

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 添-2-042-8-2 改3
提出年月日	2020年9月1日

V-2-10-2-4-3(2) バブラー管の耐震性についての計算書

K7 ① V-2-10-2-4-3(2) R1

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

(2) バブラー管の耐震性についての計算書

設計基準対象施設

目 次

1. バブラー管（管）	1
1.1 概要	1
1.2 概略系統図及び鳥瞰図	2
1.2.1 概略系統図	2
1.2.2 鳥瞰図	4
1.3 計算条件	6
1.3.1 計算方法	6
1.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
1.3.3 設計条件	8
1.3.4 材料及び許容応力	11
1.3.5 設計用地震力	12
1.4 解析結果及び評価	13
1.4.1 固有周期及び設計震度	13
1.4.2 評価結果	18
2. バブラー管（フランジ部）	21
2.1 概要	21
2.2 一般事項	21
2.2.1 構造計画	21
2.2.2 評価方針	23
2.2.3 適用規格・基準等	24
2.2.4 記号の説明	25
2.2.5 計算精度と数値の丸め方	26
2.3 評価部位	27
2.4 固有周期	28
2.4.1 固有値解析方法	28
2.4.2 解析モデル及び諸元	28
2.4.3 固有値解析結果	30
2.5 構造強度評価	31
2.5.1 構造強度評価方法	31
2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力	31
2.5.3 設計用地震力	35
2.5.4 計算方法	36
2.5.5 計算条件	38
2.5.6 応力の評価	38
2.6 評価結果	39
2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果	39

1. バブラー管（管）

1.1 概要

本計算書は、V-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管及び支持構造物が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を1.4.2.2に記載する。






(2) 支持構造物

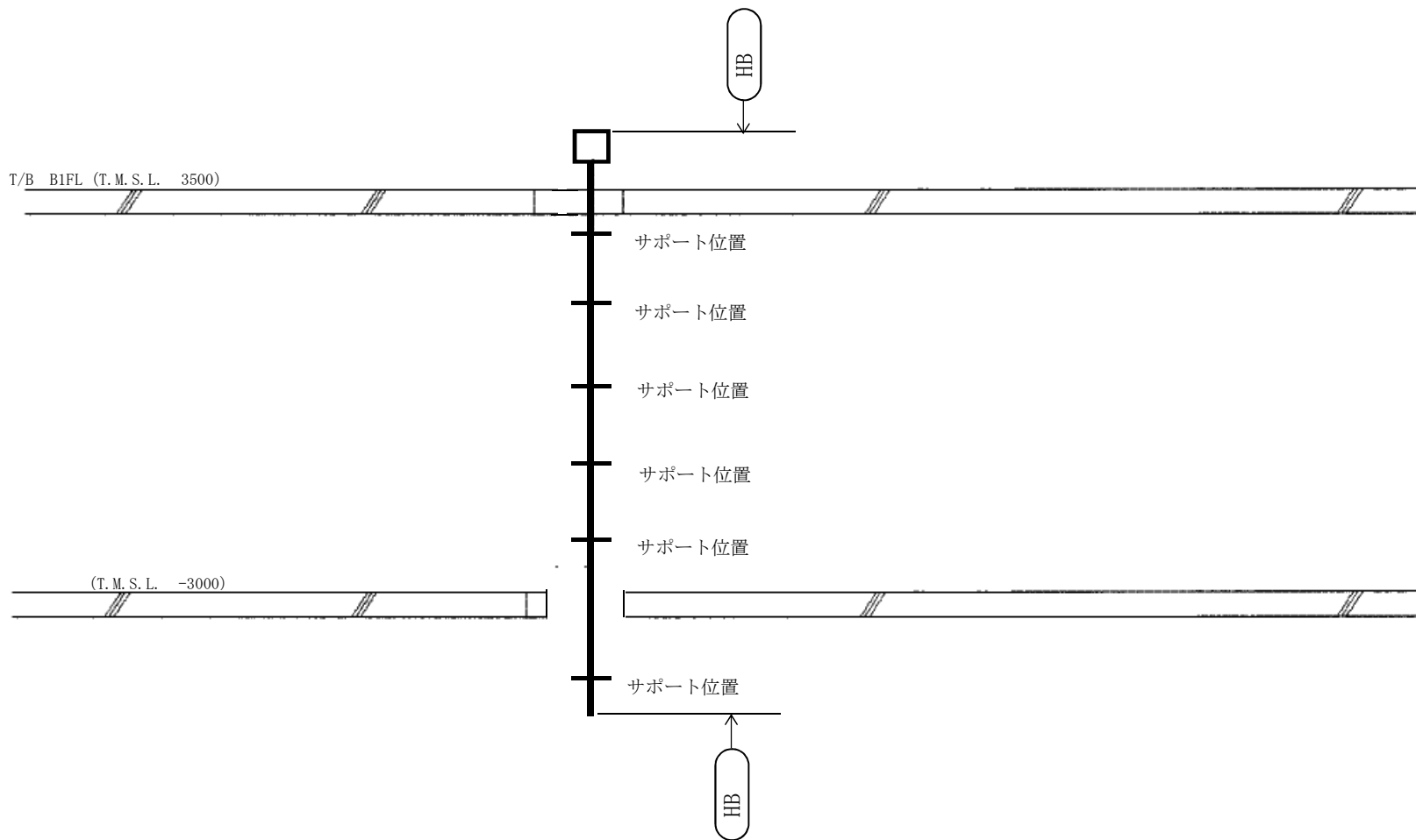
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

1.2 概略系統図及び鳥瞰図

1.2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例


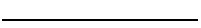



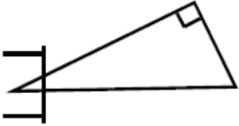
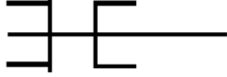

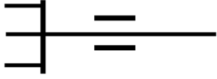
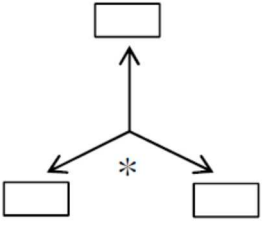
記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ



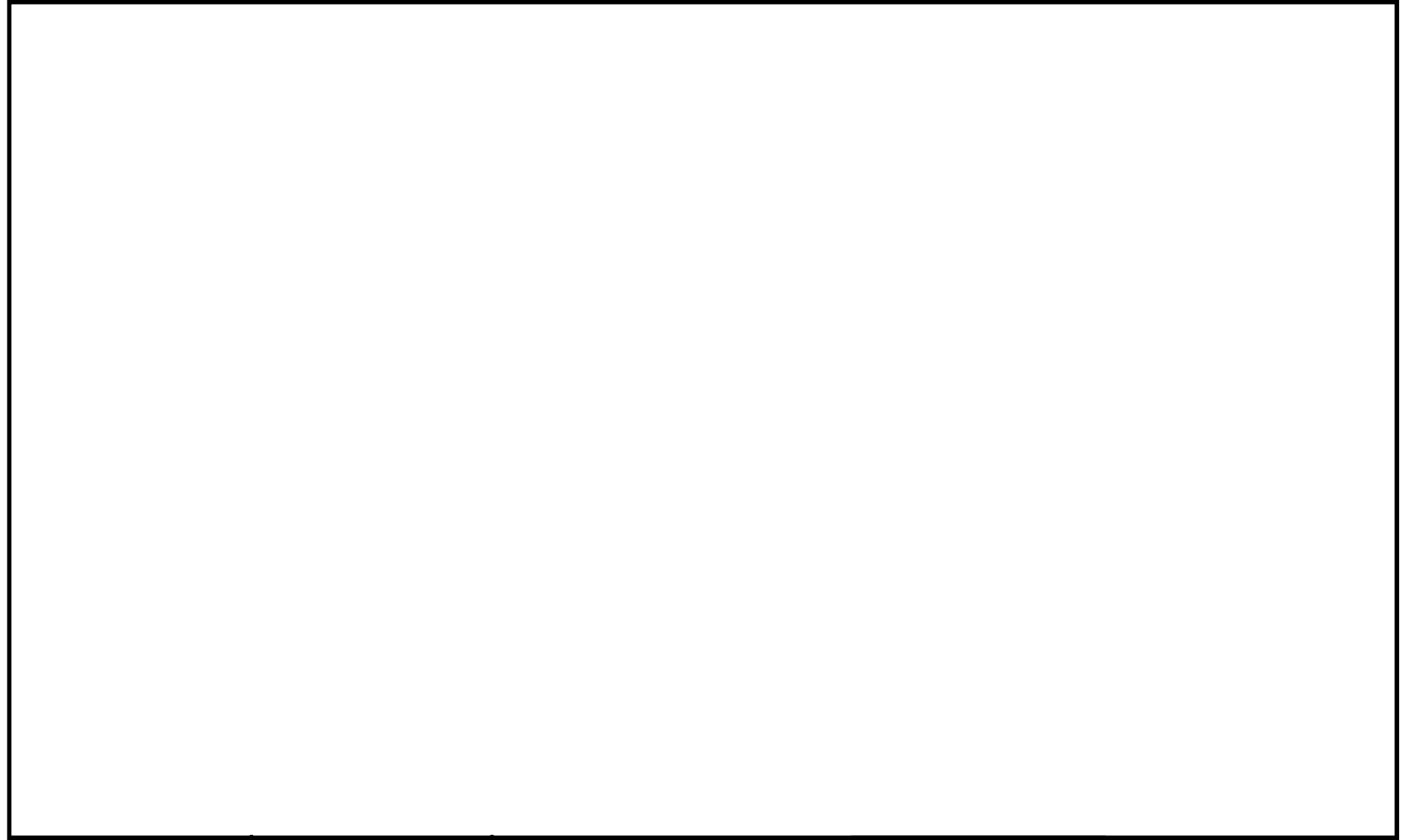
原子炉補機冷却海水系（取水槽水位計廻り）概略系統図

1.2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント (本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	リジットハンガ
	拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, 内に変位量を記載する。)

注1: 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



51

1.3 計算条件

1.3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「H I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

1.3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

施設名称	設備名称	系統名称	施設*1 分類	設備 分類	機器等 の区分	耐震重要度 分類	荷重の組合せ*2	許容応力 状態
浸水防護施設	バブラー管	原子炉補機冷却海水系	DB	—	クラス3管	S	I _L +S _s	Ⅲ _A S
							Ⅱ _L +S _s	

注記*1：DBは設計基準対象施設を示す。

*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

1.3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し、管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 HB

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	耐震 重要度分類	縦弾性係数 (MPa)
1	1N~42, 101~103	0.20	66	21.7	3.0	SUS316	S	193667

フランジ部の質量

鳥瞰図 HB

質量	対応する評価点
	1N

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図 HB

支持点番号	各軸方向ばね定数 (N/mm)			各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
7						
11						
19						
27						
31						
40						

K7 ① V-2-10-2-4-3(2) R0

1.3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316	66	—	191	496	129

1.3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線はV-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数はV-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

鳥瞰図	建屋・構築物	標高	減衰定数(%)
HB	タービン建屋		

1.4 解析結果及び評価

1.4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HB

適用する地震動等		S _d 及び静的震度			S _s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ¹		応答鉛直震度* ¹
		X方向	Z方向	Y方向	X方向	Z方向	Y方向
1次							
2次							
3次							
動的震度* ²							
静的震度							

注記*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

*2：S_s地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 HB

モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

代表的振動モード

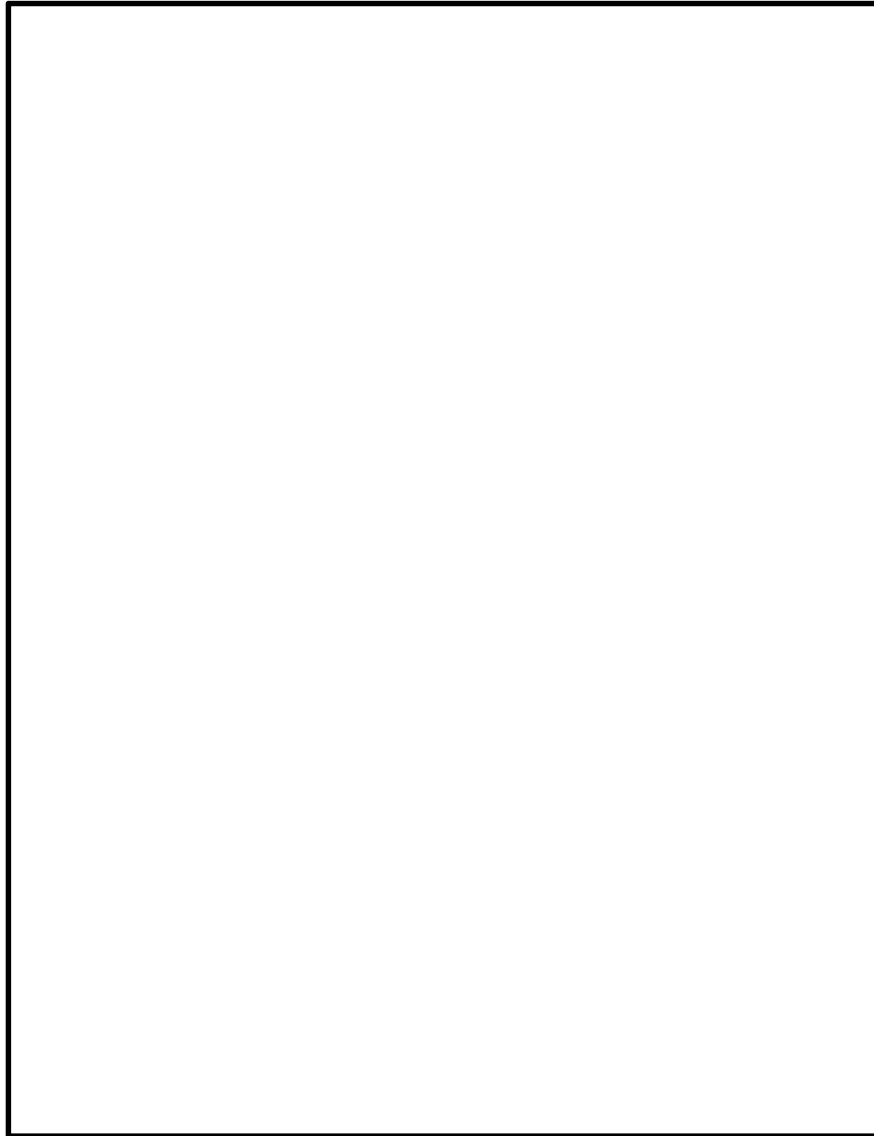
振動モード図は、2次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



鳥瞰図	HB
-----	----

代表的振動モード図 (2次)



鳥瞰図	HB
-----	----

1.4.2 評価結果

1.4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

鳥瞰図	許容応力 状態	最大応力 評価点	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)		一次+二次応力評価 (MPa)		疲労評価
				計算応力	許容応力	計算応力	許容応力	疲労累積係数
				$S_{prm} (S_s)$	S_y^*	$S_n (S_s)$	$2S_y$	$U S_s$
HB	ⅢA S	32	$S_{prm} (S_s)$	28	191	—	—	—
	ⅢA S	32	$S_n (S_s)$	—	—	55	382	—

注記* : オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 S_y と $1.2S_n$ のうち大きい方の値とする。

1.4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	評価結果	
					計算 荷重 (kN)	許容 荷重 (kN)
—	—	—	—	—	—	—

19

支持構造物評価結果（応力評価）

支持構造物 番号	種類	型式	材質	温度 (°C)	支持点荷重						評価結果		
					反力 (kN)			モーメント (kN・m)			応力 分類	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)
					F _x	F _y	F _z	M _x	M _y	M _z			
RE-31	レストレイント	U ボルト	SUS316	66				—	—	—	組合せ	5	205

1.4.2.2 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、設計条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

No.	配管モデル	許容応力状態 III A S												
		一次応力					一次+二次応力					疲労評価		
		評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算 応力 (MPa)	許容 応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労 累積 係数	代表
1	HB	32	28	191	6.82	○	32	55	382	6.94	○	—	—	—

2. バブラー管（フランジ部）

2.1 概要

本計算書は、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に基づき、バブラー管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

バブラー管は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

バブラー管の構造計画を表 2-2-1 に示す。

表 2-2-1 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>バブラー管はフランジに固定され、フランジは取付床に固定された計器架台に取付ボルトで固定される。</p>	<p>検出配管</p>	<p>【バブラー管】</p> <p>上面</p> <p>側面</p> <p>取付ボルト</p> <p>フランジ</p> <p>計器架台</p> <p>貫通部止水処置 (鉄板)</p> <p>取付床</p> <p>6916</p> <p>バブラー管 (検出配管)</p> <p>140</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2.2 評価方針

バブラー管の応力評価は、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、「2.2.1 構造計画」にて示すバブラー管の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 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、「2.5 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。確認結果を「2.6 評価結果」に示す。

バブラー管（フランジ部）の耐震評価フローを図2-2-1に示す。

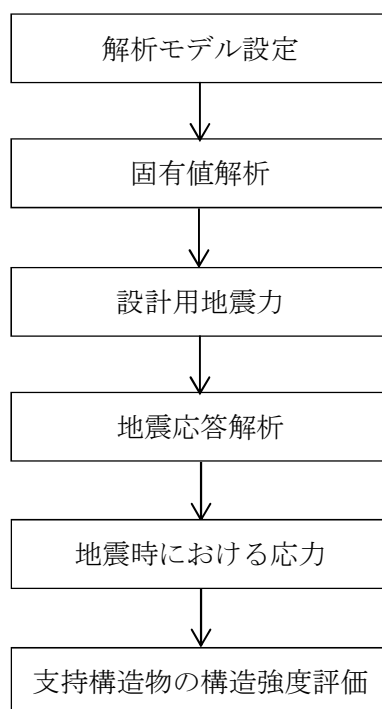


図2-2-1 バブラー管（フランジ部）の耐震評価フロー

2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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 ((社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

2.2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	取付ボルトの軸断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
d	取付ボルトの呼び径	mm
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3131 又は SSB-3133 に定める値	MPa
F_b	取付ボルトに作用する引張力	N
F_x	取付ボルトに作用する力 (x 方向)	N
F_y	取付ボルトに作用する力 (y 方向)	N
F_z	取付ボルトに作用する力 (z 方向)	N
f_{sb}	せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力	MPa
f_{to}	引張力のみを受けるボルトの許容引張応力	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
l_1	M_x によって取付ボルトにせん断力が発生する場合の取付ボルトとフランジ中心との距離	mm
l_2	M_z によって取付ボルトにせん断力が発生する場合の取付ボルトとフランジ中心との距離	mm
M_x	取付ボルトに作用するモーメント (x 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
M_y	取付ボルトに作用するモーメント (y 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
M_z	取付ボルトに作用するモーメント (z 軸周り)	$\text{N}\cdot\text{m}$
n	取付ボルトの本数	—
n_x	M_x の引張力に耐えうる取付ボルトの本数	—
n_z	M_z の引張力に耐えうる取付ボルトの本数	—
Q_b	取付ボルトに作用するせん断力	N
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°Cにおける値	MPa
W	バブラー管の荷重	N
σ_b	取付ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	取付ボルトに生じるせん断応力	MPa
π	円周率	—

2.2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2-2 に示すとおりとする。

表 2-2-2 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
震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
温度	℃	—	—	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
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁* ²
モーメント	N・m	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第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*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。

2.3 評価部位

バブラー管（フランジ部）の耐震評価は、「2.5.1 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取付ボルトについて実施する。バブラー管（フランジ部）の耐震評価部位については、表 2-2-1 の概略構造図に示す。

2.4 固有周期

2.4.1 固有値解析方法

バブラー管（フランジ部）の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) バブラー管は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

2.4.2 解析モデル及び諸元

バブラー管の解析モデルを図2-4-1に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【バブラー管（フランジ部）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) バブラー管の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) バブラー管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) 拘束条件は、バブラー管フランジ部を完全拘束とする。なお、取付ボルト部は剛体として評価する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 計算機コードは、「H I S A P」を使用し、固有値及び荷重を求める。

なお、評価に用いる計算機コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

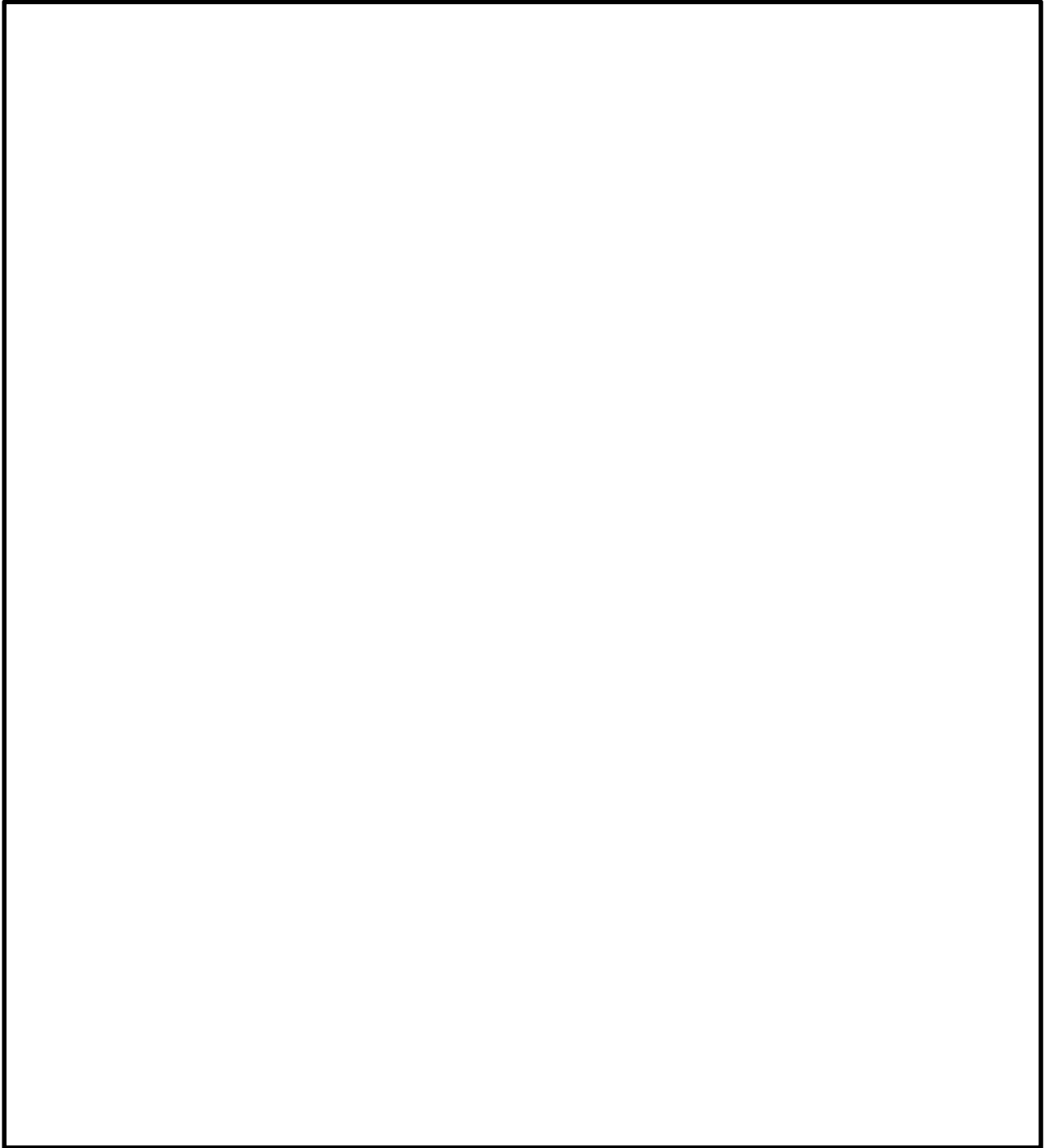


図 2-4-1 解析モデル

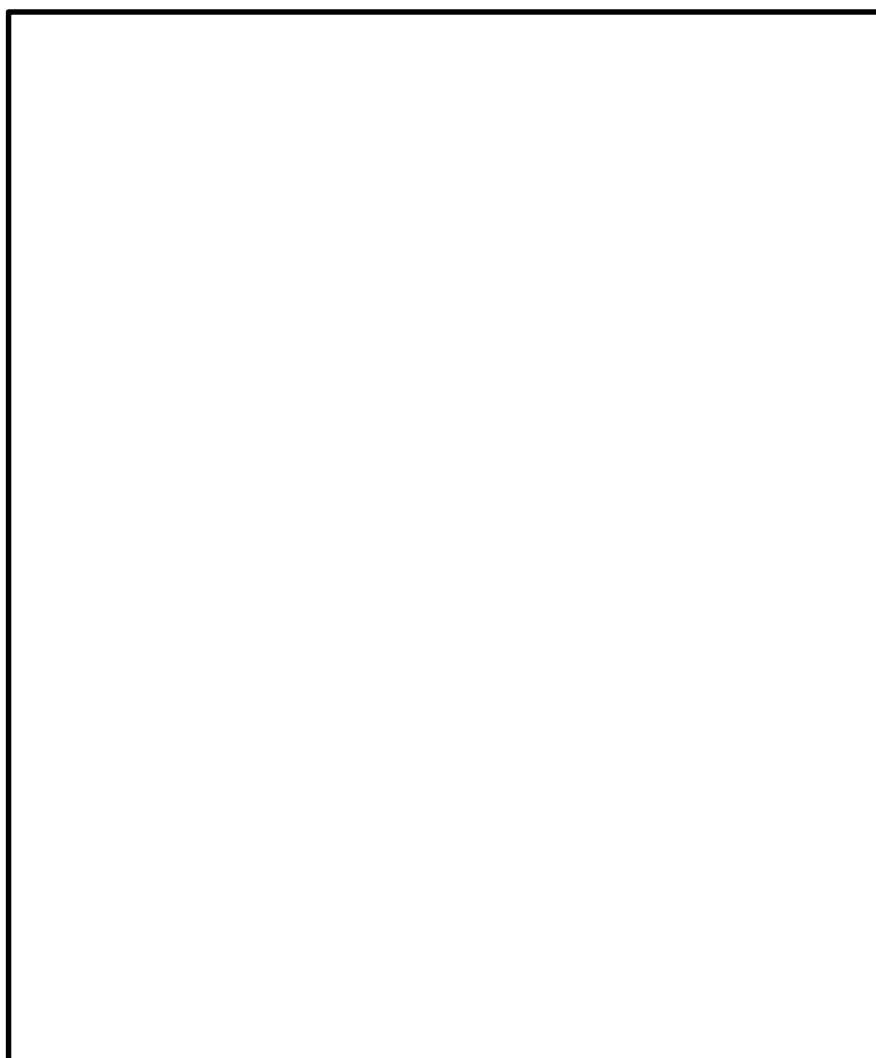
2.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 2-4-1 に、振動モード図を図 2-4-2 に示す。

表 2-4-1 固有値解析結果

計器番号	モード	固有周期 (s)	水平方向刺激係数*		鉛直方向* 刺激係数
			X方向	Z方向	
バブラー管					

注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



1次

2次

図 2-4-2 振動モード図

2.5 構造強度評価

2.5.1 構造強度評価方法

2.4.2 項(1)～(5)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力はバブラー管に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) バブラー管はフランジ部にて取付ボルトで計器架台に固定されており、固定端とする。

2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

バブラー管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5-1 に示す。

2.5.2.2 許容応力

バブラー管の許容応力は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-5-2 のとおりとする。

2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

バブラー管の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5-3 に示す。

表 2-5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態 (設計基準対象施設)

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
その他発電 用原子炉の 附属施設	浸水防護 施設	バブラー管 (フランジ部)	S	—*	$D + P_D + M_D + S_s$	ⅢA S

注記* : その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 2-5-2 許容応力（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	
	引張り	せん断
Ⅲ _A S	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$

注記*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 2-5-3 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		最高使用温度				
取付ボルト	SUS304	最高使用温度	66	188	479	205

2.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 2-5-4 に示す。

「基準地震動 S_s 」による地震力は、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。また、減衰定数は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 2-5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び床面高さ (m)		タービン建屋 T. M. S. L. 4. 900					
固有周期 (s)		水平 : <input type="text"/> *1			鉛直 : <input type="text"/> *1		
減衰定数 (%)		水平 : 0.5			鉛直 : 0.5		
地震力		弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度			基準地震動 S_s		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度*2		応答鉛直*2震度
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	<input type="text"/>		
2 次		—	—	—			
3 次		—	—	—			
動的地震力*3		—	—	—			
静的地震力		—	—	—			

注記*1 : 1 次固有周期について記載

*2 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線 (S_s) より得られる震度を示す。

*3 : S_s に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

2.5.4 計算方法

2.5.4.1 応力の計算方法

2.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

三次元はりモデルによる個別解析からフランジ部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて評価する。

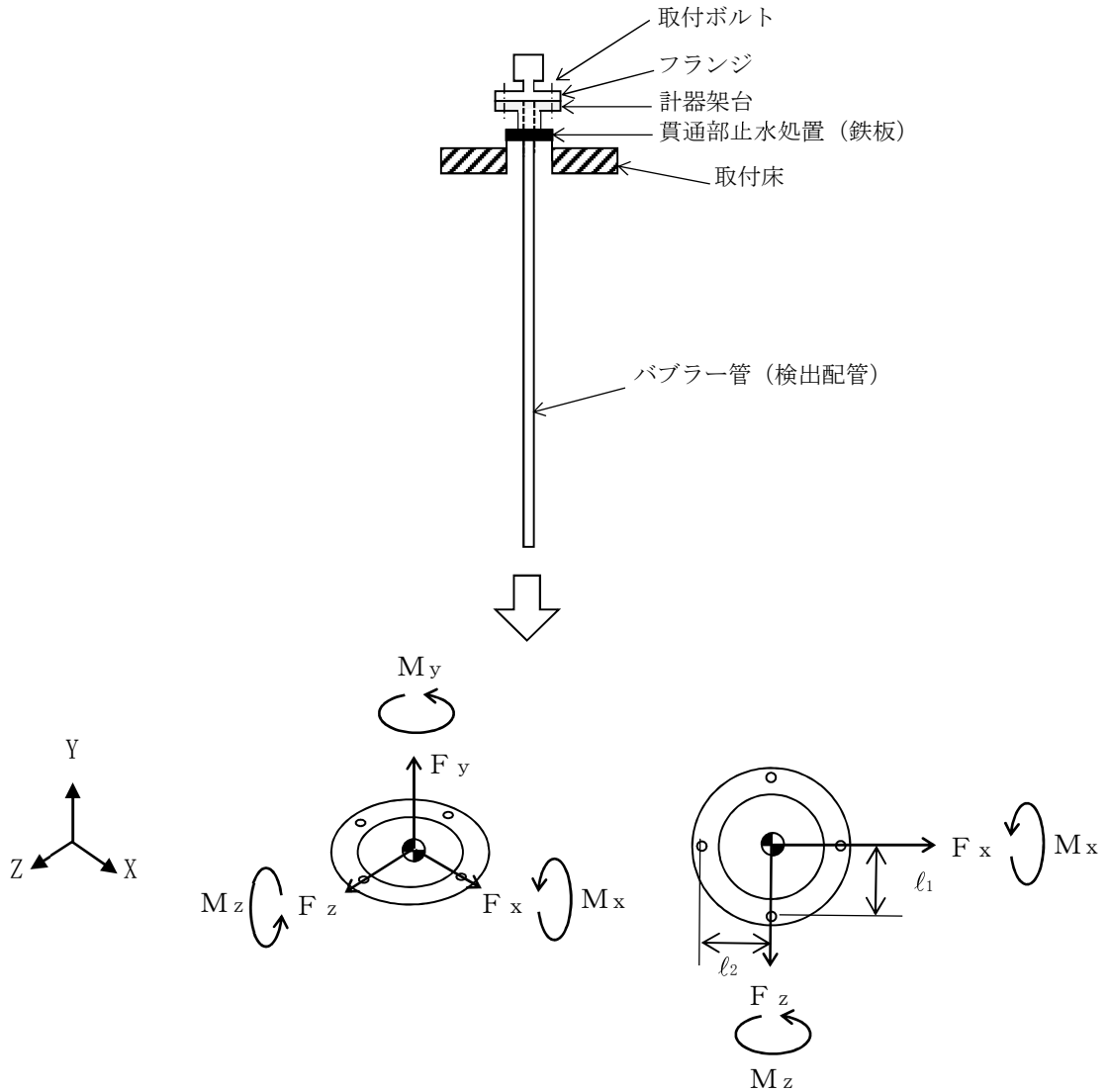


図2-5-1 計算モデル (フランジ部)

個別解析によって得られたフランジ部の評価点の最大反力とモーメントを表 2-5-5 に示す。

表2-5-5 フランジ部発生反力, モーメント

対象計器	反力 (N)			モーメント (N・m)		
	F_x	F_y	F_z	M_x	M_y	M_z
バブラー管 (フランジ部)	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 20px; margin: 0 auto;"></div>					

(1) 引張応力

取付ボルト（1本当たり）に対する引張応力は、下式により計算する。

引張力（ F_b ）

$$F_b = \frac{F_y}{n} + \frac{M_x}{l_1 \cdot n_x} + \frac{M_z}{l_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

引張応力（ σ_b ）

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで、取付ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力（ Q_b ）

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_z^2}}{n} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

せん断応力（ τ_b ）

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

2.5.5 計算条件

2.5.5.1 取付ボルトの応力計算条件

取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【バブラー管（フランジ部）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

2.5.6 応力の評価

2.5.6.1 取付ボルトの応力評価

2.5.4.1項で求めたボルトの引張応力 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける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。

f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$
f_{sb}	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

バブラー管の設計基準対象施設として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次頁以降の表に示す。

【バブラー管（フランジ部）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

機器名称	耐震重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期(s)		弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s		最高使用温度 (°C)
			水平方向	鉛直方向	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	
バブラー管 (フランジ部)	S	タービン建屋 T. M. S. L. 4. 900*1	□	□	—	—	□ 又は*2	□ 又は*2	66

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：基準地震動 S_s に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

1.2 機器要目

部材	W (N)	d (mm)	A _b (mm ²)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
取付ボルト	—	16 (M16)	201.1	188	479	205

部材	ℓ ₁ (mm)	ℓ ₂ (mm)	n	n _x	n _z	F (MPa)
取付ボルト	52.5	52.5	4	1	1	205

1.3 計算数値

1.3.1 取付ボルト部に作用する力

(単位：N)

部材	F_x		F_y		F_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.2 取付ボルト部に作用するモーメント

(単位：N・m)

部材	M_x		M_y		M_z	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.3.3 ボルトに作用する力

(単位：N)

部材	F_b		Q_b	
	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s	弾性設計用地震動 S d 又は静的震度	基準地震動 S s
取付ボルト	—	<input type="text"/>	—	<input type="text"/>

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

部材	材料	応力	弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度		基準地震動 S _s	
			算出応力	許容応力	算出応力	許容応力
取付ボルト	SUS304	引張り	—	—	$\sigma_b=1$	$f_{ts}=153^*$
		せん断	—	—	$\tau_b=0$	$f_{sb}=118$

すべて許容応力以下である。

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

1.5 その他の機器要目

(1) 支持点及び貫通部ばね定数

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1N						
7						
11						
19						
27						
31						
40						

(2) 設計条件

管番号	対応する評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	103~42	21.7	3.0	SUS316

(3) 材料物性値

項目	記号	単位	入力値	
縦弾性係数	E	MPa	193667	
管の質量	—		評価点	数値
ポアソン比	ν	—	0.3	
要素数	—	個	44	
節点数	—	個	45	

