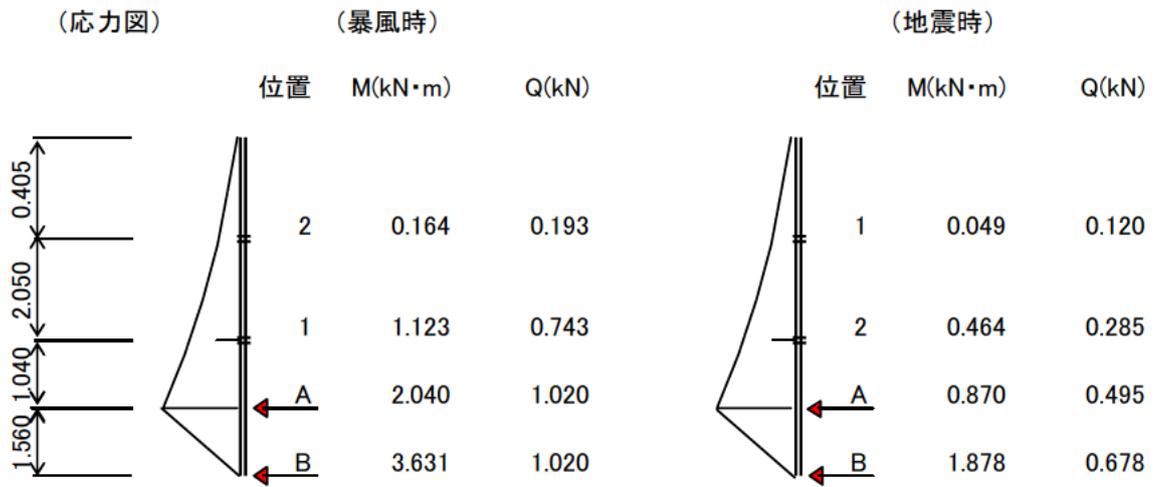
名称	水平荷重	位置	Pw(kN)	Σ Q(kN)	節点高(m)	ア-Δ(m)	M(kN・m)
避雷装置	PA	2	0.193	0.193	0.405	0.405	0.164
支持柱②	PC2	1	0.549	0.743	2.050	1.025	1.123
支持柱①	PC1	A	0.277	1.020	1.040	0.520	2.040
支持柱①	PC1	A	0.000	1.020	1.560	0.780	3.631

(4) 地震時の応力計算

地震力は、水平震度 $k = \boxed{1.5}$ とする。

水平荷重による各節点の曲げモーメント、せん断力を計算する。

名称	水平荷重	位置	W(kN)	Q(kN)	Σ Q(kN)	節点高(m)	ア-Δ(m)	M(kN・m)
避雷装置	PA	2	0.080	0.120	0.120	0.405	0.405	0.049
支持柱②	PC2	1	0.110	0.165	0.285	2.050	1.025	0.464
支持柱①	PC1	A	0.140	0.210	0.495	1.040	0.520	0.870
支持柱①	PC0	A	0.202	0.303	0.678	1.560	0.780	1.878



支持点の反力 (風圧時) (地震時)

上部支持点 RB = (kN) 上部支持点 RB = (kN)

下部支持点 RA = (kN) 下部支持点 RA = (kN)

風圧時の応力 > 地震時の応力 となる。

S 4 断面算定

応力の異なる暴風時で設計する。

1) 主材の断面算定

(1) 支持柱 ②

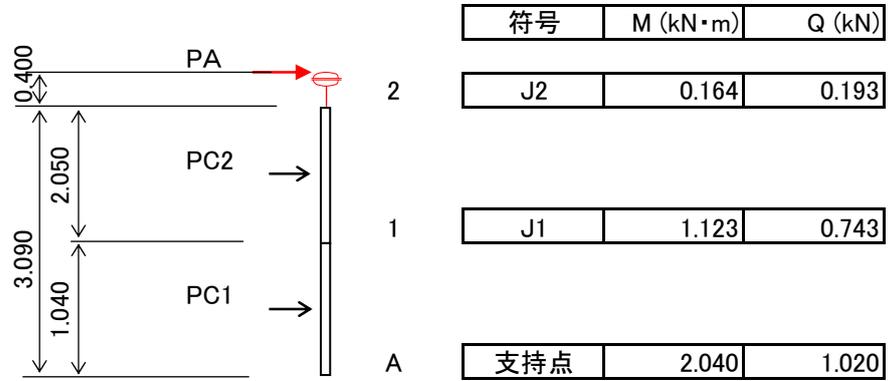
設計応力	$M_u =$	<input type="text" value="1.12"/>	(kN・m)	
	$N_u =$	<input type="text" value="0.14"/>	(kN)	
	$Q =$	<input type="text" value="0.74"/>	(kN)	
仮定断面	$A =$	<input type="text" value="6.91"/>	(cm ²)	
$\phi - 76.3 \times 3.0$	$Z =$	<input type="text" value="12.20"/>	(cm ³)	
(SUS304A)	$I =$	<input type="text" value="46.50"/>	(cm ⁴)	
	$i =$	<input type="text" value="2.59"/>	(cm)	
巾厚比	$D/t =$	<input type="text" value="25.4"/>	≤ 112	OK
座屈長さ	$l_k = 2l =$	<input type="text" value="410"/>	(cm)	
	$\lambda_c = l_k/i =$	<input type="text" value="158"/>		
	$\Lambda =$	<input type="text" value="164"/>		($\lambda_c > \Lambda$)
許容圧縮応力度	$s_{fc} =$	<input type="text" value="10,477"/>	(N/cm ²)	
許容曲げ応力度	$f_b =$	<input type="text" value="23,500"/>	(N/cm ²)	
圧縮応力度	$\sigma_c = N/A$	<input type="text" value="21"/>	(N/cm ²)	
曲げ応力度	$\sigma_b = M/Z$	<input type="text" value="9,208"/>	(N/cm ²)	
組合せ応力度	$\sigma_c/s_{fc} + \sigma_b/s_{fb} =$	<input type="text" value="0.39"/>	≤ 1.0	OK

(2) 支持柱 ①

設計応力	$M_u =$	<input type="text" value="2.04"/>	(kN・m)	(C支持点)
	$N_u =$	<input type="text" value="0.25"/>	(kN)	
	$Q =$	<input type="text" value="1.02"/>	(kN)	
仮定断面	$A =$	<input type="text" value="6.91"/>	(cm ²)	
$\phi - 76.3 \times 3.0$	$Z =$	<input type="text" value="12.20"/>	(cm ³)	
(SUS304A)	$I =$	<input type="text" value="46.50"/>	(cm ⁴)	
	$i =$	<input type="text" value="2.59"/>	(cm)	
巾厚比	$D/t =$	<input type="text" value="25.4"/>	≤ 112	OK
座屈長さ	$l_k = 2l =$	<input type="text" value="618"/>	(cm)	
	$\lambda_c = l_k/i =$	<input type="text" value="239"/>		
	$\Lambda =$	<input type="text" value="164"/>		($\lambda_c > \Lambda$)
許容圧縮応力度	$s_{fc} =$	<input type="text" value="4,611"/>	(N/cm ²)	
許容曲げ応力度	$f_b =$	<input type="text" value="23,500"/>	(N/cm ²)	
圧縮応力度	$\sigma_c = N/A$	<input type="text" value="36"/>	(N/cm ²)	
曲げ応力度	$\sigma_b = M/Z$	<input type="text" value="16,721"/>	(N/cm ²)	
組合せ応力度	$\sigma_c/s_{fc} + \sigma_b/s_{fb} =$	<input type="text" value="0.72"/>	≤ 1.0	OK

2) 接合部の計算

接合部の応力表

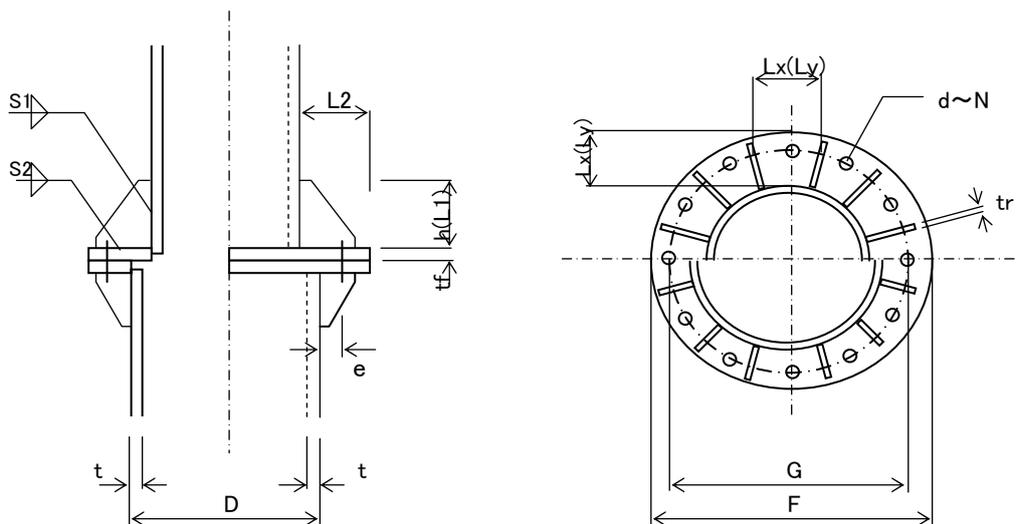


柱の接合部はリブ付鋼管フランジ継手とし全強継手とする。

記号の説明

材質

主材	STK400
フランジ	SS400
リブプレート	SS400



接合部断面算定表

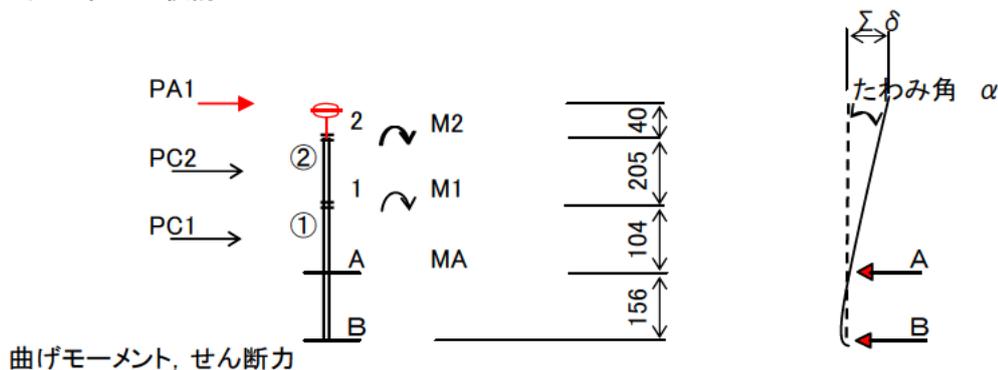
	項目	記号, 計算式	単位	節番号 J4		節番号 J1		節番号	
				上側	下側	上側	下側	上側	下側
設計荷重	発生モーメント	M1	kN・cm	16		112			
	鋼管全強度	M2=fb・Z	kN・cm	184		287			
	設計用モーメント	M=max(M1,M2)	kN・cm	184		287			
鋼管	材質			SUS304A	SUS304A	SUS304A	SUS304A		
	外径	D	mm	60.5	76.3	76.3	76.3		
	肉厚	t	mm	3.2	3.0	3.0	3.0		
	断面係数	Z	cm ³	7.84	12.20	12.20	12.20		
	許容曲げ応力度	fb	kN/cm ²	23.50	23.50	23.50	23.50		
フランジボルト	材質			F8T	F8T	F8T	F8T		
	ボルト径	d	mm	M12		M16			
	本数	N		4		6			
フランジ寸法	フランジ外径	F	mm	150		230			
	ボルトサークル	G	mm	115		170			
ボルトの検討	引張力	T=4・M/(G・N)	kN/本	16.02		11.24			
	強度	Ft	kN/本	31.7		31.7			
	安全率	SF=T/Ft		0.51		0.36			
	判定			OK		OK			
フランジプレートの検討	材質			SS400	SS400	SS400	SS400		
	厚み	tf	mm	12	12	12	12		
	リブピッチ	L1=π・G/N	cm	9.03	9.03	8.90	8.90		
	フランジ幅	L2=(F-D)/2	cm	4.48	3.69	7.69	7.69		
	長辺	Ly	cm	9.03	9.03	8.90	8.90		
	短辺	Lx	cm	4.48	3.69	7.69	7.69		
	長辺/短辺	Ly/Lx		2.02	2.45	1.16	1.16		
	モーメント係数	α		0.28	0.35	0.12	0.12		
	等分布荷重	w=T/(Lx・Ly)	kN/cm ²	0.40	0.48	0.16	0.16		
	曲げモーメント	Mf=α wLx ²	kN・cm/cm	2.22	2.29	1.17	1.17		
	断面係数	Zf=tf ² /6	cm ³ /cm	0.24	0.24	0.24	0.24		
	曲げ応力度	σ f=Mf/Zf	kN/cm ²	9.27	9.54	4.86	4.86		
	許容曲げ応力度	ff	kN/cm ²	23.50	23.50	23.50	23.50		
	安全率	SF=σ f/ff		0.39	0.41	0.21	0.21		
判定			OK	OK	OK	OK			
リブプレートの検討	材質			SS400	SS400	SS400	SS400		
	厚み	tr	mm		6	6	6		
	高さ	h	mm		100	100	100		
	スラップ寸法	R	mm		20	20	20		
	偏心距離	e	cm		1.9	4.7	4.7		
	せん断対象断面積	Ar=tr・(h-R)	cm ²		4.80	4.80	4.80		
	せん断応力度	τ r=T/Ar	kN/cm ²		3.34	2.34	2.34		
	曲げモーメント	Mr=T・e	kN・cm		31.0	52.7	52.7		
	断面係数	Zr=tr・(h-R) ² /3	cm ³		20.0	20.0	20.0		
	曲げ応力度	σ r1=Mr/Zr	kN/cm ²		1.55	2.63	2.63		
	合成応力度	σ r2=√(σ r1 ² +3τ r ²)	kN/cm ²		5.99	4.84	4.84		
	許容応力度	fr	kN/cm ²		23.50	23.50	23.50		
	安全率	SF=σ r2/fr			0.25	0.21	0.21		
	判定				OK	OK	OK		

	項目	記号, 計算式	単位	節番号	J4	節番号	J1	節番号	0
				上側	下側	上側	下側	上側	下側
立 面 の 溶 接 検 討 リ フ プ レ ー ト	脚長	S1	mm		6	6	6		
	溶接長	L1	cm		10.0	10.0	10.0		
	せん断対象断面積	$As1=1.4 \cdot S1 \cdot L1$	cm^2		8.4	8.4	8.4		
	せん断応力度	$\tau s1=T/As1$	kN/cm^2		1.91	1.34	1.34		
	断面係数	$Zs=1.4 \cdot S1 \cdot L1^2/3$	cm^3		28.00	28.00	28.00		
	曲げ応力度	$\sigma s1=Mr/Zs$	kN/cm^2		1.11	1.88	1.88		
	合成応力度	$\sigma s2=\sqrt{(\sigma s1^2 + \tau s1^2)}$	kN/cm^2		2.21	2.31	2.31		
	許容応力度	fr2	kN/cm^2		13.56	13.56	13.56		
	安全率	$SF=\sigma s2/fr2$			0.16	0.17	0.17		
判定				OK	OK	OK			
下 面 の 溶 接 検 討 リ フ プ レ ー ト	脚長	S2	mm		6	6	6		
	溶接長	L2	cm		3.69	7.69	7.69		
	せん断対象断面積	$As2=1.4 \cdot S2 \cdot L2$	cm^2		3.10	6.46	6.46		
	せん断応力度	$\tau s2=T/As2$	kN/cm^2		5.18	1.74	1.74		
	安全率	$SF=\tau s2/fr2$			0.38	0.13	0.13		
	判定				OK	OK	OK		

めっき高力ボルトの摩擦接合による短期許容耐力

ボルトの材質	ボルトの呼び径	設計ボルト張力(kN)	許容耐力(kN)		許容引張力(kN)
			一面摩擦	二面摩擦	
SUS304A	M16				31.7
	M20				
	M22				
	M24				

3) たわみの検討



M2 =	164.0	(N·m)	Q2 =	193.3	(N)
M1 =	1,123.4	(N·m)	Q1 =	742.7	(N)
MA =	2,040.0	(N·m)	QA =	1,019.9	(N)

節点番号	曲げモーメント M(N·m)	部材サイズ	断面二次モーメント I(cm ⁴)	節点高さ h(cm)	δ (rad)
3	0.0				
2	164.0	φ-60.5×3.2	23.7	40	0.00068
1	1,123.4	φ-76.3×3.0	46.5	205	0.01384
A	2,040.0	φ-76.3×3.0	46.5	104	0.01726
B	0.0	φ-76.3×3.0	46.5	156	0.01113
Σ δ =					0.04290

(片持梁) $\delta \text{ (rad)} = \frac{Mu+Mt}{E \times I} \times h/2$ $E = 2.05 \times 10^7 \text{ N/mm}^2$

(単純梁) $\delta \text{ (rad)} = \frac{Mu+Mt}{E \times I} \times h/3$

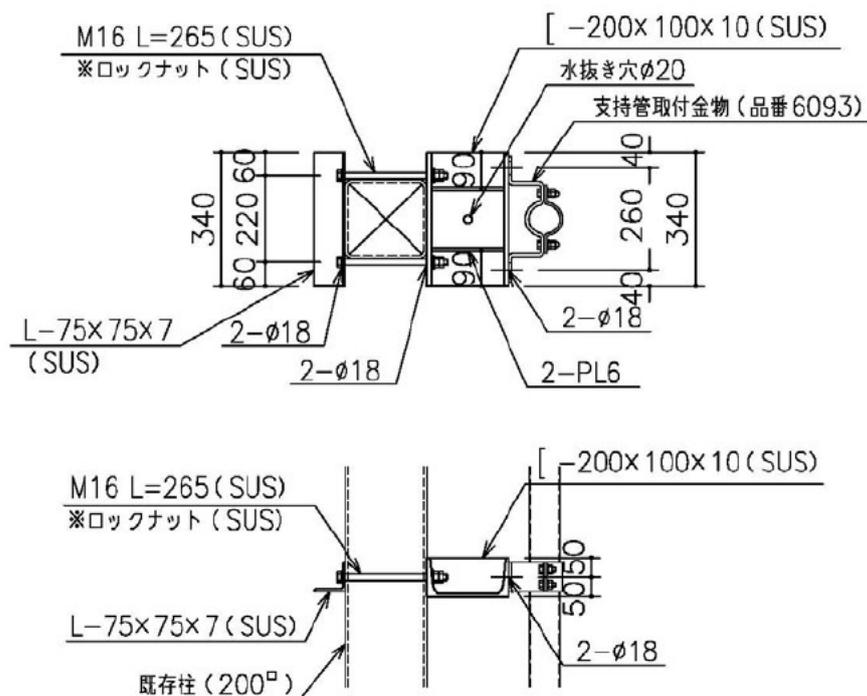
$\alpha = \Sigma \delta \times 180 / \pi = 2.46^\circ \leq 4.0^\circ \text{ OK}$

$\tan \theta = 0.043 \quad \Sigma \delta = 14.60 \text{ (cm)}$

4) 取付部の検討

上部支持点	$P_v =$	<input type="text" value=""/>	(kN)	支持柱:P-76.3×3.0
	$R_h =$	<input type="text" value="2.33"/>	(kN)	
下部支持点	$P_v =$	<input type="text" value="0.53"/>	(kN)	
	$R_h =$	<input type="text" value="1.31"/>	(kN)	

応力は微小であるので、下図の通り ブラケットを通しボルトで締付けて固定する。
 支持柱の固定金物は、既製品(ステンレス)を使用する。



支持柱接合詳細図

以上