

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認 441-改 3
提出年月日	平成 30 年 9 月 21 日

V-2-6-7-6 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナ

の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	2
2.3 適用基準	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	7
3. 評価部位	7
4. 固有周期	8
4.1 固有値解析方法	8
4.2 解析モデル及び諸元	8
4.3 固有値解析結果	10
5. 構造強度評価	13
5.1 構造強度評価方法	13
5.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
5.3 設計用地震力	16
5.4 計算方法	17
5.5 計算条件	22
5.6 応力の評価	22
6. 機能維持評価	23
6.1 電氣的機能維持評価方法	23
7. 評価結果	24
7.1 重大事故等対処設備としての評価結果	24

1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナが設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していることを説明するものである。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナは、設計基準対象施設においてはCクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価及び電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

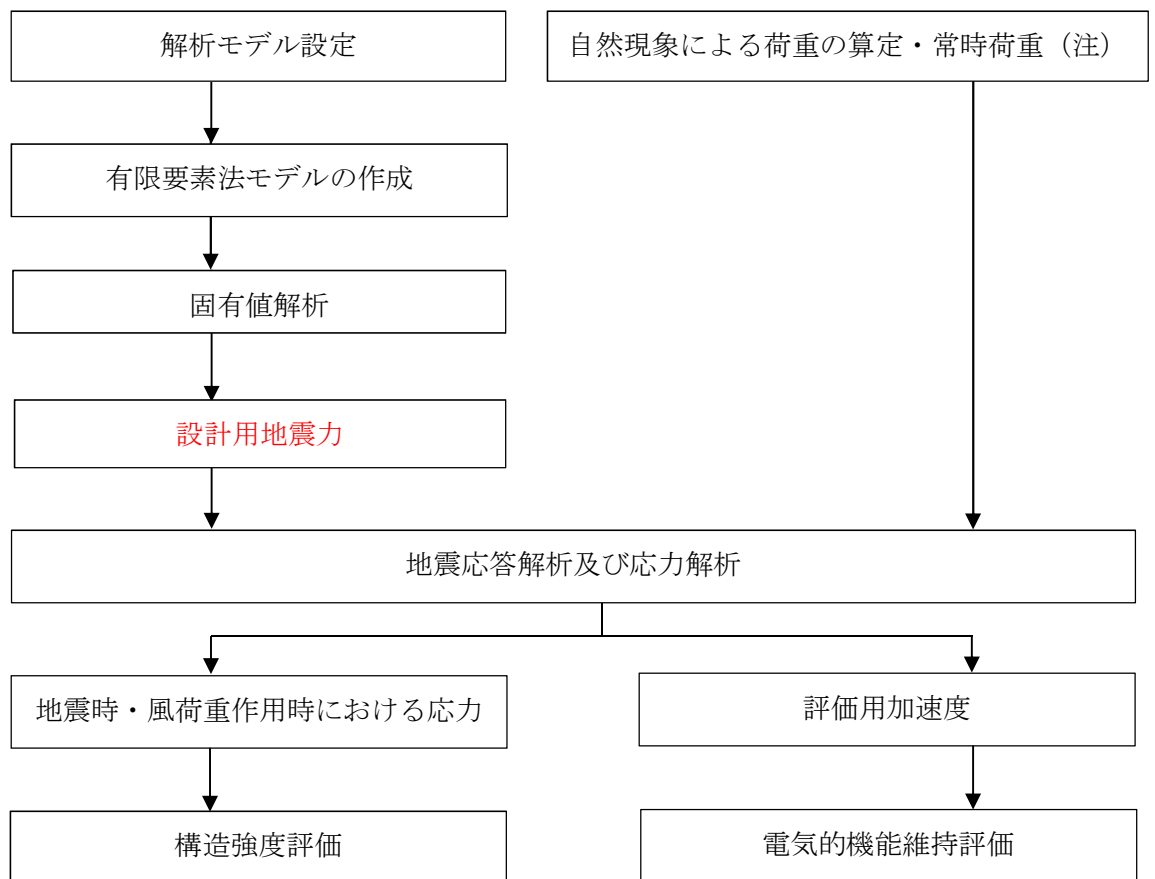
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>衛星アンテナは、ボルトにより衛星アンテナ支持架台に固定され、衛星アンテナ支持架台は基礎ボルトにより基礎に固定される。</p> <p>ODU (送受信装置) は、ボルトにより ODU 支持架台に固定され、ODU 支持架台は基礎ボルトにより基礎に固定される。</p> <p>ODU と衛星アンテナはステー及びアームにより連結される。</p>	<p>アンテナ (注)</p>	

(注) 機能維持評価を行う、ODU を実装

2.2 評価方針

衛星アンテナの応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能維持評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を、「7. 評価結果」に示す。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フローを図 2-1 に示す。



(注) 常時荷重は、自重、風荷重を考慮するものとする。また、上面積は小さく、積雪荷重はわずかであるため、積雪荷重を含めない。

図 2-1 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価フロー

2.3 適用基準

適用基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補一
1984 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 (日本電気協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。))
J S M E S N C 1 -2005/2007 (日本機械学会) (以下「設計・建設規格」という。)

2.4 記号の説明

添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」より引用

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _e	胴の有効せん断断面積	mm ²
C _c	基礎ボルト計算における係数	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _t	基礎ボルト計算における係数	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
D _{b i}	ベースプレートの内径	mm
D _{b o}	ベースプレートの外径	mm
D _c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D _i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値	MPa
F _c	基礎に作用する圧縮力	N
F _t	基礎ボルトに作用する引張力	N
f _b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f _c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 (f _s *を1.5倍した値)	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力 (f _t *を1.5倍した値)	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
G	胴のせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm ⁴
K _H	水平方向ばね定数	N/m
K _V	鉛直方向ばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
ℓ ₁ , ℓ ₂	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
ℓ _g	基礎から容器重心までの距離	mm
M _s	基礎に作用する転倒モーメント	N・mm
m _o	容器の運転時質量	kg
m _e	容器の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値	MPa
S _a	胴の許容応力	MPa

記 号	記 号 の 説 明	単 位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
$S_y(RT)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の 40℃における値	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T_H	水平方向固有周期	s
T_V	鉛直方向固有周期	s
t	胴板の厚さ	mm
t_1	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t_2	圧縮側基礎相当幅	mm
Z	基礎ボルト計算における係数	—
α	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
η	座屈応力に対する安全率	—
π	円周率	—
ρ'	液体の密度 (=比重 $\times 10^{-6}$)	kg/mm ³
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ引張応力	MPa
σ_2	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値	MPa
$\sigma_{2\phi}$	地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和	MPa
σ_{2c}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (圧縮側)	MPa
σ_{2t}	地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値 (引張側)	MPa
σ_{2xc}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{2xt}	地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和 (引張側)	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ_c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和 (圧縮側)	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和 (引張側)	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

添付書類「V-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」より引用

記号	記号の説明	単位
A_b	ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	ボルトの呼び径	mm
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
F^*	設計・建設規格 SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	ボルトに作用する引張力 (1本当たり)	N
F_{b1}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
F_{b2}	鉛直方向地震及び壁掛盤取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力 (1本当たり) (壁掛形)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 (f_s^* を1.5倍した値)	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 (f_t^* を1.5倍した値)	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
h_1	取付面から重心までの距離	mm
h_2	取付面から重心までの距離(壁掛形)	mm
l_1	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_2	重心とボルト間の水平方向距離*	mm
l_3	重心と下側ボルト間の距離(壁掛形)	mm
l_a	側面(左右)ボルト間の距離(壁掛形)	mm
l_b	上下ボルト間の距離(壁掛形)	mm
m	計器スタンションの質量	kg
n	ボルトの本数	—
n_f	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—
n_{fV}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(側面方向)(壁掛形)	—
n_{fH}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数(正面方向)(壁掛形)	—
Q_b	ボルトに作用するせん断力	N
Q_{b1}	水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N
Q_{b2}	鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形)	N

記号	記号の説明	単位
S_u	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める値	MPa
$S_y (R T)$	設計・建設規格 付録材料図表 Part 5 表8に定める材料の 40°Cにおける値	MPa
π	円周率	—
σ_b	ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	ボルトに生じるせん断応力	MPa

注記 * : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は6桁以上を確保する。表示する数値の丸め方は、表2-2に示すとおりとする。

表2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第4位	四捨五入	小数点以下第3位
固有振動数	Hz	小数点以下第2位	四捨五入	小数点以下第1位
震度	—	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
温度	°C	—	—	整数位
質量	kg	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁*2
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
許容応力*3	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位

注記 *1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価は、「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト、ステー、アーム、衛星アンテナ支持架台及びODU支持架台を選定して実施する（但し、固有値解析の結果、固有振動数が20Hz以上（固有周期が0.05秒以下）の場合は、評価部位は基礎ボルトのみとする。）。統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの耐震評価部位については、表2-1の概略構造図に示す。

4. 固有周期

4.1 固有値解析方法

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナを 4.2 解析モデル及び諸元に示す 3次元はり要素及びシェル要素によりモデル化した 3次元FEMモデルまたはソリッドモデルとする。

4.2 解析モデル及び諸元

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの概要を表 4-1 に示す。

- (1) 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの質量は重心に集中するものとする。
- (2) 統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) ODU（電源部含む）は、取り付け位置に質量要素として付加する。
- (4) 拘束条件は、基礎ボルト固定部を完全固定とする。なお、基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (5) 解析コードは、「ABAQUS」を使用する。なお、評価に用いる「ABAQUS」の検証及び妥当性確認などの概要については、添付書類「V-5-5 計算機プログラム（解析コード）の概要・ABAQUS」に示す。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

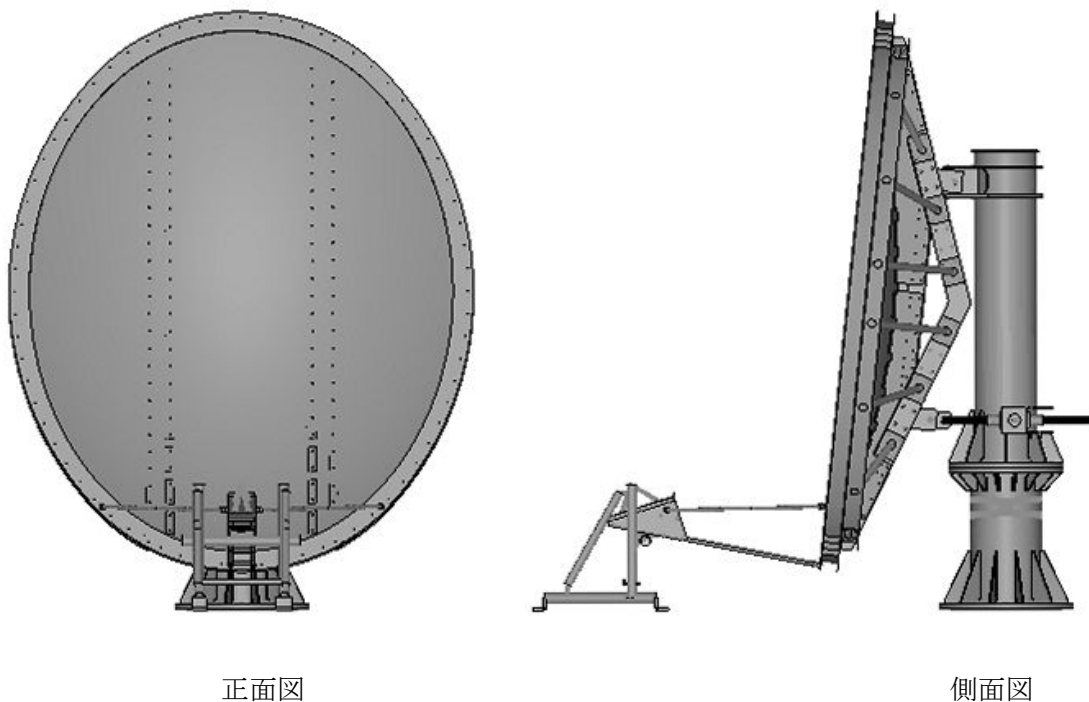


図 4-1 解析モデル

表 4-1 解析モデルの諸元

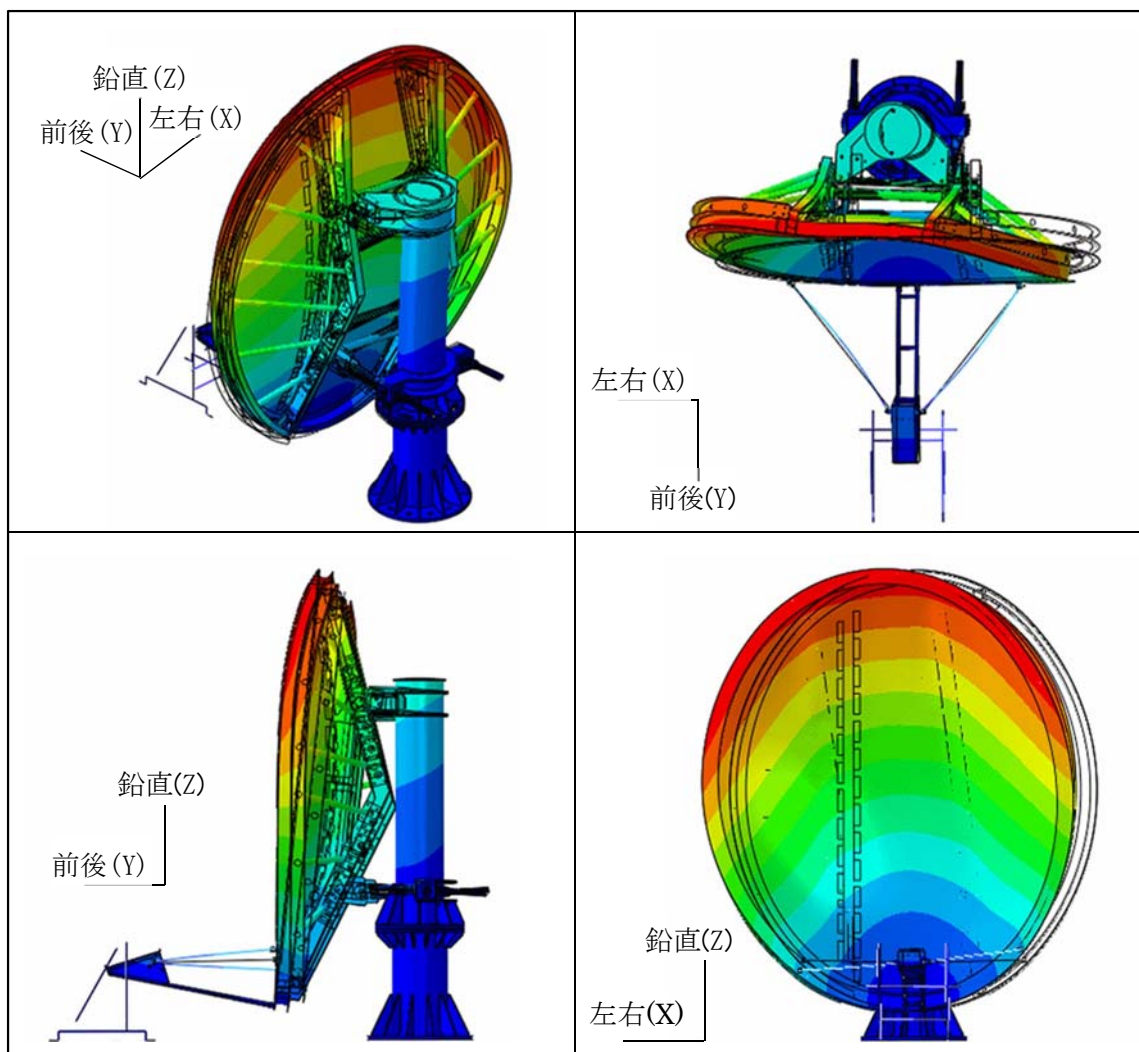
項目	記号	単位	入力値	
材質	—	—	SS400 (16mm 以下)	
	—	—	SS400 (25mm 以下)	
	—	—	STK400	
	—	—	A5052P-H34	
	—	—	A6063S-T5	
	—	—	SUS304	
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	40	
縦弾性係数	SS400/STK400	E	MPa	2.05×10^5
	A5052P-H34	E	MPa	7.0×10^4
	A6063S-T5	E	MPa	7.0×10^4
	SUS304	E	MPa	1.93×10^5
密度	SS400/STK400	V	kg/mm ³	7.87×10^{-6}
	A5052P-H34	V	kg/mm ³	2.7×10^{-6}
	A6063S-T5	V	kg/mm ³	2.7×10^{-6}
	SUS304	V	kg/mm ³	8.03×10^{-6}

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果（固有振動数及び固有周期）を表 4-2 に示す。また、振動モード図を図 4-2、図 4-3 及び図 4-4 に示す。左右方向は 1 次モードにおいて卓越し、固有振動数が 20Hz 以上（固有周期が 0.05 秒以下）であり、剛であることを確認した。また、前後方向は 2 次モードにおいて、鉛直方向は 6 次モードにおいて卓越し、それぞれ固有振動数が 20Hz 以上（固有周期が 0.05 秒以下）であり剛であることを確認した。

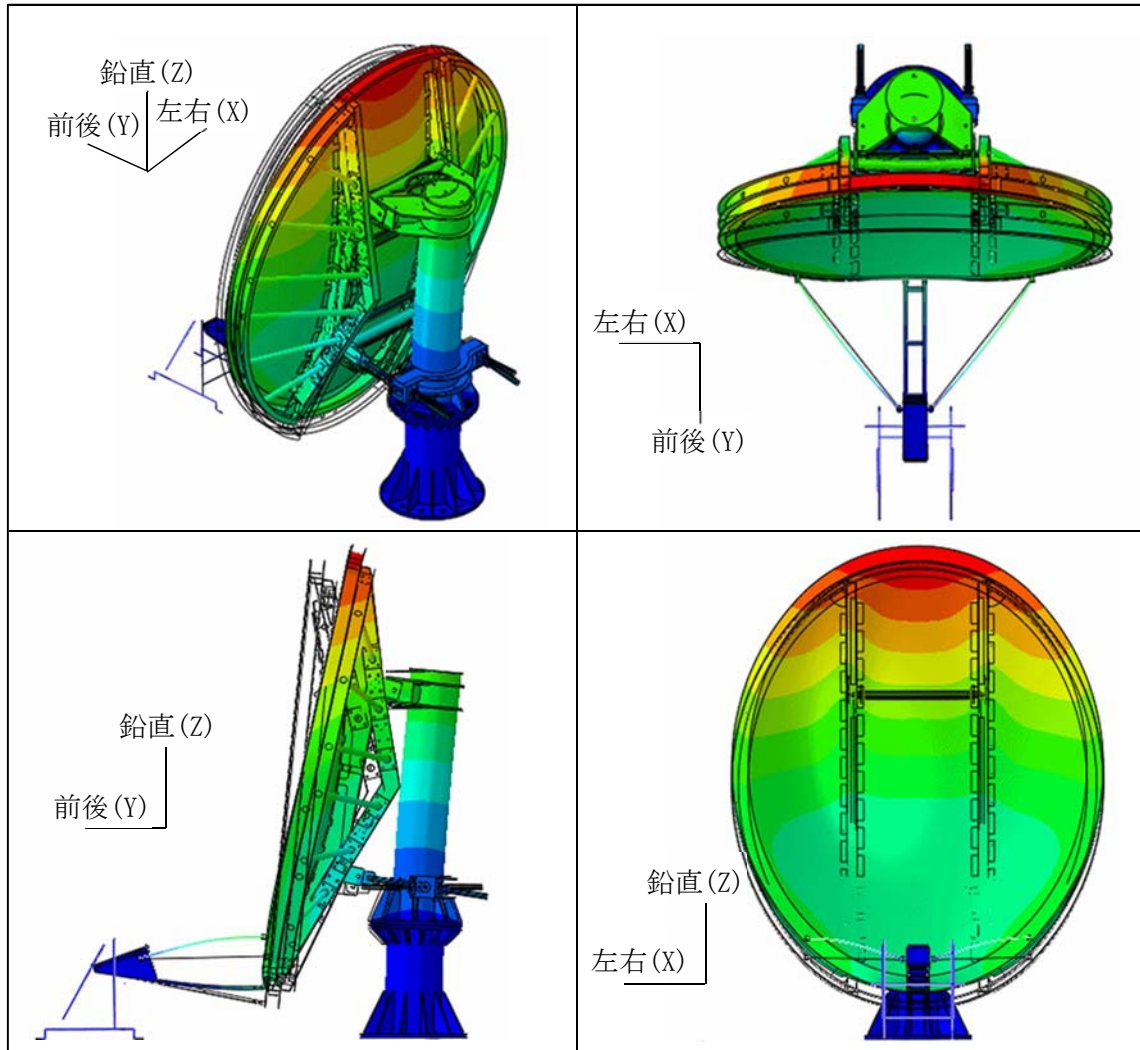
表 4-2 固有振動数及び固有周期

次数	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数			卓越方向
			左右方向(X)	前後方向(Y)	鉛直方向(Z)	
1	23.0	0.043	0.525	0.000	0.000	左右(X)
2	28.8	0.035	-0.001	-0.552	0.249	前後(Y)
6	50.6	0.020	0.000	0.414	0.367	鉛直(Z)



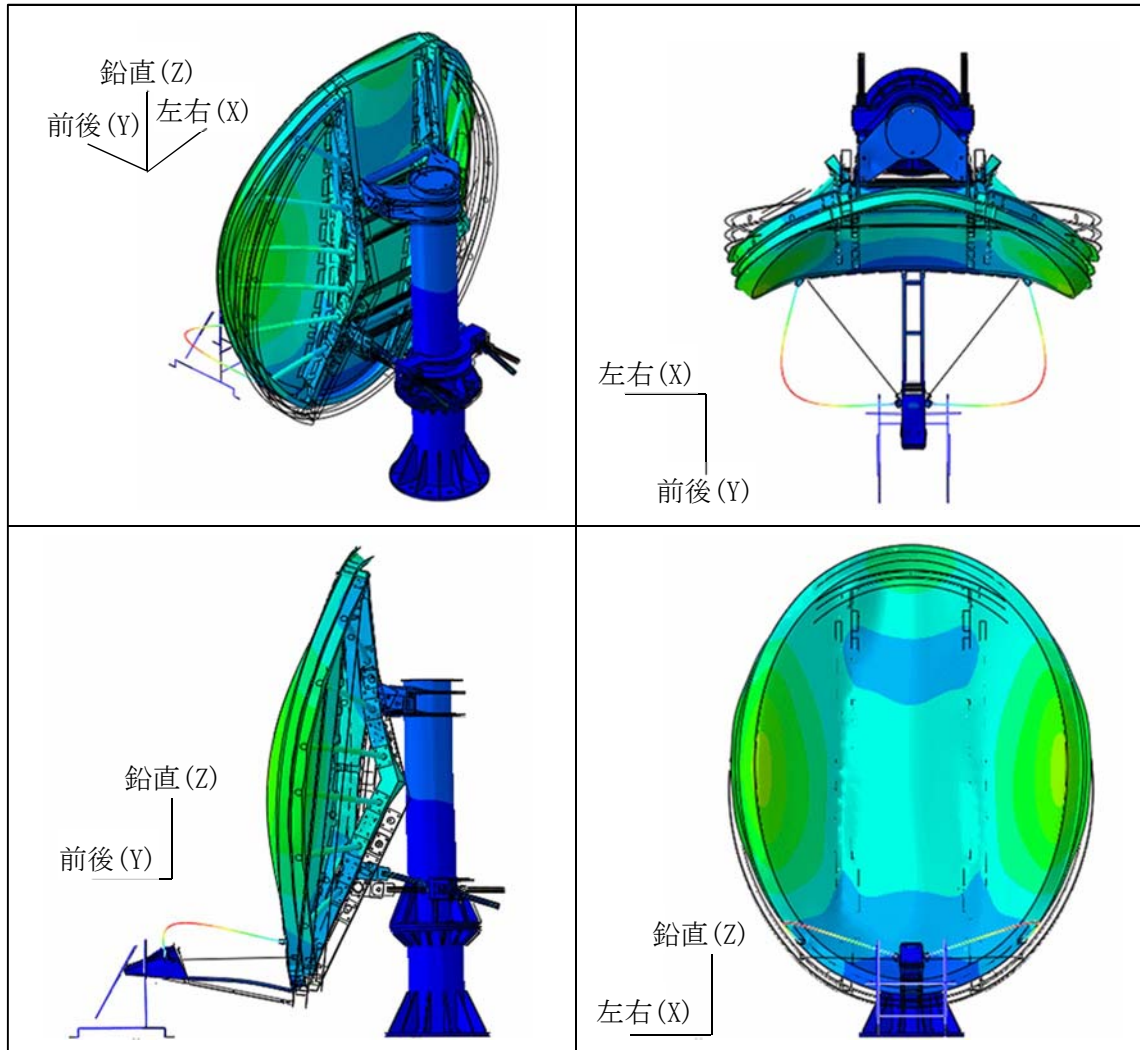
※図中の色は固有振動数モードにおける、変形の相対的な大きさを表す。(赤：変形大，青：変形小)

図 4-2 1 次モード図 (23.0Hz, 0.043s)



※図中の色は固有振動数モードにおける，変形の相対的な大きさを表す。(赤：変形大，青：変形小)

図 4-3 2次モード図 (28.8Hz, 0.035s)



※図中の色は固有振動数モードにおける，変形の相対的な大きさを表す。(赤：変形大，青：変形小)

図 4-4 6 次モード図 (50.6Hz, 0.020s)

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(6)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナに対して、水平及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 風荷重は、統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナに対して、水平方向から作用するものとする。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの許容応力は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの使用材料の許容応力評価条件のうち重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類*1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
計測制御系統施設	その他	統合原子力防災ネットワーク 設備衛星アンテナ	その他	-*2	$D + P_D + M_D + S_s + P_K^{*3}$	IV_{AS}
					$D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$	V_{AS} (V_{AS} として、 IV_{AS} の許容限界を用いる)

注記 *1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「その他」は常設重大事故等対処設備（防止でも緩和でもない設備）を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s + P_K$ 」の評価に包絡される場合は，評価結果の記載を省略する。

表 5-2 許容応力（重大事故等その他の支持構造物）

許容 応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
IV_{AS}	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
V_{AS} (V_{AS} として、 IV_{AS} の許容限界 を用いる)		

注 *1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-3 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件		Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy(RT) (MPa)
		(°C)				
基礎ボルト	SUS304	周囲環境温度	40	205	520	—

5.3 設計用地震力

「基準地震動 S_s 」による地震力は、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

表 5-4 設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び 床面高さ (m)	基準地震動 S_s	
	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度
緊急時 対策所建屋 EL. 51.00*	$C_H=1.93$	$C_V=1.45$

注記 *：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

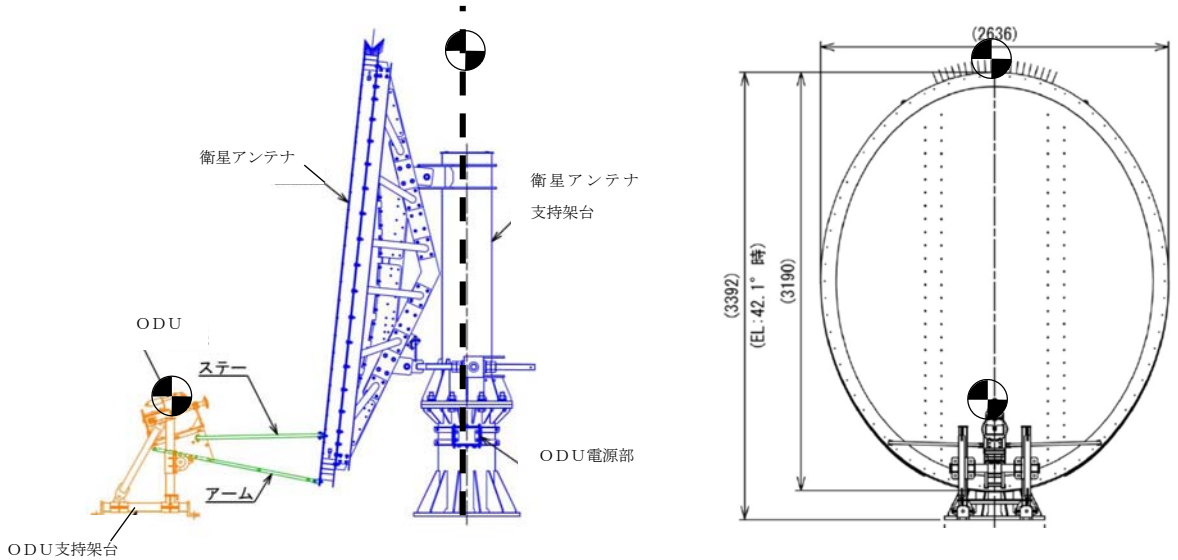
統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの固有値解析の結果、固有振動数が20Hz以上（固有周期が0.05秒以下）であり剛であることから、評価部位は耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。

5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

衛星アンテナ支持架台を基礎に固定する基礎ボルトは、円周配置ボルトであることから添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の円形配置ボルトの評価法を基本として、風荷重を考慮した評価を行う。

また、ODU支持架台を基礎に固定する基礎ボルトは、矩形配置ボルトであることから、添付書類「V-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の矩形配置ボルトの評価法を基本として、風荷重を考慮した評価を行う。

計算モデル及び基礎ボルトの配置図を図5-1に示す。



前後方向計算モデル概念図（側面図）

左右方向計算モデル概念図（正面図）

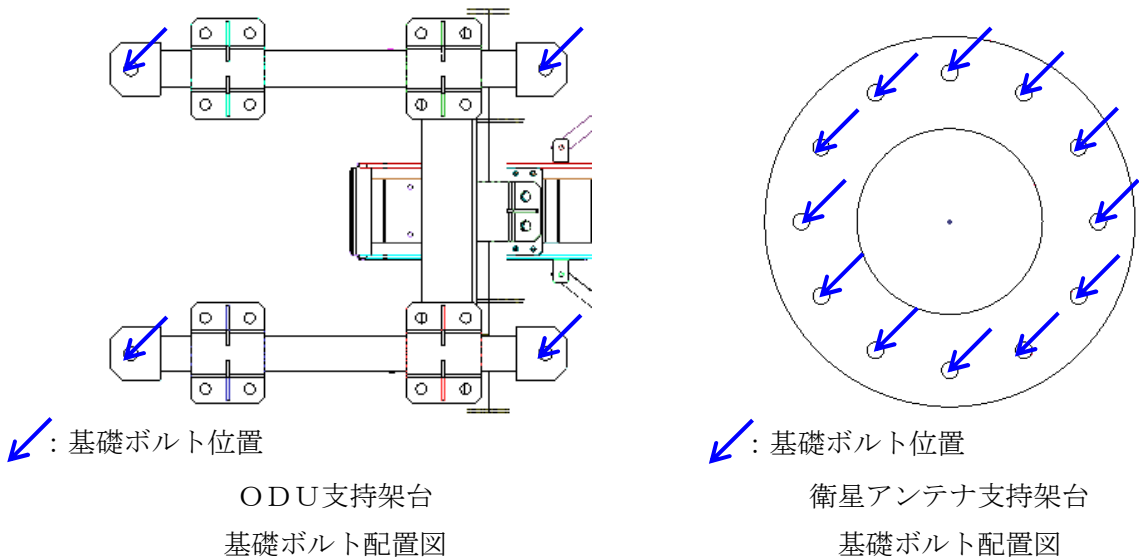


図5-1 計算モデル及び基礎ボルト配置図

(1) 衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト

この項目において衛星アンテナ支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト1」という。

① 引張応力

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルト1の引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。

基礎ボルト1に生じる引張応力は以下のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\sigma_{b11} = \frac{2 \cdot F_{t1}^{*1}}{t_1 \cdot D_c \cdot C_{t1}}$
左右加振時		$\sigma_{b12} = \frac{2 \cdot F_{t2}^{*2}}{t_1 \cdot D_c \cdot C_{t2}}$

$$*1 : F_{t1} = \frac{M_{s1} - (1 - C_v) m_1 \cdot g \cdot z_1 \cdot D_c}{e_1 \cdot D_c} \quad , \quad *2 : F_{t2} = \frac{M_{s2} - (1 - C_v) m_1 \cdot g \cdot z_2 \cdot D_c}{e_2 \cdot D_c}$$

なお、 F_{t1} 及び F_{t2} の算定式における M_{s1} 及び M_{s2} は、添付書類「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式より算出する。

「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$M_s = C_H \cdot m \cdot g \cdot h$	$M_s = (C_H \cdot m \cdot g + P_k) \cdot h$

記号の説明を、表5-5に示す。

表5-5 記号の説明

記号	説明	単位	数値
F_{t1}, F_{t2}	基礎ボルト1に作用する引張力	N	—
t_1	基礎ボルト1の面積相当板幅	mm	4.426
D_c	基礎ボルト1のピッチ円直径	mm	610
C_{t1}, C_{t2}	基礎ボルト計算における係数	—	2.595
M_{s1}, M_{s2}	基礎に作用する転倒モーメント	N・mm	—
C_v	鉛直方向設計震度	—	1.45
m_1	質点1の質量	kg	900
g	重力加速度	m/s ²	9.80665
z_1, z_2	基礎ボルト計算における係数	—	0.4527
e_1, e_2	基礎ボルト計算における係数	—	0.7775
C_H	水平方向設計震度	—	1.93
h_1	基礎から質点1の重心までの距離	mm	3392
P_{k11}	基礎ボルト1の評価に考慮する風荷重(前後方向加振時)	N	1.537935 ×10 ⁴
P_{k12}	基礎ボルト1の評価に考慮する風荷重(左右方向加振時)	N	5.703704 ×10 ³

② せん断応力

基礎ボルト 1 に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

せん断応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\tau_{b11} = \frac{C_H \cdot m_1 \cdot g + P_{k11}}{n_1 \cdot A_{b1}}$
左右加振時		$\tau_{b12} = \frac{C_H \cdot m_1 \cdot g + P_{k12}}{n_1 \cdot A_{b1}}$

なお、上表の計算式は、「V-2-1-13-3 平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「平底たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$\tau_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g}{n \cdot A_b}$	$\tau_b = \frac{C_H \cdot m \cdot g + P_k}{n \cdot A_b}$

記号の説明を、表 5-6 に示す。

表 5-6 記号の説明

記号	説明	単位	数値
C_H	水平方向設計震度	—	1.93
m_1	質点 1 の質量	kg	900
g	重力加速度	m/s ²	9.80665
P_{k11}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（前後方向加振時）	N	1.537935 × 10 ⁴
P_{k12}	基礎ボルト 1 の評価に考慮する風荷重（左右方向加振時）	N	5.703704 × 10 ³
n_1	基礎ボルト 1 の本数	—	12
A_{b1}	基礎ボルト 1 の軸断面積 (= $\pi d_1^2/4$)	mm ²	706.9

(2) ODU支持架台の基礎ボルト

この項目においてODU支持架台の基礎ボルトを「基礎ボルト2」という。

① 引張応力

基礎ボルト2に生じる引張応力は次のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\sigma_{b21} = \frac{F_{b1}^{*1}}{A_{b2}}$
左右加振時		$\sigma_{b22} = \frac{F_{b2}^{*2}}{A_{b2}}$

$$*1: F_{b1} = \frac{(m_2 \cdot C_H \cdot g + P_{k21}) \cdot h_2 - m_2 \cdot (1 - C_v) \cdot l_2 \cdot g}{n_{f1}(l_1 + l_2)}, \quad *2: F_{b2} = \frac{(C_H \cdot m_2 \cdot g + P_{k22}) \cdot h_2 - m_2 \cdot (1 - C_v) \cdot l_4 \cdot g}{n_{f2}(l_3 + l_4)}$$

なお、 F_{b1} 及び F_{b2} は、添付書類「V-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_v) \cdot l_2 \cdot g}{n_f(l_1 + l_2)}$	$F_b = \frac{(m \cdot C_H \cdot g + P_k) \cdot h - m \cdot (1 - C_v) \cdot l_2 \cdot g}{n_f(l_1 + l_2)}$

記号の説明を、表 5-7 に示す。

表 5-7 記号の説明

記号	説明	単位	数値
A_{b2}	基礎ボルト2の軸断面積 ($= \pi d_2^2/4$)	mm ²	314.2
m_2	質点2の質量	kg	86
C_H	水平方向設計震度	—	1.93
g	重力加速度	m/s ²	9.80665
P_{k21}	基礎ボルト2の評価に考慮する風荷重 (前後方向加振時)	N	7.236158×10^2
P_{k22}	基礎ボルト2の評価に考慮する風荷重 (左右方向加振時)	N	9.652328×10^2
h_2	基礎から質点2の重心までの距離	mm	888
C_v	鉛直方向設計震度	—	1.45
l_2	重心と基礎ボルト間の水平方向 (前後) 距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm	528
l_4	重心と基礎ボルト間の水平方向 (左右) 距離 ($l_3 \leq l_4$)	mm	240
n_2	基礎ボルト2の本数	—	4
n_{f1}, n_{f2}	評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数	—	2
l_1	重心と基礎ボルト間の水平方向 (前後) 距離 ($l_1 \leq l_2$)	mm	172
l_3	重心と基礎ボルト間の水平方向 (左右) 距離 ($l_3 \leq l_4$)	mm	240

② せん断応力

基礎ボルト 2 に生じるせん断応力は次のとおり計算する。

引張応力	単位	計算式
前後加振時	MPa	$\tau_{b21} = \frac{Q_{b1}}{n_2 \cdot A_{b2}}$
左右加振時		$\tau_{b22} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}}$

なお、上表の計算式は、「V-2-1-13-9 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式に風荷重を考慮した以下の式としている。

「計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」の評価式	風荷重考慮式
$Q_b = m \cdot C_H \cdot g$	$Q_b = m \cdot C_H \cdot g + P_k$

記号の説明を表 5-8 に示す。

表 5-8 記号の説明

記号	説明	単位	数値
A_{b2}	基礎ボルト 2 の軸断面積 ($= \pi d_2^2/4$)	mm ²	314.2
n_2	基礎ボルト 2 の本数	—	4
m_2	質点 2 の質量	kg	86
C_H	水平方向設計震度	—	1.93
g	重力加速度	m/s ²	9.80665
P_{k21}	基礎ボルト 2 の評価に考慮する風荷重 (前後方向加振時)	N	7.236158×10^2
P_{k22}	基礎ボルト 2 の評価に考慮する風荷重 (左右方向加振時)	N	9.652328×10^2

5.5 計算条件

5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

- (1) 耐震計算モデルは 1 質点系モデルとする。基礎ボルトの評価において衛星アンテナ支持架台とODU支持架台は独立していると仮定して評価する。
- (2) 衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト 1）の評価には衛星アンテナ支持架台側の質量を、ODU支持架台の基礎ボルト（基礎ボルト 2）はODU部側の質量を考慮する。中間に位置するステー及びアームの質量は保守的に両者に考慮する。
- (3) 衛星アンテナの重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (4) 風荷重も地震荷重の作用点と同一点に作用するものとする。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	基準地震動 S_s による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの電氣的機能維持評価について以下に示す。
 なお、評価用加速度は添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの機能確認済加速度は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同型式のODU単体及びODU電源部単体の正弦波加振試験において電氣的機能の健全性を確認した評価部位の加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 6-1 に示す。また、ODU及びODU電源部の実装図を図 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

評価部位	方向及び機能確認済加速度		
	X (左右)	Y (前後)	Z (鉛直)
ODU			
ODU電源部			

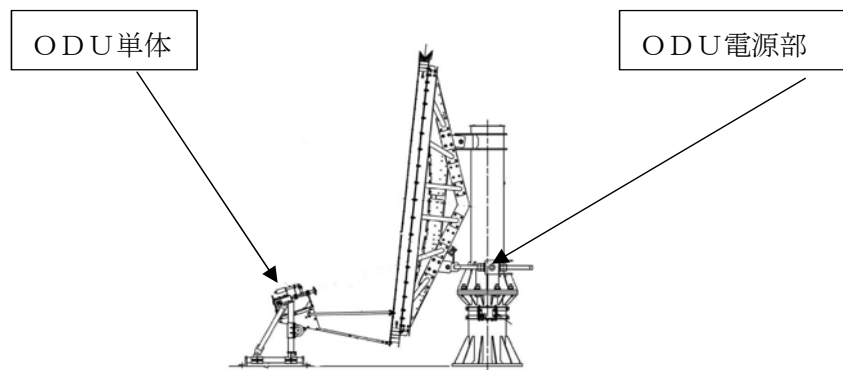


図 6-1 ODU及びODU電源部の実装図

7. 評価結果

7.1 重大事故等対処設備としての評価結果

統合原子力防災ネットワーク設備衛星アンテナの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 7-1 に示す。

(2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を表 7-2 に示す。

表 7-1 基準地震動 S_s に対する応力評価結果

評価対象設備	評価部位	応力分類	加速度の方向	発生応力	許容応力
				MPa	MPa
衛星アンテナ	衛星アンテナ支持架台の基礎ボルト (基礎ボルト 1)	引張応力	前後	67	184*
			左右	48	184*
		せん断応力	前後	4	142
			左右	3	142
	ODU支持架台の基礎ボルト (基礎ボルト 2)	引張応力	前後	6	147*
			左右	8	147*
		せん断応力	前後	2	113
			左右	3	113

すべて許容応力以下である。

注記 * : $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出

表 7-2 電氣的機能維持評価結果 (重大事故等対処施設)

($\times 9.8 \text{m/s}^2$)

評価対象 設備	評価部位	機能確認済加速度との比較			
		水平方向		鉛直方向	
		評価用加速度	機能確認済加速度	評価用加速度	機能確認済加速度
統合原子力防災ネットワーク設備	ODU	1.61		1.21	
衛星アンテナ	ODU電源部	1.61		1.21	

評価用加速度 (1.0ZPA) は全て機能確認済加速度以下である。