

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

※ なお、本資料は抜粋版のため、商業機密の観点から公開できない箇所はありません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-10_改9
提出年月日	2021年12月2日

補足-600-10 機電設備の耐震計算書の作成について

目 次

1. 目的	1
2. 適用範囲	1
3. 基本方針	1
4. 機電設備耐震計算書の分類と構成について	2
5. 耐震計算書記載注意事項	3
5.1 耐震計算書の全般的な注意事項	3
5.2 耐震計算書の各項目の注意事項	3
5.2.1 「①概要」について	3
5.2.2 「②一般事項」について	4
5.2.3 「③評価部位」について	5
5.2.4 「④固有周期」について	5
5.2.5 「⑤地震応答解析及び構造強度評価」について	6
5.2.6 「⑥構造強度評価」について	8
5.2.7 「⑦構造強度評価」について	8
5.2.8 「⑧機能維持評価」について	8
5.2.9 「⑨機能維持評価」について	9
5.2.10 「⑩評価結果」について	9

添付資料-1 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「横軸ポンプ」の耐震計算書記載例)

添付資料-2 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「容器」の耐震計算書記載例)

添付資料-3 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「たて軸ポンプ」の耐震計算書記載例)

添付資料-4 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「盤」の耐震計算書記載例)

添付資料-5 機能維持評価で詳細検討を実施する場合

添付資料-6 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Aパターンの耐震計算書記載例)

添付資料-7-1 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-1パターン「解析」の耐震計算書記載例)

添付資料-7-2 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(C-2パターン「手計算」の耐震計算書記載例)

添付資料-8 個別に地震応答解析の説明が必要な設備の耐震計算書
(Dパターンの耐震計算書記載例)

添付資料-9 機能維持評価のみを確認する設備の耐震計算書
(Eパターンの耐震計算書記載例)

添付資料-10 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(Fパターン「管」の耐震計算書記載例)

: 今回提出範囲

添付資料-10 : 「計算書作成の基本方針」を呼び込む設備の耐震計算書
(F パターン「管」の耐震計算書記載例)

VI-○-○-○ 管の耐震性についての計算書 (系統名称)

設計基準対象施設

設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価ごとに中表紙を作成する。

02 0 VI-00-00-0(設) R0

図書番号に、設計基準対象施設は「(設)」を、
重大事故等対処設備は「(重)」を記載する。

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	12
3.5 設計用地震力	13
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	27

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 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、〇〇系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

当該システムの配管モデル数を記載する。

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の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全〇モデルのうち、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 4.2.4 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。



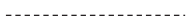
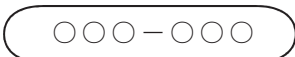

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概要系統図及び鳥瞰図

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系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

〇2 〇 VI-〇-〇-〇(設) R 〇

図示



屋外を含む2つ以上の建屋を渡る配管については建屋境界を記載する。

○○○○○○○○系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例


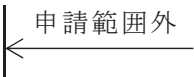
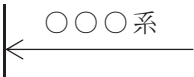


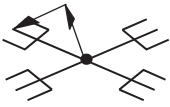
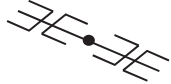
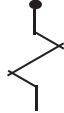
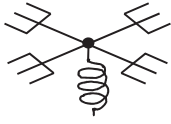
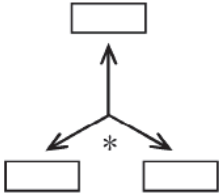
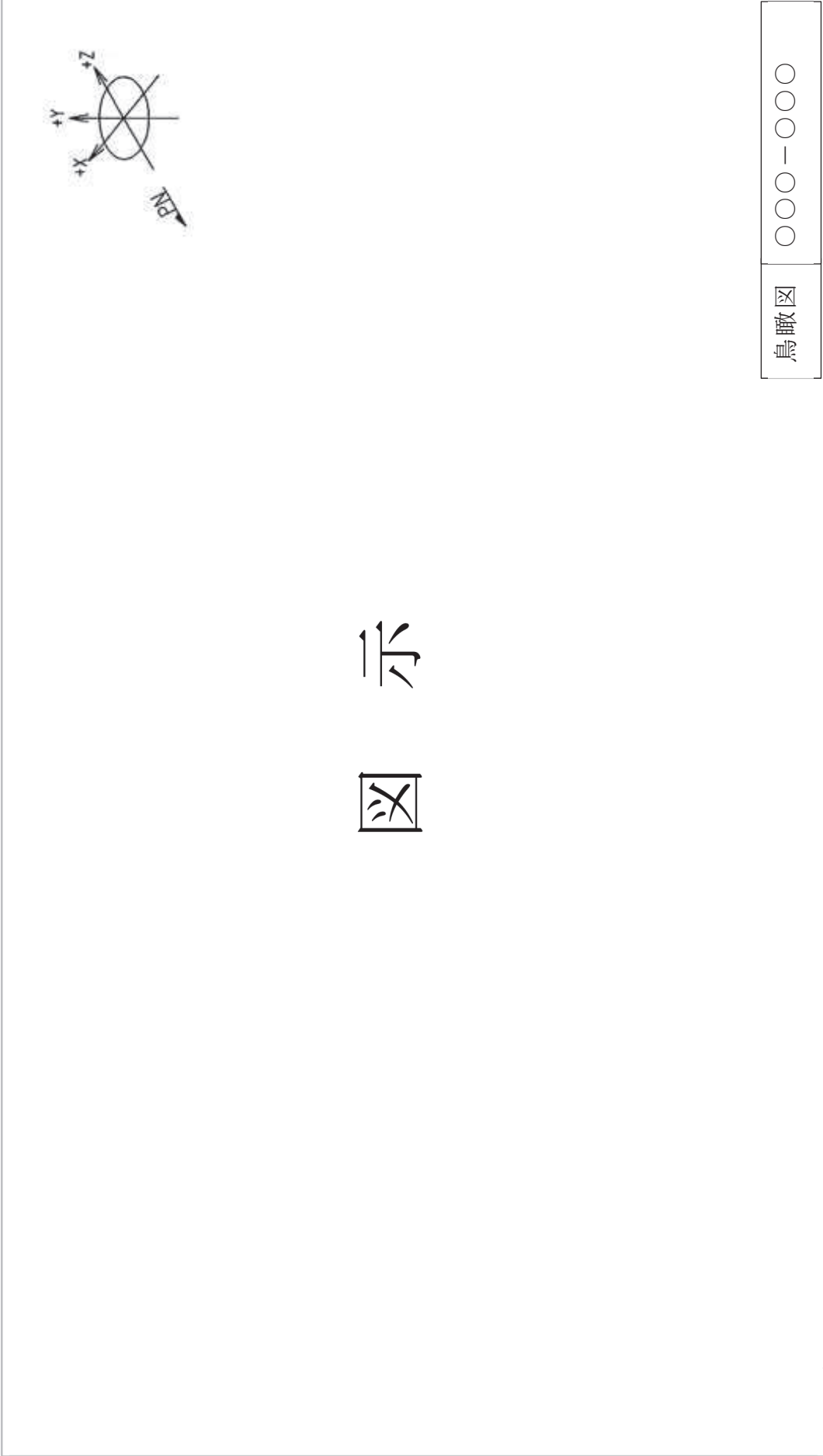
記 号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量 (mm) (*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また， <input type="text"/> 内に 変位量を記載する。)

図 示



屋外を含む2つ以上の建屋を渡る配管については建屋境界を記載する。また、申請範囲内のアンカ(評価点)を代表として拘束点のS s 及びS d によるそれぞれの相対変位量を記載する。

3. 計算条件

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、「〇〇〇」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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。

重大事故等対処設備の評価時のみ記載する。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*2,3	許容応力状態
				-				
				-				

注記 *1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

*2: 運転状態の添字Lは荷重, (L)は荷重が長期間作用している状態を示す。

*3: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

該当するもののみ記載する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

管名称	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)

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

管名称	対応する評価点

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

配管の質量は、配管自体、管内流体、フランジ及び保温等の配管に付加される質量を含む。

弁部の質量を下表に示す。

弁○

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

弁の質量は、弁自体、管内流体及び保温等の弁に付加される重量を含む。

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

支持点部のばね定数を下表に示す。

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

** 印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。
 注 1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナッパのばね定数を示す。
 注 2 自重解析にのみ使用するハンガのばね定数を示す。地震、地震を除く短期的機械荷重及び熱の解析においてはハンガのばね定数は考慮しない。

該当する場合に記載する。

02 ○ ○ VI-○-○-○(設) R 0

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)

評価に使用しない許容応力評価条件については「-」を記載する。

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、添付書類「VI-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、減衰定数は添付書類「VI-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。

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数〇〇回(S_s)及び〇〇回(S_d)で実施する。

疲労評価を行う場合は記載する。S_sによる疲労評価のみを行う場合は、S_sによる等価繰返し回数のみを記載する。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (O.P. (m))	減衰定数 (%)

1次固有周期が0.05s以下の場合は「-」を記載する。

配管系が設置されているレベルを包絡する設計用床応答曲線を用いる場合は、用いるすべての標高を記載する。

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 〇〇〇-〇〇〇

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*1		応答鉛直震度*1	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							
...							
8次							
n次							
n+1次*2		—	—	—	—	—	—
動的震度*3							
静的震度*4					—	—	—

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：固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4：3.6C_I及び1.2C_Vより定めた震度を示す。

n次までは固有周期が0.050sより長いモード、n+1次は固有周期が0.050s以下のモードを示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 000-0000

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				
3次				
...				
8次				
n次				

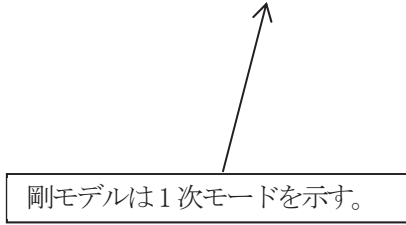
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



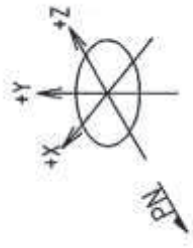
刺激係数の算出方法を記載する。

代表的振動モード図

振動モード図は、3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)

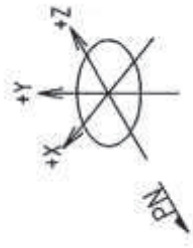


図示

鳥瞰図



代表的振動モード図(2次)



図示

鳥瞰図

0000-0000

代表的振動モード図(3次)



図示

鳥瞰図

〇〇〇-〇〇〇

4.2 評価結果

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1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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 疲労累積係数	
					一次応力 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 2.25・Sm 3・Sm	ねじり応力 St(Sd) St(Ss)	許容応力 0.55・Sm 0.73・Sm	許容応力	一次+二次応力 Sn(Sd) Sn(Ss)		許容応力 3・Sm 3・Sm
	III _A S			Spr m(S d)			—	—	—	—	—	—
	III _A S			St(S d)		—	—	—	—	—	—	—
	III _A S			Sn(S d)		—	—	—	—	—	—	—
	III _A S			U+U S d		—	—	—	—	—	—	—
	IV _A S			Spr m(S s)		—	—	—	—	—	—	—
	IV _A S			St(S s)		—	—	—	—	—	—	—
	IV _A S			Sn(S s)		—	—	—	—	—	—	—
	IV _A S			U+U S s		—	—	—	—	—	—	—

*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

**印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

該当する場合に記載する。

一次+二次応力が3 Sm以下の場合は「—」を記載する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態Ⅲ_ASのとき0.55・Sm, 又は許容応力状態Ⅳ_ASのとき0.73・Smを超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図番号

評価点	一次応力評価 (MPa)		
	ねじり応力 St (Sd) St (Ss)	許容応力 0.55・Sm 0.73・Sm	曲げとねじり応力 St + Sb (Sd) St + Sb (Ss)
			許容応力 1.8・Sm 2.4・Sm

本表はねじり+曲げ応力評価結果を示すものである。

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 Sprm(Sd) Sprm(Ss)	許容応力 Sy*1 0.9Su	計算応力 Sn(Sd) Sn(Ss)	許容応力 2Sy 2Sy	
	III _A S		Spr m (S d)					
	III _A S		Sn (S d)	-				-
	IV _A S		Spr m (S s)					-
	IV _A S		Sn (S s)	-				-

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が

1以下であり許容値を満足している。

注記*1: 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、Syと1.2Shのうち大きい方とする。

一次+二次応力が2Sy以下の場合は「-」を記載する。

該当する場合に記載する。

許容応力状態IV_ASにおいて一次+二次応力評価の計算応力が許容応力以下の場合には記載しない。
許容応力状態IV_ASにおいて一次+二次応力評価の計算応力が許容応力を上回る場合は、III_ASにおける一次+二次応力評価結果を記載し、計算応力が許容応力を上回る場合は疲労評価結果を記載する。

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。

対象がない場合は、「-」を記載する。

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)
			添付書類「VI-2-1-1 2-1 配管及び支持構 造物の耐震計算につ いて」参照		*	

III_AS, IV_AS の評価結果のうち、
裕度最小の結果を記載する。

注記*：当該メカニカルスナッパの計算荷重が許容荷重を超えるため、詳細評価を実施する。

詳細評価を実施する場合は記載する。

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						

詳細評価を実施する場合に記載する。

メカニカルスツッパの詳細評価結果

支持構造物 番号	型式	評価結果					
		強度評価			機能確認		
		評価部位*	応力分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)

注記*：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下である。

1. 評価対象弁の機能維持評価用加速度がすべて機能確認済加速度以下の場合に記載する。(評価対象弁がない場合は記載しない。)
2. 評価対象弁の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁が混在する場合は、下記を追記する。
「また、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁については、詳細評価を実施する。」
3. 評価対象弁の機能維持評価用加速度がすべて機能確認済加速度を超える場合は下記を記載する。
「下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁については、詳細評価を実施する。」

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	—	—*	—*	—	—

対象がない場合は、「—」を記載する。

注：機能維持評価用加速度は、配管系の地震応答解析による打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

注記*：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、詳細評価を行う。

評価対象がある場合に記載する。

要求機能は、弁に要求される機能に応じて以下を記載する。
 α (S s) : 基準地震動 S s 時に動的機能が要求されるもの。
 β (S s) : 基準地震動 S s 後に動的機能が要求されるもの。

詳細評価を実施する場合に記載する。

詳細評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が駆動部の動作機能確認済加速度以下及び計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		駆動部の動作機能確認済 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)				
			水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位*1	応力分類	計算応力	許容応力	
—	—	—	—	—	—*2	—*2	—*2	—*3	—	—	—

注記*1：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

*2：逆止弁のため開機能維持又は閉機能維持のための動作機能確認済加速度を示す。
 *3：強制開閉装置のない逆止弁であり、構造強度評価部位がない。

該当する場合に記載する。

4.2.4 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、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算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。

評価クラス毎に記載する。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス〇管) ←

No.	配管モデル	許容応力状態 IV _A S															
		許容応力状態 III _A S						許容応力状態 IV _A S									
		一次応力			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	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	疲労係数	

注記* : III_AS の一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_ASの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

重大事故等対処設備

設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価ごとに中表紙を作成する。

図書番号に，設計基準対象施設は「(設)」を，重大事故等対処設備は「(重)」を記載する。

目次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	4
3. 計算条件	6
3.1 計算方法	6
3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
3.3 設計条件	8
3.4 材料及び許容応力	12
3.5 設計用地震力	13
4. 解析結果及び評価	14
4.1 固有周期及び設計震度	14
4.2 評価結果	20
4.2.1 管の応力評価結果	20
4.2.2 支持構造物評価結果	23
4.2.3 弁の動的機能維持評価結果	25
4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	27

1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 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、〇〇系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

当該システムの配管モデル数を記載する。

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の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全〇モデルのうち、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 4.2.4 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。

(3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概要系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例



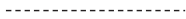


記号	内容
 (太線)	工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

図 示



○○○○○○○○系概略系統図

屋外を含む2つ以上の建屋を渡る配管については建屋境界を記載する。

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例


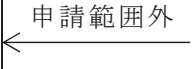
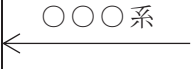


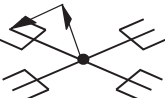
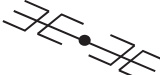
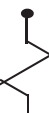
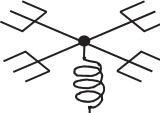
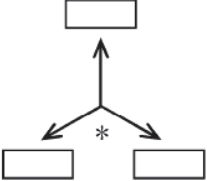
記 号	内 容
	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
	工事計画記載範囲外の管
	工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管
	質 点
	ア ン カ
	レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)
	スナップ
	ハンガ
	ガイド
	拘束点の地震による相対変位量 (mm) (*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また， 内に変位量を記載する。)

図 示



鳥瞰図

〇〇〇-〇〇〇

屋外を含む 2 つ以上の建屋を渡る配管については建屋境界を記載する。また、申請範囲内のアンカ (評価点) を代表として拘束点の S s による相対変位量を記載する。

3. 計算条件

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、「〇〇〇」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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。

重大事故等対処設備は「-」を記載。

施設名称	設備名称	系統名称	施設分類*1	設備分類*2	機器等の区分	耐震重要度分類	荷重の組合せ*3,4	許容応力状態*5
						-		
						-		

該当する設備分類のみ記載する。

注記 *1: DBは設計基準対象施設, SAは重大事故等対処設備を示す。

*2: 「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/防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張), 「常設/緩和」は常設重大事故緩和設備, 「常設/緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張) を示す。

*3: 運転状態の添字 L は荷重, (L) は荷重が長期間作用している状態, (LL) は (L) より更に更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

*4: 許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

*5: 許容応力状態 V_AS は許容応力状態 IV_AS の許容限界を使用し, 許容応力状態 IV_AS として評価を実施する。

重大事故等対処設備の評価時のみ記載する。

該当するもののみ記載する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 ○ ○ ○ - ○ ○ ○

管名称	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)

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

管名称	対応する評価点

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

配管の質量は、配管自体、管内流体、フランジ及び保温等の配管に付加される質量を含む。

弁部の質量を下表に示す。

弁○

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)

弁の質量は、弁自体、管内流体及び保温等の弁に付加される重量を含む。

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 ○○○-○○○

支持点部のばね定数を下表に示す。

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

** 印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。

注 1 地震荷重及び地震荷重を除く短期的機械荷重の解析に使用するスナッパのばね定数を示す。

注 2 自重解析にのみ使用するハンガのばね定数を示す。地震，地震を除く短期的機械荷重及び熱の解析においてはハンガのばね定数は考慮しない。

該当する場合に記載する。

02 ○ VI-○-○(重) R0

3.4 材料及び許容応力評価条件

使用する材料の最高使用温度での許容応力評価条件を下表に示す。

材料	最高使用温度 (°C)	S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _h (MPa)

評価に使用しない許容応力については「-」を記載する。

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、添付書類「VI-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、減衰定数は添付書類「VI-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。

本計算書の疲労評価は、等価繰返し回数〇〇回(S s)で実施する。

疲労評価を行う場合は記載する。

鳥瞰図	建物・構築物	標高 (O. P. (m))	減衰定数 (%)

1次固有周期が0.05s以下の場合は「-」を記載する。

配管系が設置されているレベルを包絡する設計用床応答曲線を用いる場合は、用いるすべての標高を記載する。

4. 解析結果及び評価
 4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 000-0000

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*1		応答鉛直震度*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		-	-	-			
...		-	-	-			
8次		-	-	-			
n次		-	-	-			
n+1次*2		-	-	-	-	-	-
動的震度*3		-	-	-			
静的震度*4		-	-	-	-	-	-

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: 固有周期が0.050s以下であることを示す。

*3: S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

*4: 3.6C_I及び1.2C_vより定めた震度を示す。

n次までは固有周期が0.050sより長いモード、n+1次は固有周期が0.050s以下のモードを示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 000-0000

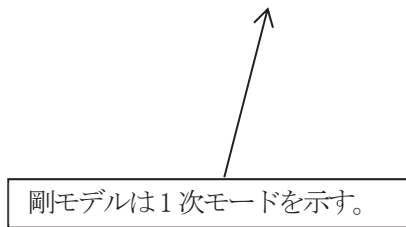
モード	固有周期 (s)	刺激係数*		
		X方向	Y方向	Z方向
1次				
2次				
3次				
...				
8次				
n次				

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。

刺激係数の算出方法を記載する。

代表的振動モード図

振動モード図は、3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)



図示

鳥瞰図

〇〇〇-〇〇〇

○ 2 ○ VI-○-○-○(重) R 0

代表的振動モード図(2次)



図 示

鳥瞰図



代表的振動モード図(3次)



図示

鳥瞰図

〇〇〇-〇〇〇

4.2 評価結果

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。

重大事故等クラス2管であってクラス1管

鳥瞰図	許容 応力 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	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 疲労累積係数 U+U S s
					一次応力 S p r m (S s)	許容応力 3・S m	ねじり応力 S t (S s)	許容応力 0.73・S m	一次+二次応 S n (S s)	許容応力 3・S m	
	V A S			S p r m (S s)							
	V A S			S t (S s)							
	V A S			S n (S s)							
	V A S			U+U S s							

*印はねじりによる最大応力発生点において応力が許容応力を超えていることを示し、次頁に曲げとねじりによる応力評価結果を示す。

**印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

一次+二次応力が3 S m以下の場合は「-」を記載する。

該当する場合に記載する。

下表に示すとおりねじりによる応力が許容応力状態 V_A のとき $0.73Sm$ を超える評価点のうち曲げとねじりによる応力は許容値を満足している。

鳥瞰図番号

評価点	一次応力評価 (MPa)		
	ねじり応力 $S_t (S_s)$	許容応力 $0.73 \cdot S_m$	曲げとねじり応力 $S_t + S_b (S_s)$
			許容応力 $2.4 \cdot S_m$

注：本表はねじり＋曲げ応力評価結果を示すものである。

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。

重大事故等クラス2管であってクラス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 Sprm (Ss)	許容応力 0.9・Su	計算応力 Sn (Ss)	許容応力 2・Sy	
	VAS		Spr m (S s)					USs
	VAS		Sn (S s)	-	-	-	-	-

*印は一次+二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が1以下であり許容値を満足している。

該当する場合に記載する。

一次+二次応力が2 Sy以下の場合は「-」を記載する。

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。

対象がない場合は、「-」を記載する。

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)
			添付書類「VI-2-1-1 2-1 配管及び支持構 造物の耐震計算につ いて」参照		*	

注記*：当該メカニカルスツバの計算荷重が許容荷重を超えるため、詳細評価を実施する。

詳細評価を実施する場合は記載する。

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				

詳細評価を実施する場合に記載する。

メカニカルスナッパの詳細評価結果

支持構造物 番号	型式	評価結果					
		強度評価			機能確認		
		評価部位*	応力分類	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	計算荷重 (kN)	許容荷重 (kN)

注記*：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下である。

1. 評価対象弁の機能維持評価用加速度がすべて機能確認済加速度以下の場合に記載する。(評価対象弁がない場合は記載しない。)
2. 評価対象弁の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁が混在する場合は、下記を追記する。
「また、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁については、詳細評価を実施する。」
3. 評価対象弁の機能維持評価用加速度がすべて機能確認済加速度を超える場合は下記を記載する。
「下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超える弁については、詳細評価を実施する。」

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)		機能確認済加速度 ($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)	
			水平	鉛直	水平	鉛直
—	—	→	—*	—*	—	—

対象がない場合は、「—」を記載する。

注：機能維持評価用加速度は、配管系の地震応答解析による打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

注記*：機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、詳細評価を行う。

評価対象がある場合に記載する。

要求機能は、弁に要求される機能に応じて以下を記載する。
 α (S s) : 基準地震動 S s 時に動的機能が要求されるもの。
 β (S s) : 基準地震動 S s 後に動的機能が要求されるもの。

詳細評価を実施する場合に記載する。

詳細評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が駆動部の動作機能確認済加速度以下及び計算応力が許容応力以下である。

弁番号	形式	要求機能	機能維持評価用加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		駆動部の動作機能確認済 加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)		構造強度評価結果 (MPa)					
			水平	鉛直	水平	鉛直	評価部位*1	応力分類	計算応力	許容応力		
—	—	—	—	—	—*2	—*2	—*2	—*2	—*3	—	—	—

注記*1：裕度が最小となる部位に対する評価を実施する。

*2：逆止弁のため開機能維持又は閉機能維持のための動作機能確認済加速度を示す。
 *3：強制開閉装置のない逆止弁であり、構造強度評価部位がない。

該当する場合に記載する。

